

La réponse des cultures aux engrais comme indicateur de santé des sols

Marc-Olivier Gasser, agr., Ph, D,
Nyck Rochel Occean, agr.
Saint-Rémi
6 décembre 2022

The logo for IRDA (Institut de recherche en développement agricole) is displayed in a white, lowercase, sans-serif font. The letters are bold and closely spaced, with a small dot above the 'i'.

La référence au Québec en
R - D pour une agriculture durable

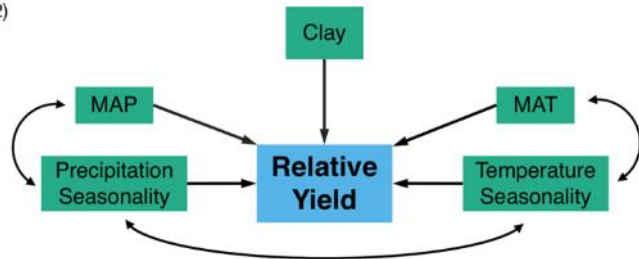
La réponse des cultures aux engrais comme indicateur de santé des sols

SCIENTIFIC
REPORTS
nature research

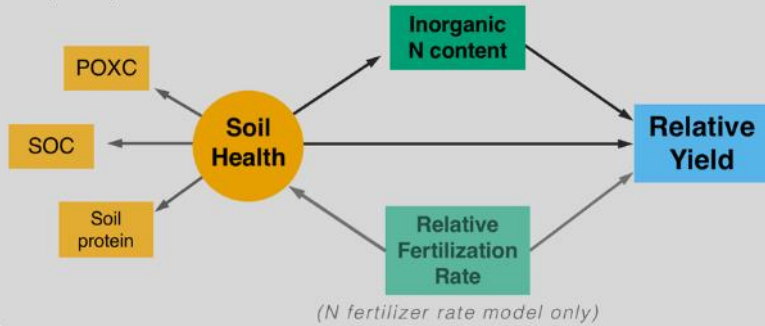
OPEN Improved soil biological health increases corn grain yield in N fertilized systems across the Corn Belt

Jordon Wade^{1,2*}, Steve W. Culman¹, Jessica A. R. Logan¹, Hanna Poffenbarger¹, M. Scott Demyan¹, John H. Grove¹, Antonio P. Mallarino¹, Joshua M. McGrath¹, Matthew Ruark⁴ & Jaimie R. West^{1,6}

Between Sites
(Level 2)



Within Site
(Level 1)



Différences de rendement et de réponse entre sites

Conditions climatiques

Contexte pédologique

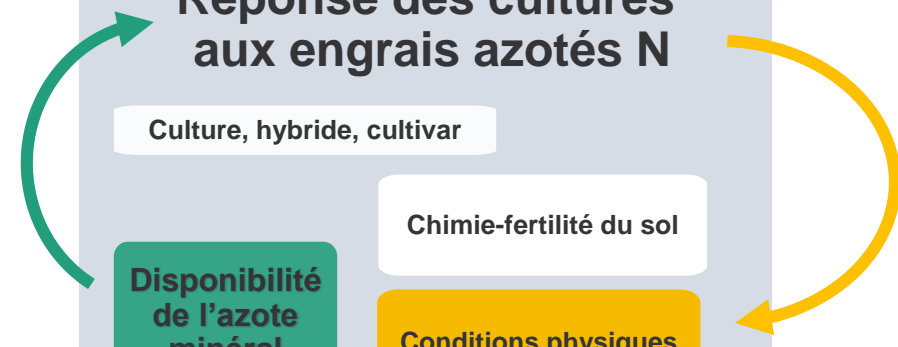
Réponse des cultures aux engrais azotés N

Culture, hybride, cultivar

Chimie-fertilité du sol

Disponibilité de l'azote minéral

Conditions physiques et biologiques du sol



Objectif général

Vérifier comment l'état de santé ou la condition physique du sol et son profil influence la réponse des cultures aux engrais azotés

Objectifs spécifiques

1. Mesurer le rendement de parcelles non-fertilisées et fertilisées sur 45 à 60 sites en prairie ou en culture de maïs sur trois ans sur les sites de l'EESSAQ;
2. Identifier un indicateur partiel qui permet d'estimer l'état de santé des sols à partir de rendements et de la fertilisation utilisée,



