



HAL
open science

Étude de la variabilité des caractéristiques des sols à l'échelle décamétrique dans des parcelles représentatives du bassin laitier de la Fruitière des lacs (Labergement-Sainte-Marie, Doubs) Rapport de synthèse

Éric Lucot, Océane Guyot, Sylvia Kone, Xavier Thabard

► **To cite this version:**

Éric Lucot, Océane Guyot, Sylvia Kone, Xavier Thabard. Étude de la variabilité des caractéristiques des sols à l'échelle décamétrique dans des parcelles représentatives du bassin laitier de la Fruitière des lacs (Labergement-Sainte-Marie, Doubs) Rapport de synthèse. Université de Franche-Comté, UMR 6249 Chrono-Environnement. 2022. hal-04523307

HAL Id: hal-04523307

<https://hal.science/hal-04523307>

Submitted on 27 Mar 2024

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.



Étude de la variabilité des caractéristiques des sols à l'échelle décamétrique dans des parcelles représentatives du bassin laitier de la Fruitière des lacs (Labergement-Sainte-Marie, Doubs)

Rapport de synthèse

Éric Lucot¹, Océane Guyot², Sylvia Kone², Xavier Thabard³

¹ Rédacteur, encadrant, enseignant-chercheur université de Franche-Comté

² Stagiaire, étudiante master Sciences de l'eau-QUEST, université de Franche-Comté

³ Encadrant, agriculteur, administrateur société coopérative agricole de fromagerie « La Fruitière des lacs »

Janvier 2022

Introduction

Ce rapport présente la synthèse des principaux résultats obtenus par Océane Guyot et Sylvia Kone au cours de leur stage de 1^{re} année de master Sciences de l'eau mention « Qualité des eaux, des sols et traitement » de l'université de Franche-Comté à Besançon, qui s'est déroulé dans le cadre du groupement d'intérêt économique et environnemental (GIEE) de la Fruitière des lacs à Labergement-Sainte-Marie (Doubs).

Ces stages de 6 semaines ont été encadrés par Xavier Thabard, agriculteur, administrateur de la société coopérative agricole de fromagerie La Fruitière des lacs et responsable de la commission GIEE et par Éric Lucot, enseignant-chercheur à l'UMR Chrono-Environnement de l'université de Franche-Comté.

Jean-Yves Vansteelant, chargé de mission au PNR du Haut-Jura et Bruno Tissot, conservateur de la RNN du lac de Remoray ont apporté leur aide pour la mise en place et la gestion de ces stages.

Ces stages s'inscrivent dans la suite des études menées dans le cadre du 4^e plan de gestion de la RNN de Remoray, initié en 2015 et plus particulièrement dans le volet visant à mieux comprendre les transferts d'eau et de matière dans le bassin versant du lac.

En 2017, deux étudiants suivant la même formation (Thibaut Mathey et Alexandre Voz) ont réalisé leur stage sur le bassin versant du lac de Remoray afin de cartographier les caractéristiques des sols agricoles et d'en évaluer les risques de transfert de nitrates et de phosphates.

Les données acquises en 2017 ont contribué à confirmer la sensibilité élevée des sols du bassin versant aux transferts de nitrates et dans une moindre mesure aux phosphates. Elles ont aussi montré la forte variabilité spatiale des sols à une échelle très locale (métrique à décamétrique, figure 1), que la démarche de cartographie utilisée n'a pas permis de caractériser.

Ni la carte réalisée durant ces stages, ni les plans d'épandage ne permettent de prendre en compte cette variabilité pour adapter précisément la fertilisation.

Les objectifs du GIEE sur le plan environnemental sont l'amélioration de la qualité des eaux superficielles et souterraines sur les bassins versants, le maintien de la qualité des zones humides, le maintien et l'amélioration de la biodiversité des zones agricoles. L'amélioration de la gestion de la fertilisation organique et minérale est nécessaire pour atteindre ces objectifs ambitieux.

Conformément à ces objectifs, une collaboration entre le GIEE, le PNR du Haut-Jura, la RNN du lac de Remoray et l'UMR Chrono-Environnement a permis de mettre en place ces deux stages ayant pour objectif l'étude de la variabilité des caractéristiques des sols à une échelle très locale dans des parcelles représentatives du bassin laitier de la Fruitière des lacs.

Ces données ont pour but de fournir des éléments pour adapter le protocole d'échantillonnage des sols pour élaborer des cartes à l'échelle infraparcellaire dans des contextes où les sols caillouteux sont fréquents.

Elles viennent en appui des démarches de mise en place par la chambre d'agriculture d'une fertilisation de précision.



Figure 1. Illustration de la variabilité des caractéristiques des sols sur calcaire à l'échelle métrique.

1. Matériel et méthodes

1.1. Stratégie d'échantillonnage

1.1.1. Choix des placettes d'échantillonnage

Les placettes d'étude ont été sélectionnées avec l'aide de Xavier Thabard sur les 2 types de substrats géologiques les plus répandus sur les parcelles rattachées à la fruitière des lacs : les formations glaciaires (GxJ) et les calcaires durs (J8, J9 et en partie n2, n3 et n4).

Les 7 placettes sur substrat glaciaire sont localisées sur la commune de Remoray-Boujeons (figure 2) et les 10 sur calcaire dur sont situés sur la commune de Chaux-Neuve (figure 3).

À l'intérieur des parcelles, la localisation a été déterminée selon la position topographique et la valeur de la pente (d'après GEPPA in Baize et Jabiol 2011) : pente modérée (5-10 %), pente modérée à forte (10-15 %), replat de mi-pente (0-5 %) et replat sommital (0-5 %).

Les caractéristiques topographiques ont été déterminées à partir du MNT LIDAR puis vérifiées sur le terrain.

Les caractéristiques des placettes sont résumées dans le tableau 1. Leur localisation est précisée dans les figures 4 à 10.

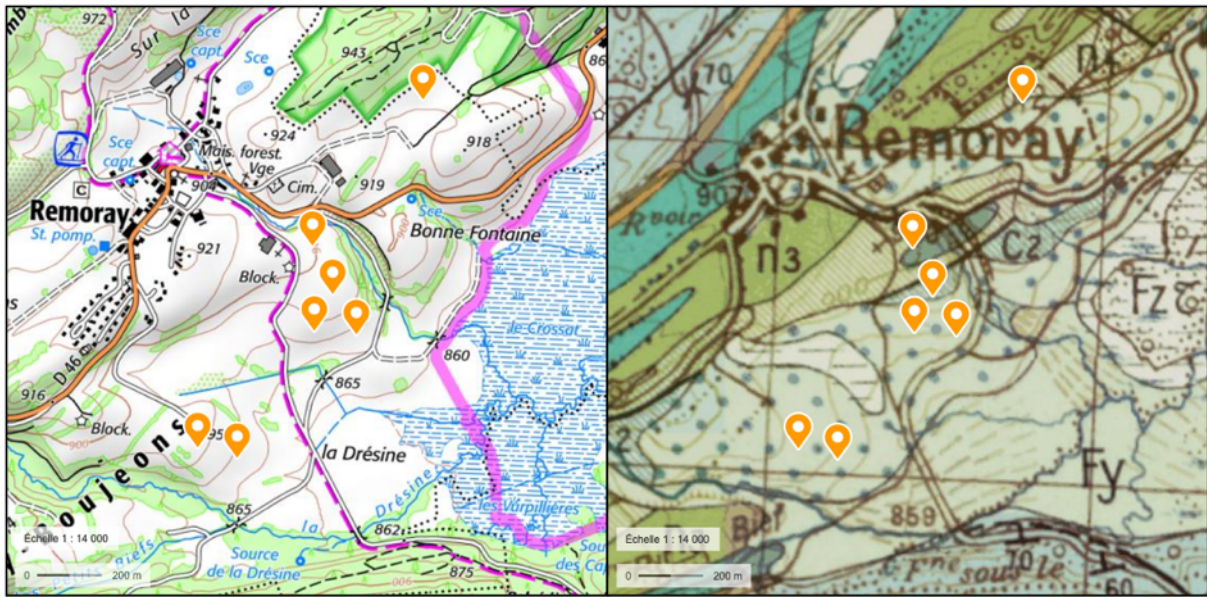


Figure 2. Localisation des 7 placettes d'étude sur substrat glaciaire, commune de Remoray-Boujeons. La placette qui apparaît sur l'étage C2 repose en fait sur un dépôt glaciaire (IGN et BRGM, Géoportail).