Projet de 3 ans

Cultures visées à chaque année

- Maïs (grain ou ensilage)
- Prairie de graminées

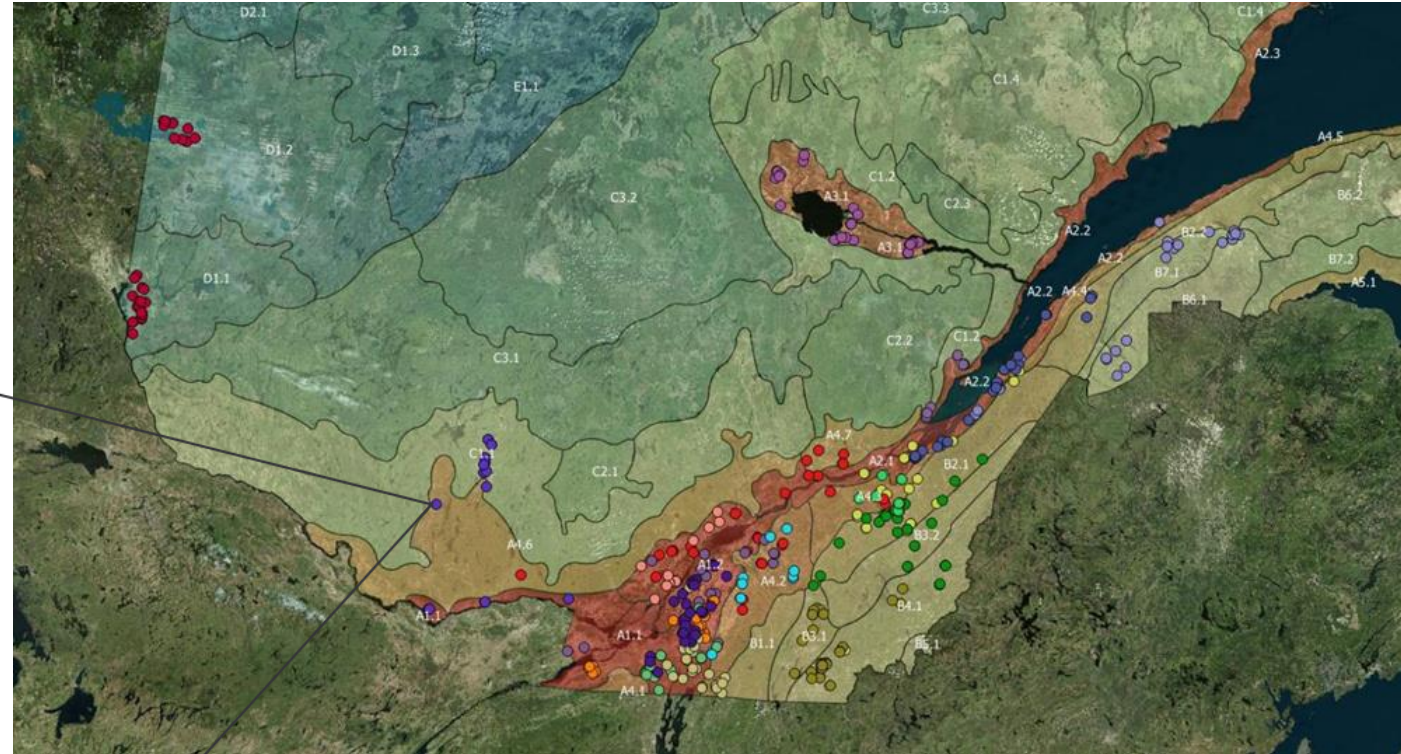
Sélection des sites

- Sites de l'EESSAQ (2018-2019)
- Sites caractérisés en 2022 selon le protocole de l'EESSAQ

- Intérêt du producteur à collaborer et respecter les consignes
- Aucun fumier et/ou lisier à l'automne précédent l'essai;
- Équipement approprié (semoir et épandeur à engrais)