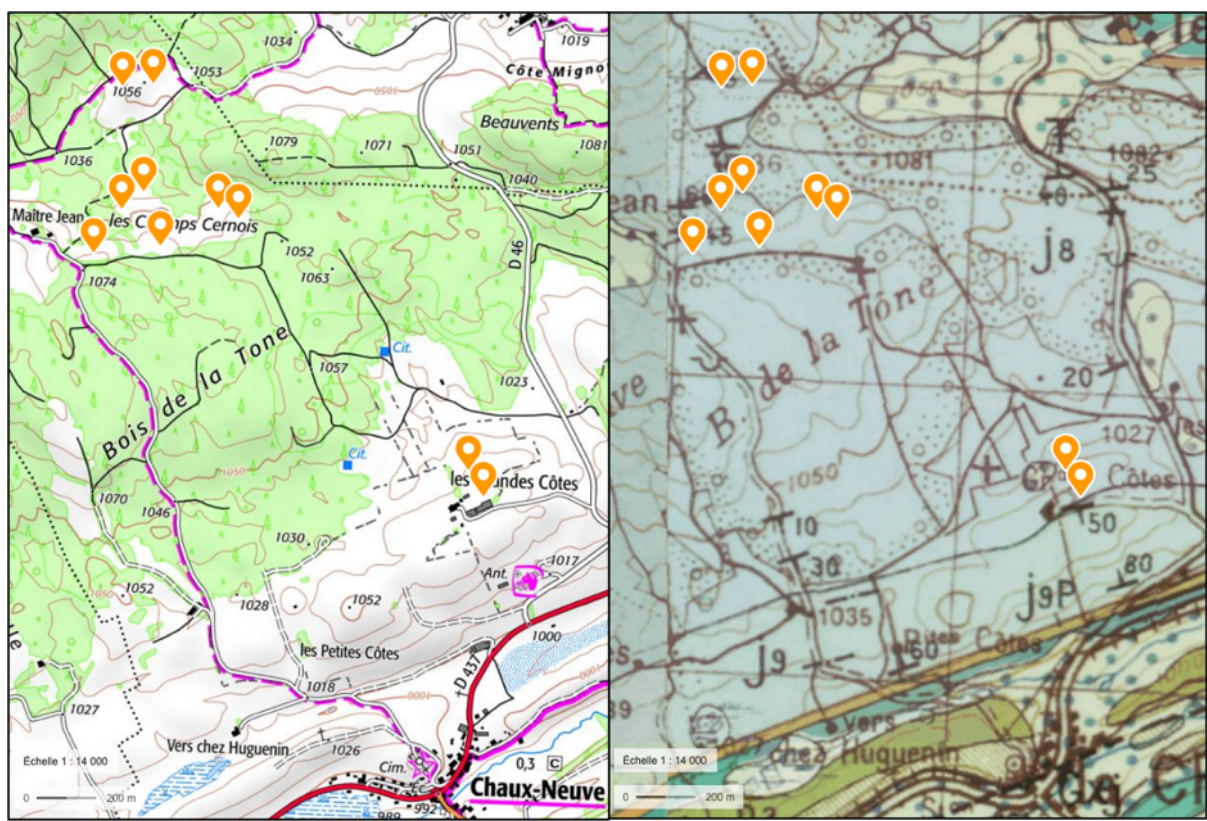


Figure 3. Localisation des 10 placettes d'étude sur calcaire dur, commune de Chaux-Neuve (IGN et BRGM, Géoportail).

Tableau 1. Résumé des caractéristiques des 17 placettes étudiées.

N° parcelle cadastre	Placette	Commune	Altitude (m)	Étage géologique	Position topographique
ZB 44	G1	Remoray-Boujeons	903	Glaciaire	Pente modérée
ZB 44	G2	Remoray-Boujeons	898	Glaciaire	Replat mi-pente
ZB 44	G3	Remoray-Boujeons	877	Glaciaire	Pente modérée à forte
ZB 44	G4	Remoray-Boujeons	886	Glaciaire	Pente modérée
ZA 95	G5	Remoray-Boujeons	913	Glaciaire	Pente modérée à forte
ZB 72	G6	Remoray-Boujeons	894	Glaciaire	Replat sommital
ZB 72	G7	Remoray-Boujeons	878	Glaciaire	Pente modérée à forte
ZB 25	CD1	Chaux-Neuve	1038	Calcaire dur	Pente modérée
ZB 26	CD2	Chaux-Neuve	1048	Calcaire dur	Replat sommital
ZA 8	CD3	Chaux-Neuve	1065	Calcaire dur	Pente modérée à forte
ZA 15	CD4	Chaux-Neuve	1046	Calcaire dur	Pente modérée à forte
ZA 15	CD5	Chaux-Neuve	1050	Calcaire dur	Pente modérée à forte
ZA 8	CD6	Chaux-Neuve	1062	Calcaire dur	Pente modérée
ZA 7	CD7	Chaux-Neuve	1058	Calcaire dur	Pente modérée
ZA 7	CD8	Chaux-Neuve	1069	Calcaire dur	Pente modérée à forte
OA 6	CD9	Chaux-Neuve	1055	Calcaire dur	Replat sommital
OA 7	CD10	Chaux-Neuve	1048	Calcaire dur	Pente modérée

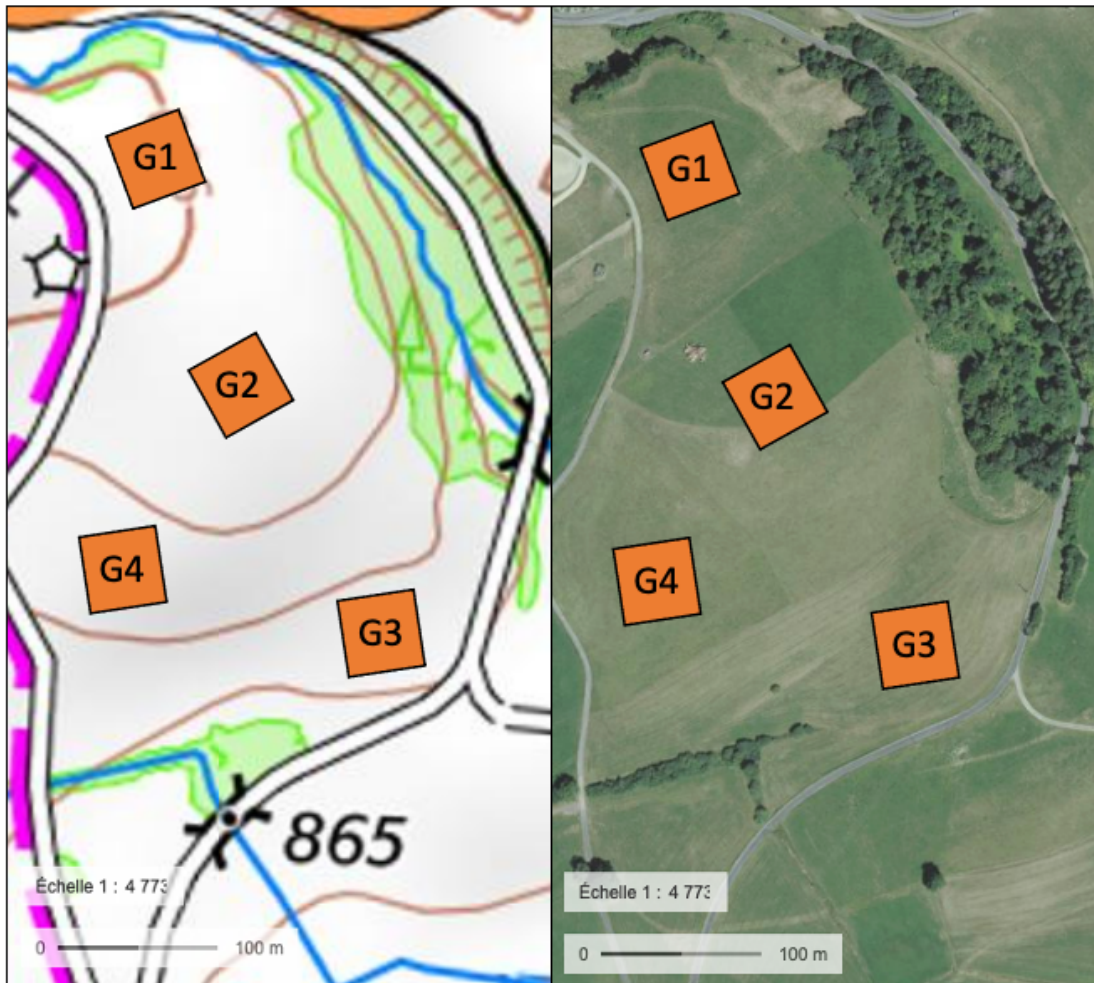


Figure 4. Localisation des placettes sur dépôts glaciaire G1, G2, G3 et G4, parcelle ZB 44, Remoray-Boujeons (IGN, Géoportail).



Figure 5. Localisation de la placette sur dépôts glaciaire G5, parcelle ZA 95, Remoray-Boujeons (IGN, Géoportail).



Figure 6. Localisation des placettes sur dépôts glaciaire G6 et G7, parcelle ZB 72, Remoray-Boujeons (IGN, Géoportail).

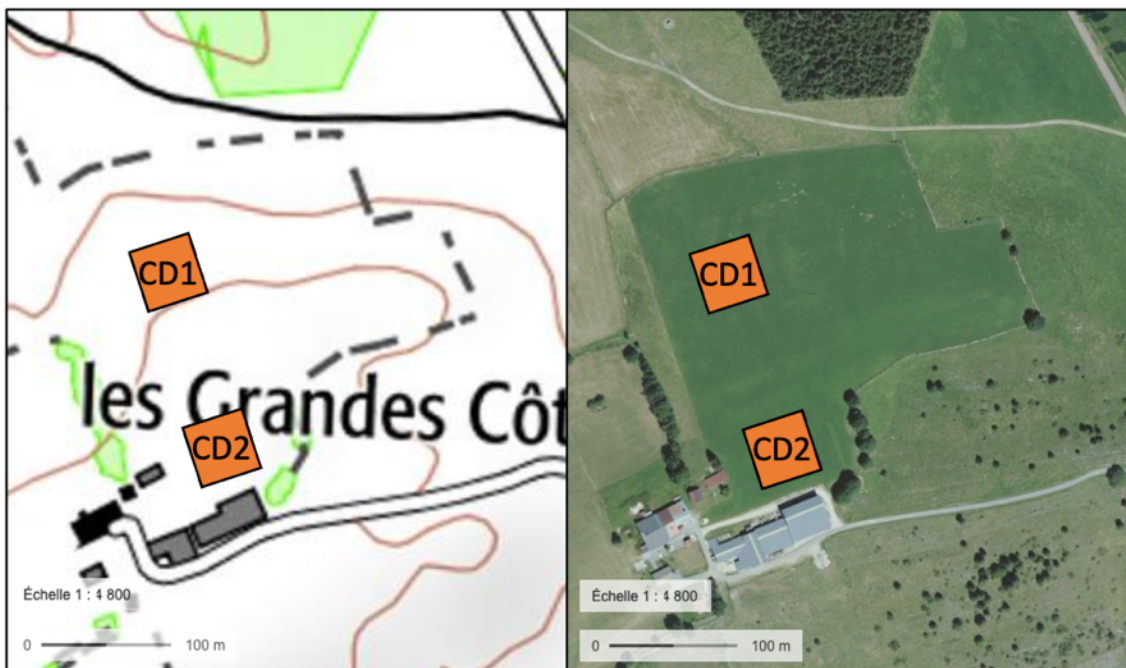


Figure 7. Localisation des placettes sur calcaire dur CD1 et CD2, parcelles ZB 25 et ZB 26, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).

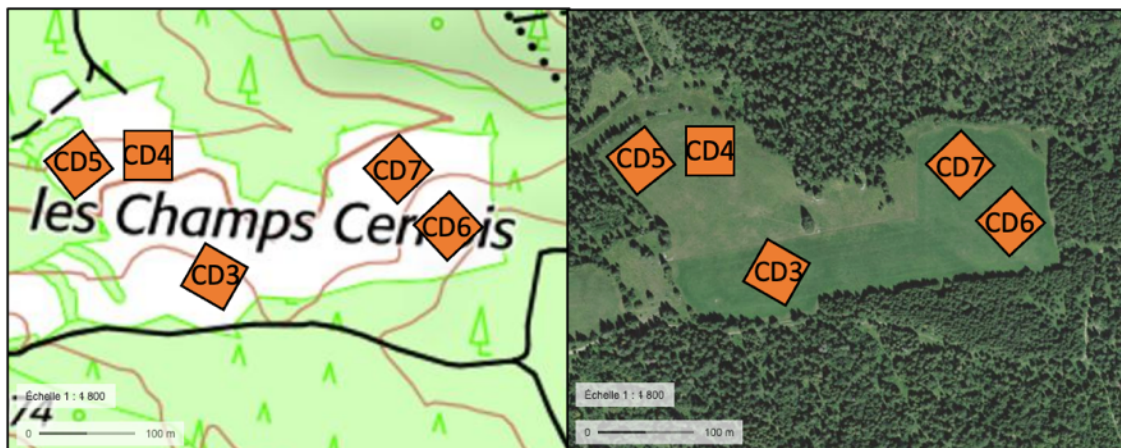


Figure 8. Localisation des placettes sur calcaire dur CD3, CD4, CD5, CD6 et CD7, parcelles ZA 7, ZA8 et ZA 15, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).

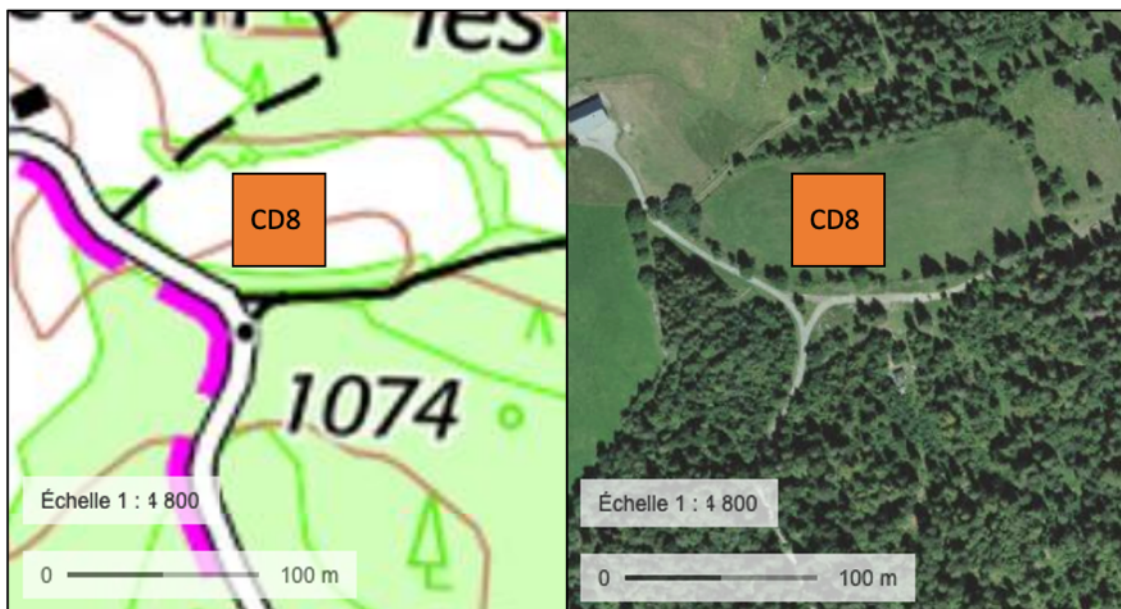


Figure 9. Localisation de la placette sur calcaire dur CD8, parcelle ZA 7, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).

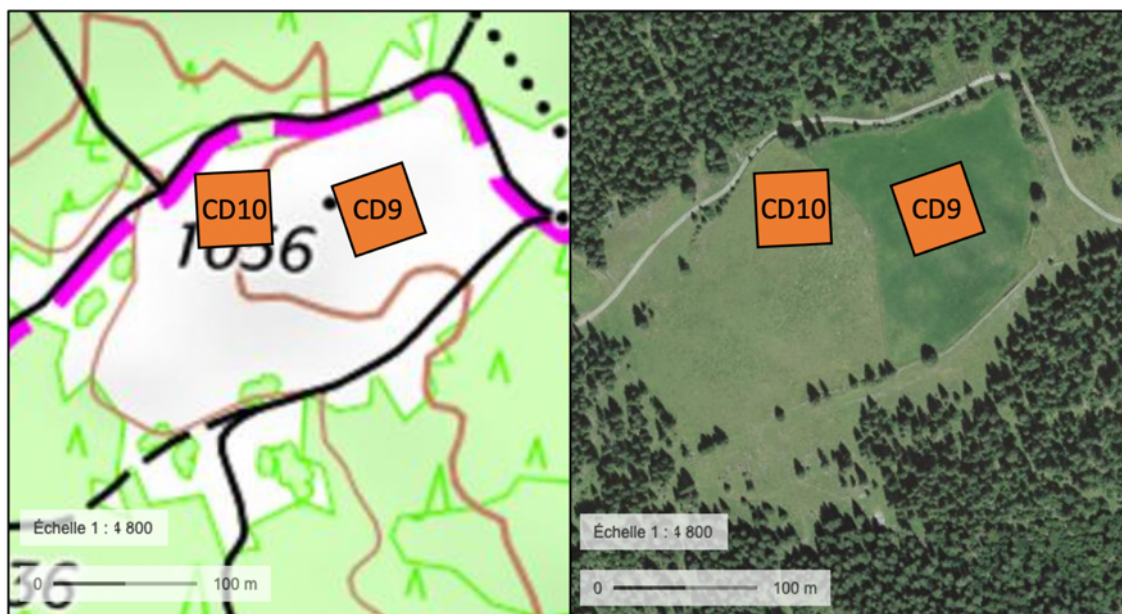


Figure 10. Localisation des placettes sur calcaire dur CD9 et CD10, parcelles OA 6 et OA 7, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).

1.1.2. Détermination de la densité de sondage

Une étude préliminaire a été réalisée afin de déterminer la densité de sondages qui était possible en regard des contraintes de temps et les objectif et nécessaire pour déceler les variations des caractéristiques des sols.

Sur la placette G1, test été réalisé avec une maille carrée de 10 mètres de côté, soit un sondage tous les 10 m sur une surface de 1 800 m² (30 m x 60 m), soit une densité équivalente à 100 sondages par ha.

Cette densité de sondage est apparue excessivement chronophage en regard de la durée du stage et la comparaison avec un échantillonnage ramené à un sondage tous les 25 m équivalent à 16 sondages par ha, n'a pas montré de différences significatives.

Un test a été réalisé sur la parcelle OA7 de Chaux-Neuve en comparant les résultats obtenus à partir de 4 sondages distants de 50 m et répartis sur un transect orienté dans le sens de la pente, soit une densité équivalente à 4 sondages par ha avec un échantillonnage par maille carrée de 25 m de côté avec un total de 9 sondages.

Le hasard peut bien faire les choses et permettre d'obtenir un échantillon représentatif, mais le risque du contraire est trop élevé (figure 11). Cette densité de sondage est donc apparue très insuffisante dans ce contexte.

L'échantillonnage par maille carrée de 25 m de côté avec 9 sondages par placette a été retenu. Les sondages sont répartis sur un carré de 50 m de côté, ce qui représente une densité de 16 sondages par ha.

Au total, 171 sondages ont été réalisés.

- Réservoir en eau
- < 50 mm
 - 50 à 100 mm
 - > 100 mm



Figure 11. Comparaison de l'échantillonnage par transect de 4 sondages distants de 50 m (cercles) et de l'échantillonnage par grille carrée de 9 sondages distants de 25 m (parcelle OA7 Chaux-Neuve, placettes CD10 et CD9).

1.2. Caractérisation des sols

Les caractéristiques des sols ont été déterminées par description morphologique à partir de sondages à la tarière pédologique de 7 cm de diamètre (type Edelman) de 120 cm de longueur.

Les descripteurs pris en compte pour chaque horizon sont (Baize et Jabiol 2011) :

- la profondeur,
- la couleur selon le codage Munsell,
- l'abondance des taches d'oxydo-réduction,
- la texture (par tests tactiles),
- l'effervescence à l'acide chlorhydrique,
- l'abondance des éléments grossiers (par estimation visuelle).

1.3. Traitement des données

En vue d'utiliser les données pour évaluer les capacités de stockage et d'épuration, la profondeur totale du sondage et le réservoir en eau (RU) ont été utilisés pour comparer les sols.

Les profondeurs ont été réparties en 3 classes, 0 à 30 cm, 30 à 60 cm et supérieures à 60 cm. Les sols très superficiels (< 20 cm) ont été identifiés.

Ces valeurs correspondent aux préconisations de la circulaire du ministère de l'écologie et du développement durable du 19/10/06 concernant l'analyse des études

d'impact pour les installations classées d'élevage
(https://aida.ineris.fr/consultation_document/7367).

Les descriptions morphologiques ont permis de calculer le réservoir en eau maximum (RU) de chaque sol à partir de la formule :

$$RU = C \times E \times (1 - EG\%/100)$$

Avec :

C : coefficient textural (d'après Jamagne *et al.* 1977),

E : épaisseur de l'horizon en cm,

EG% : teneur en éléments grossiers en % du volume de l'horizon.

Le RU d'un sol est égal à la somme des RU de ses horizons.

Comme les textures rencontrées dans les sols des placettes étudiées varient dans une gamme peu étendue (très majoritairement argilo-limoneux en surface à argileux en profondeur), les classes de profondeur peuvent être reliées à des classes de RU. Les 3 classes de RU retenues pour comparer les profils et les placettes sont : < 50 mm, 50 à 100 mm et > 100 mm.

2. Résultats

2.1. Caractéristiques morphologiques des sols

Les textures sont très majoritairement argilo-limoneuses en surface et argileuses en profondeur. Localement, des textures limono-argileuses sont rencontrées en surface et sur glaciaire, des sables peuvent être présents en mélange avec les argiles en profondeur.

La matière organique est abondante dans le premier horizon (valeur du codage Munsell comprise entre 4 et 3).

Des éléments grossiers sont présents dans de nombreux profils. Seuls les graviers et les cailloux peuvent être observés par un sondage à la tarière, ce qui peut conduire à une sous-estimation de leur abondance. Le blocage de la tarière correspond à une abondance très élevée, mais elle ne signifie pas systématiquement la fin du sol. De la terre fine peut être présente entre les éléments grossiers.

La porosité est bonne à très bonne. La terre fine de la majorité des sols est carbonatée. Sur substrat glaciaire, des taches d'oxydo-réduction sont rencontrées en profondeur dans une partie des profils.

2.2. Variabilité de la profondeur

Pour l'ensemble des 153 sondages réalisés avec une maille de 25 m, les profondeurs totales atteintes par la tarière varient de 16 à 83 cm, avec une profondeur moyenne de 33 cm et une médiane de 29 cm (figure 12).

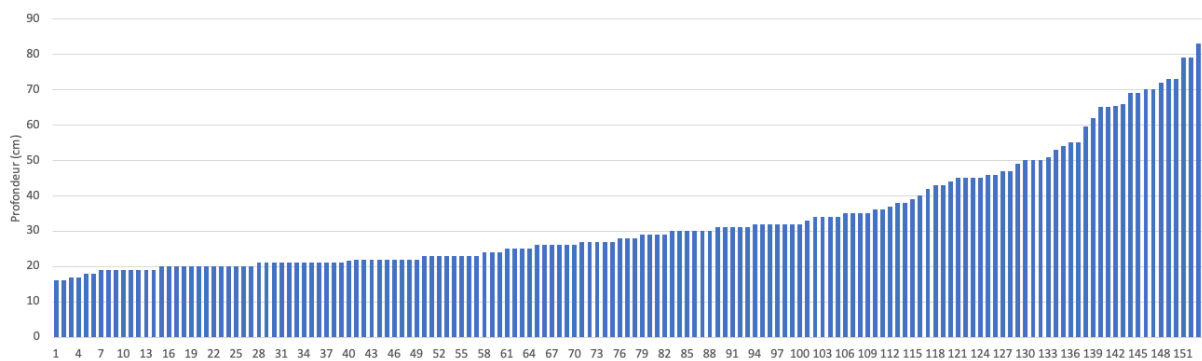


Figure 12. Profondeur totale des 153 profils réalisés sur les placettes à maille de 25 m.

Les profondeurs < 30 cm représentent 54 % de l'effectif, dont 9 % font moins de 20 cm de profondeur. Les profondeurs comprises entre 30 et 60 cm en représentent 37 % et celles qui sont > 60 cm seulement 10 %.

En regroupant les sondages par placette et en les classant par substrat géologique (figure 13), les profondeurs moyennes et leurs écart types permettent de visualiser les facteurs qui peuvent expliquer leur répartition.

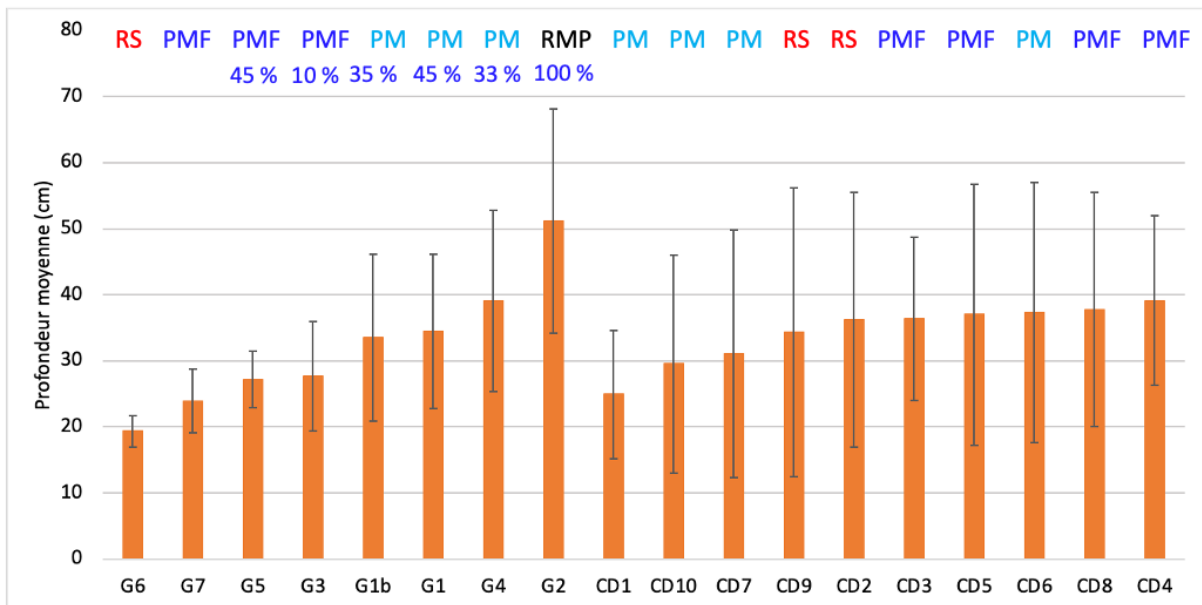


Figure 13. Profondeur moyenne, écart type et topographie des 17 placettes étudiées. G : placettes sur dépôts glaciaires. CD : placettes sur calcaire dur. Pour la placette G1 : G1 correspond à la maille de 10 m, G1b à la maille de 25 m. RS : replat sommital, PMF : pente modérée à forte, PM : pente modérée, RMP : replat mi-pente

Pour la placette G1, les profondeurs moyennes et des écart types des deux modalités d'échantillonnage (maille de 10 m pour G1 et maille de 25 m pour G1b) montrent de faibles différences, ce qui justifie d'utiliser la maille de 25 m.

Ce sont les dépôts glaciaires qui présentent la plus forte amplitude de profondeur moyenne, avec des écarts type qui augmentent avec la profondeur. La profondeur moyenne de 4 des 7 placettes est inférieure à 30 cm et elle reste inférieure à 60 cm pour les autres.

Le classement des placettes en fonction de la profondeur moyenne est cohérent avec leur position topographique : RS < PMF < PM < RMP (figure 13).

Sur les calcaires durs, la gamme de profondeur est plus restreinte, mais la variabilité à l'intérieur des placettes est à la fois plus élevée et plus hétérogène. La profondeur moyenne est inférieure à 30 cm pour 2 placettes et elle est comprise entre 30 et 40 cm pour les autres.

Le classement des placettes en fonction de la profondeur moyenne est cohérent avec leur position topographique : PM < RS < PMF, sauf pour la placette CD 6 (figure 13).

2.3. Variabilité du réservoir utile en eau (RU)

En utilisant les valeurs moyennes de réservoir en eau (RU) et en conservant un classement identique des placettes (figure 14), sur les dépôts glaciaires leur répartition reste identique à celle obtenue avec les profondeurs (figure 13).

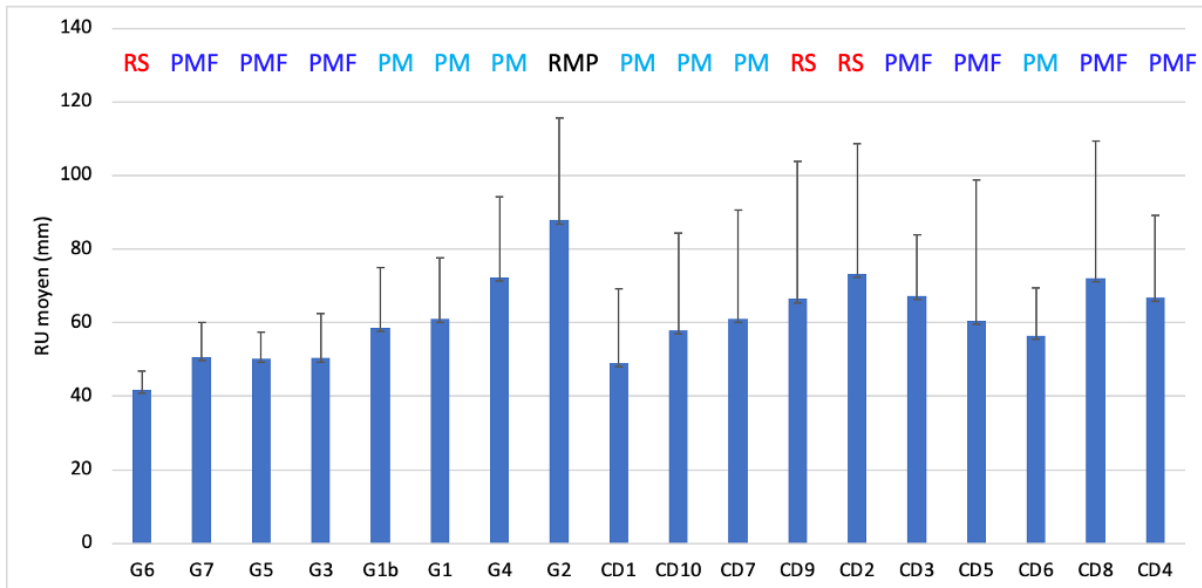


Figure 14. Réservoir en eau moyen, écart type et topographie des 17 placettes étudiées.

G : placettes sur dépôts glaciaires. CD : placettes sur calcaire dur.

Pour la placette G1 : G1 correspond à la maille de 10 m, G1b à la maille de 25 m.

RS : replat sommital, PMF : pente modérée à forte, PM : pente modérée, RMP : replat mi-pente, RS : replat sommital

En revanche, sur les calcaires durs la répartition est différente sur les pentes fortes où les valeurs sont hétérogènes. C'est le classement de la placette CD 6 qui est le plus différent et qui la rattache au groupe des placettes sur pente moyenne.

Ces différences montrent l'influence de la présence d'éléments grossiers (graviers, cailloux...), d'où l'intérêt de prendre en compte le RU pour évaluer les capacités de rétention et d'épuration.

La répartition des valeurs individuelles de RU dans chaque placette (figures 15 à 21) permet de visualiser l'hétérogénéité spatiale à l'échelle des placettes d'étude et des parcelles ou îlots.

Les figures 15, 18 et 19 montrent que des différences importantes de réservoir en eau (et donc aussi de profondeur et d'abondance de cailloux) existent à l'intérieur d'une même parcelle culturale.

En revanche, il est intéressant de noter la cohérence entre les différences et les changements de topographie.

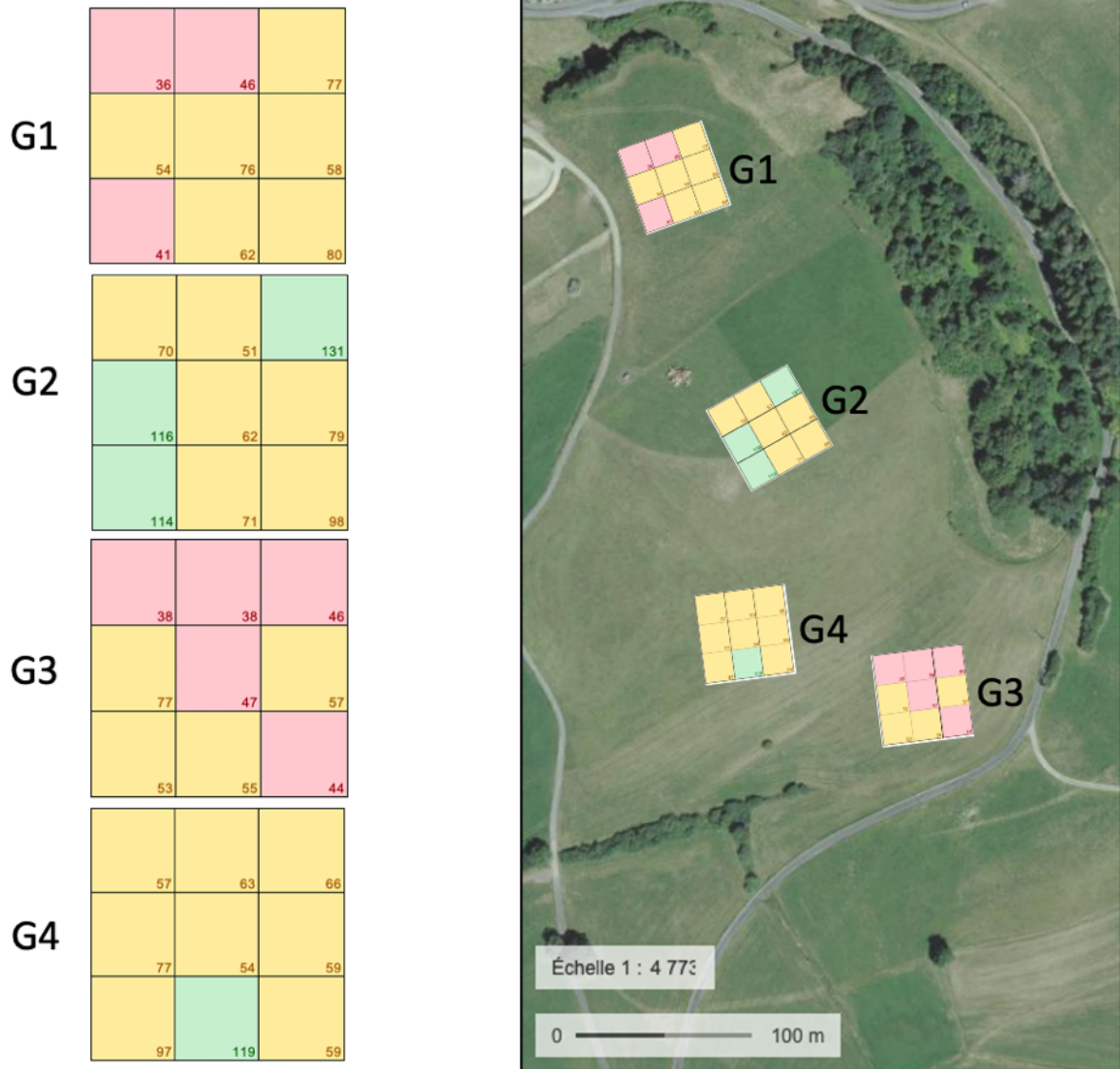


Figure 15. Valeurs de RU (mm) obtenues sur les placettes sur dépôts glaciaire G1, G2, G3 et G4, parcelle ZB 44, Remoray-Boujeons (IGN, Géoportail).
Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

Exceptées les placettes G5 (figure 16) et CD3 (figure 17), des gradients qui pourraient être liés à la pente ne sont pas repérables à l'échelle des placettes.

Aucune des placettes sur glaciaire ne comporte les 3 classes de RU et les 2 classes extrêmes ne sont pas présentes simultanément.

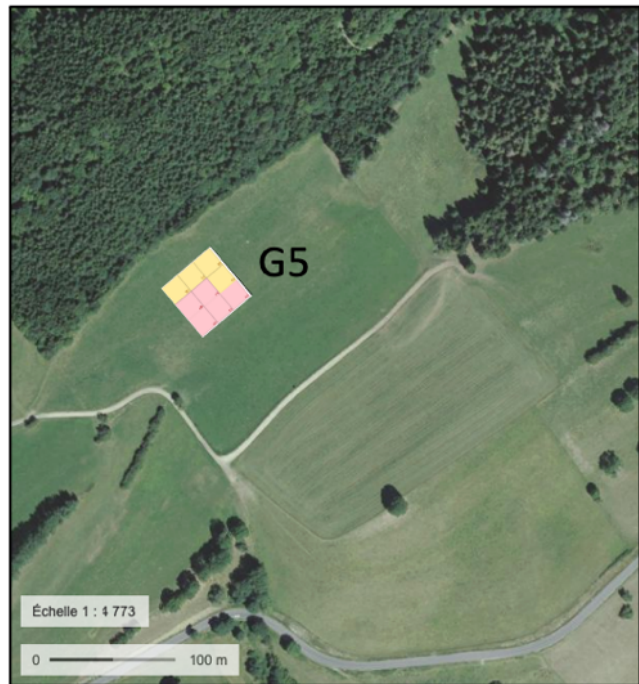
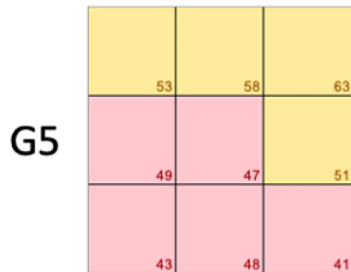


Figure 16. Valeurs de RU (mm) obtenues sur la placette sur dépôts glaciaire G5, parcelle ZA 95, Remoray-Boujeons (IGN, Géoportail).
Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

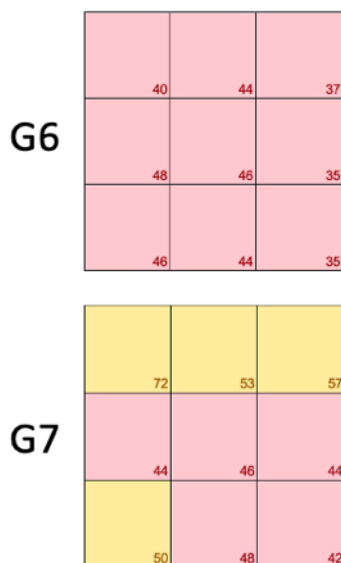


Figure 17. Valeurs de RU (mm) obtenues sur les placettes sur dépôts glaciaire G6 et G7, parcelle ZB 72, Remoray-Boujeons (IGN, Géoportail).
Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

La placette G6 (figure 17) qui est située en position sommitale sur dépôts glaciaires est la plus homogène avec une seule classe de RU (< 50 mm).

Sur calcaire dur, 7 des 10 placettes comportent les 3 classes de RU.

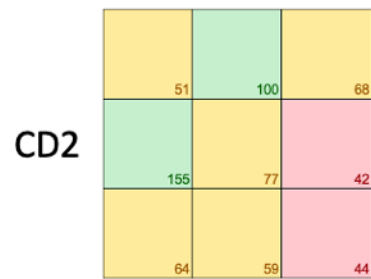
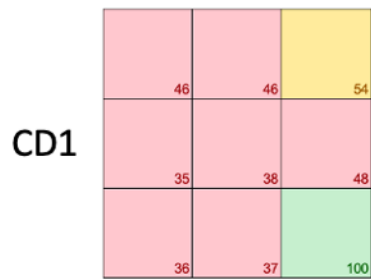


Figure 18. Valeurs de RU (mm) obtenues sur les placettes sur calcaire dur CD1 et CD2, parcelles ZB 25 et ZB 26, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).
Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

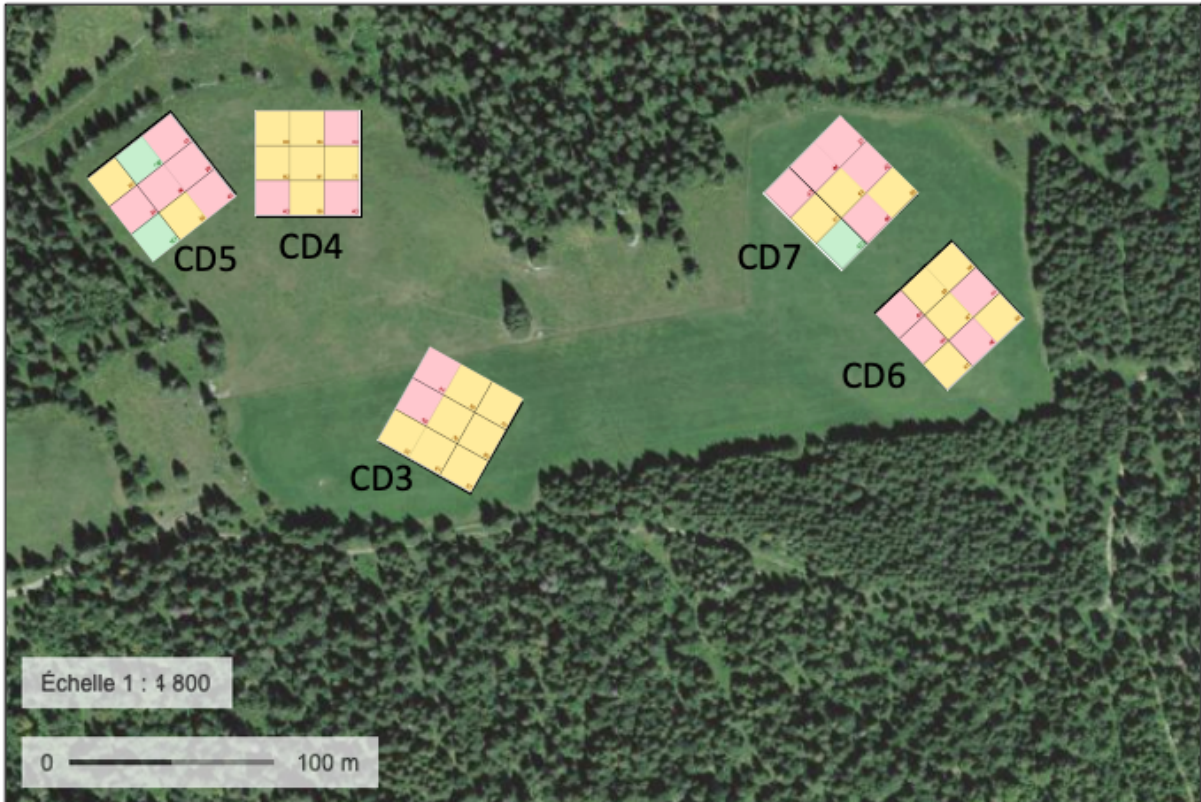


Figure 19. Valeurs de RU (mm) obtenues sur les placettes sur calcaire dur CD3, CD4, CD5, CD6 et CD7, parcelles ZA 7, ZA8 et ZA 15, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail). Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

CD8

	76	46	45
107		59	58
156		55	47

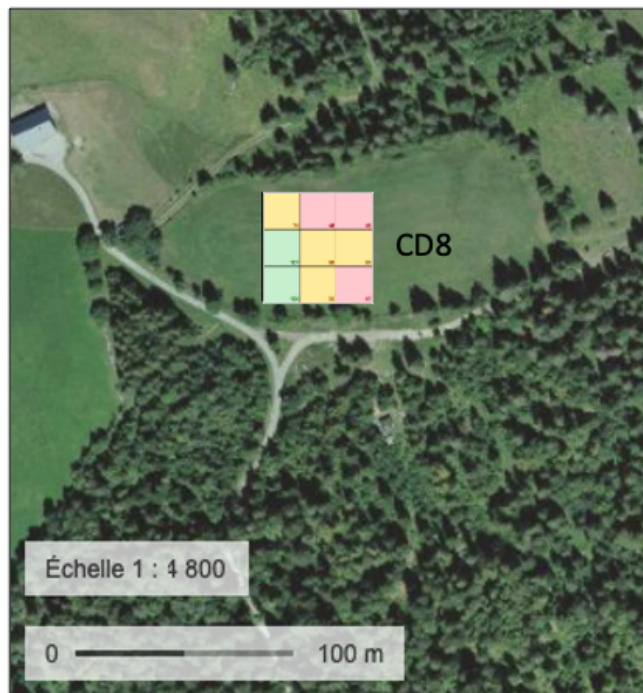


Figure 20. Valeurs de RU (mm) obtenues sur la placette sur calcaire dur CD8, parcelle ZA 7, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).
Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

CD9

109	42	54
147	44	44
73	44	42

CD10

119	42	80
44	44	65
46	42	40



Figure 21. Valeurs de RU (mm) obtenues sur les placettes sur calcaire dur CD9 et CD10, parcelles OA 6 et OA 7, Chaux-Neuve (IGN, Géoportail).
Rouge : RU < 50 mm, jaune : RU de 50 à 100 mm et vert RU > 100 mm.

En regroupant les sondages en fonction du substrat géologique et de la position topographique, le calcul des proportions des sondages réparties dans les 3 classes de RU permet de visualiser et de quantifier les différences entre les 7 combinaisons étudiées (figure 22).

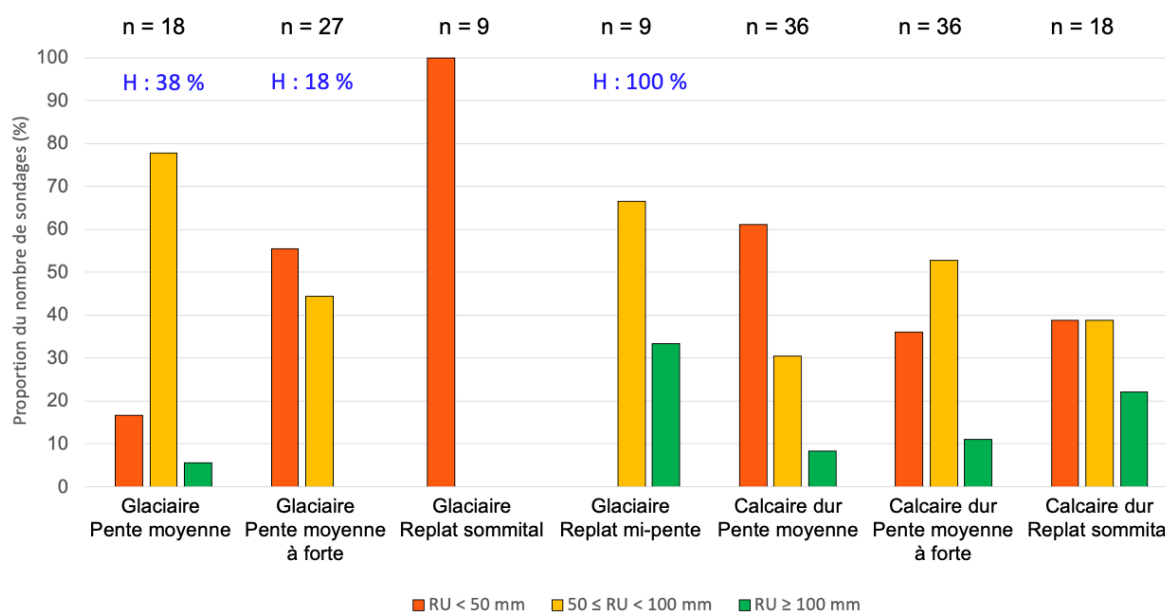


Figure 22. Proportions du nombre de sondage (n) dans les 3 classes de RU en fonction du substrat géologique et de la position topographique. H : proportion de sols hydromorphes.

Sur substrat glaciaire, les positions topographiques étudiées sont liées à des répartitions dans les 3 classes très différentes :

- sur pente moyenne, la classe de RU 50-100 mm est très dominante (78 %) ;
- sur pente forte, les fréquences des classes < 50 mm et 50-100 mm sont proches de 50 %, respectivement 56 et 44 % ;
- en position sommitale, toutes les valeurs de RU appartiennent à la classe < 50 mm ;
- en replat de mi-pente, les valeurs se répartissent pour 2/3 dans la classe 50-100 mm et 1/3 dans la classe ≥ 100 mm.

Sur calcaire dur, les différences entre les situations topographiques sont moins contrastées et les 3 classes sont présentes dans les 3 cas :

- sur pente moyenne, la classe < 50 mm est très majoritaire (61 %), suivie de la classe 50-100 mm (31 %) puis la classe ≥ 100 mm qui est très minoritaire (8 %) ;
- sur pente forte, la classe 50-100 mm domine (53 %), la classe < 50 mm atteint 36 % et la classe ≥ 100 mm est minoritaire avec 11 % ;
- c'est sur replat sommital que les proportions sont les plus équilibrées avec 39 % pour les classes < 50 et 50-100 mm et 22 % pour la classe ≥ 100 mm.

3. Discussion et conclusions

Les caractéristiques des sols décrits dans cette étude sont conformes à celles obtenues dans l'étude de 2017 sur le territoire de Remoray-Boujeons, et celles du référentiel régional pédologique de Franche-Comté¹.

Même si l'étude de Mathey et Voz en 2017 et des données anciennes sur les sols du massif du Jura comme celle de Gaiffe et Bruckert (1991) avaient permis de supposer l'existence d'une forte variabilité locale de la profondeur et de la quantité d'éléments grossiers à l'échelle décimétrique, aucune étude ne l'avait quantifiée dans ce contexte.

Que l'on prenne en compte la profondeur du sondage ou le réservoir en eau (RU), la variabilité locale mesurée ici est à la fois significative et d'ampleur différente selon le substrat géologique et la topographie.

Sur les calcaires durs, la différence entre le RU le plus faible et le plus élevé au sein d'une même placette atteint un facteur de l'ordre de 2 à 3 (avec un maximum de 6), alors qu'il est voisin de 1,5 à 2 sur le glaciaire.

En regroupant les valeurs en 3 classes, seule une placette est homogène et ne comporte qu'une seule classe (G6).

Les études menées par Monnet (communication personnelle) dans le cadre du programme IFEP sur des sols prairiaux du massif du Jura sont en accord avec ces résultats.

Les données disponibles dans la thèse de Briot (2009) pour les sols forestiers sur calcaires durs du massif du Jura, montrent une variabilité de la profondeur qui est comparable, exceptée la présence d'éléments grossiers à la surface du sol.

Ces résultats démontrent la nécessité d'évaluer la variabilité des profondeurs et des RU à l'échelle décimétrique afin de déterminer les aptitudes à l'épandage et l'optimisation de la fertilisation.

Proposition de démarche d'échantillonnage

L'échantillonnage à l'intérieur d'une parcelle doit s'appuyer sur une délimitation de zones homogènes (figure 23) pour le substrat géologique (selon carte géologique 1/50 000 BRGM et observations sur le terrain) et pour la topographie (d'après la carte topographique, les observations de terrain et potentiellement le MNT LIDAR).

Comme cela a été le cas pour la placette G1, il arrive que la carte géologique ne décrive pas le substrat dans lequel se développent les sols quand c'est un dépôt superficiel, tel que les apports glaciaires. C'est particulièrement vrai pour la feuille de Mouthe (carte 0583, BRGM).

Dans le contexte étudié et en regard des objectifs, la surface minimum cartographiable peut être fixée à environ 1 ha.

¹ Université de Franche-Comté, Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne-Franche-Comté, INRAE (Infosol) – 2021- Référentiel Régional Pédologique de Franche-Comté – Programme Inventaire Gestion et Conservation des sols (GIS Sol)

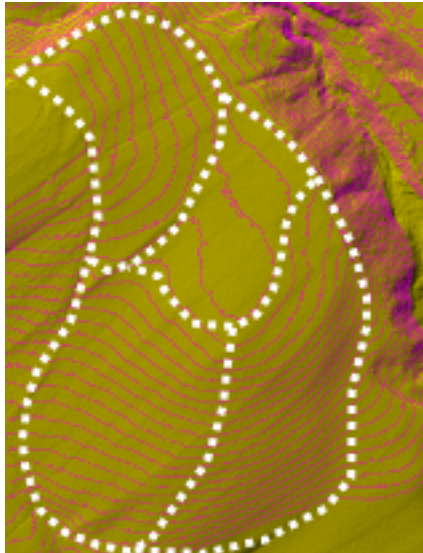


Figure 23. Exemple de délimitation de 4 zones homogènes pour la géologie et la topographie à proximité de Remoray (MNT LIDAR).

À l'intérieur de chacune de ces zones homogènes, la démarche qui semble pertinente est un échantillonnage systématique à maille carrée constitué de 9 sondages distants de 20 à 25 m formant un carré ou un rectangle. Ceci correspond à une densité de 16 sondages par ha.

L'aptitude à l'épandage doit être déterminée pour chaque zone homogène pour la combinaison géologie et topographie. Les résultats obtenus sur les 9 sondages sont étendus à l'ensemble de la zone homogène. Les doses à épandre sont calculées pour chaque zone homogène.

Propositions de méthodes d'interprétation

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour estimer l'aptitude à partir de ces données.

> **Méthode A.** Prendre en compte la classe qui correspond à la valeur de profondeur ou de RU la plus faible rencontrée dans les 9 sondages, en prenant en compte les classes représentées par au moins 2 sondages sur 9.

> **Méthode B.** Prendre en compte les proportions des 3 classes parmi les 9 sondages.

B1. Si une classe est très fortement majoritaire (plus de 80 %, valeur à confirmer), c'est elle qui est prise en compte.

B2. En l'absence de classe très fortement majoritaire, deux solutions sont envisageables :

- **B2.1.** Retenir la classe des valeurs les plus faibles,
- **B2.2.** Calculer une valeur de profondeur ou de RU pondérée selon les proportions.

La méthode A permet de ne pas surestimer les capacités de stockage et d'épuration des sols, quel que soit le contexte. Elle est donc applicable sans nécessité d'études complémentaires.

Cependant, il est possible qu'elle ne permette pas d'optimiser la fertilisation et le potentiel de production.

Si elle est appliquée sur les parcelles étudiées dans cette étude, la grande majorité des zones échantillonnées comportent des sols superficiels ou à faible RU (15 sur 17), ce qui conduit à une aptitude à l'épandage faible à très faible (indépendamment des autres facteurs à prendre en compte).

Pour la méthode B1, le seuil de 80 % nécessite d'être validé par des études complémentaires et probablement adapté en fonction de la perméabilité du substrat géologique.

La pertinence de la méthode B2.2. doit aussi être vérifiée par des études complémentaires.

Perspectives

Les hypothèses formulées doivent être validées par des études complémentaires :

- > Sur la variabilité spatiale des caractéristiques des sols (avec une attention particulière portée à l'abondance des éléments grossiers) avec des répétitions dans les contextes étudiés et prenant en compte d'autres substrats géologiques.
- > Sur les caractéristiques des sols à des profondeurs supérieures à celles atteintes par les sondages à la tarière, celle-ci pouvant être bloquée par des éléments grossiers alors que le sol s'étend plus en profondeur. Cela permettrait de préciser les capacités de rétention et de circulation de l'eau.
- > Pour évaluer la pertinence de calculer des valeurs de RU pondérées en fonction des proportions des classes.
- > Pour vérifier que les résultats des méthodes proposées sont applicables vis à vis des contraintes pratiques et des outils d'épandage, du fait qu'une parcelle peut comporter plusieurs zones dont l'aptitude à l'épandage est différente.

Les protocoles proposés représentent un effort d'échantillonnage conséquent dont le coût apparaît important. Cependant, ce coût doit être relativisé par rapport à plusieurs éléments :

- cette étude des sols doit être menée une seule fois puisque les critères étudiés n'évoluent pas dans le temps, sauf érosion exceptionnelle ou broyage de cailloux (déconseillé) ;
- les données permettent d'optimiser la fertilisation vis à vis de la production d'herbe et des risques de pollution ;
- la connaissance des valeurs de réservoir en eau des sols (RU) permet d'évaluer les conséquences des effets du changement climatique sur la production d'herbe et des cortèges d'espèces.

Bibliographie

Baize D., Jabiol B., 2011. *Guide pour la description des sols*. Éd. Quæ, Paris. 429 p.

Briot M., 2009. *Analyse des critères de définition de la zone d'appellation d'origine contrôlée des résineux du massif du Jura par les facteurs écologiques et application à sa délimitation*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 198 p.

Gaiffe M., Bruckert S., 1991. Déterminisme paléoécologique des écosystèmes actuels du Haut-Jura, en relation avec la fracturation des roches. *Annales des sciences forestières*, INRA/EDP Sciences, 1991, 48 (5), pp. 575-591.

Guyot O., 2021. *Cartographie des sols agricoles et évaluation des risques de transferts associés, en relation avec la fertilisation sur le bassin versant du lac de Remoray (25)*. Rapport de stage, SCAF La fruitière des lacs, 39 p.

Jamagne M., Bétrémieux R., Bégon J.C., Mori A., 1977. Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols. *Bull. Tech. Inf.* 324-325, 627-641.

Kone S. G., 2021. *Cartographie de sols agricoles et évaluation des risques de transferts qui y sont associés, en relation avec la fertilisation sur le bassin versant du lac de Remoray (25)*. Rapport de stage, SCAF La fruitière des lacs, 26 p.

Mathey T., 2017. *Cartographie des propriétés des sols du bassin versant du lac de Remoray (25) et mise en relation avec les risques de transferts vers le lac : cas des nitrates*. Rapport de stage, RNN du lac de Remoray, 26 p.

Voz A., 2017. *Cartographie des propriétés des sols du bassin versant du lac de Remoray (25) et mise en relation avec les risques de transferts de phosphates vers le lac*. Rapport de stage, RNN du lac de Remoray, 20 p.