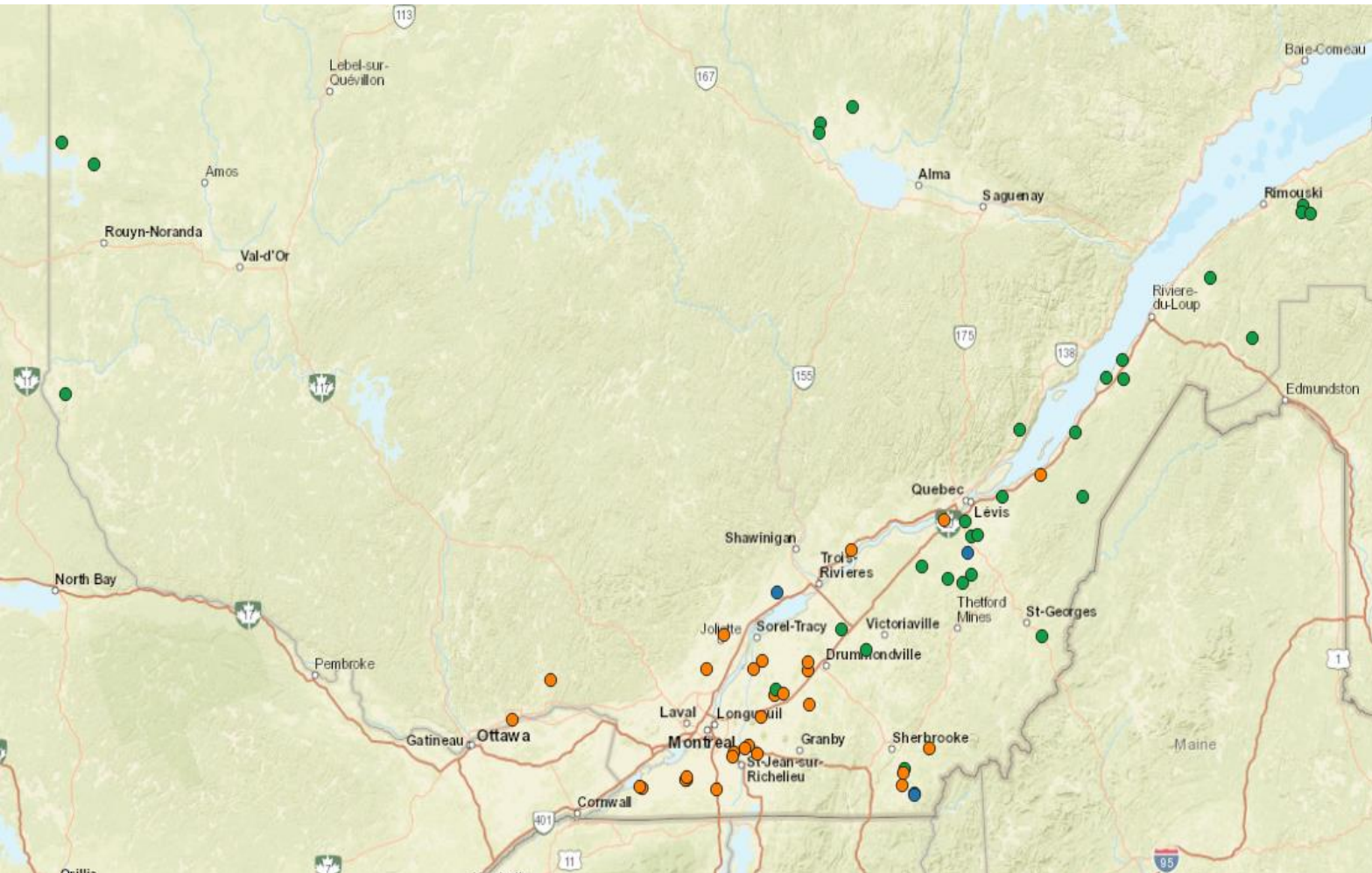
Étude sur l'état de santé des sols agricoles du Québec (EESSAQ)

- MAPAQ
- 425 sites
- 71 séries de sol
- Chaque site -> 4 PE



Localisation des sites

108 sites utilisés pour RAE



Année	Maïs	Prairie	Total
2020	11	21	32
2021	13	25	38
2022	18	20	38
Total	42	66	108

Prairie

Maïs-ensilage

Maïs-grain

Prairie de graminées



Maïs-grain ou ensil.



2 Doses (0N, dose GREF) /bloc-PE

- Parcelles installées au pourtour des PE de l'EESSAQ

Pas de contamination par les engrais de ferme

Engrais minéral épandu à la volée

Pas de dimensions spécifiques

- Minimum de 15 m x 3 m

Superficie pour l'échantillonnage:

- 3 quadrats x 1 m² x nombre de coupes

66	}	264 blocs de 2 traitements
site_Années		
4		
Blocs/sites		
		• P1: 0 N
		• P2: 100-200 N

Parcelles expérimentales Prairies



3 Doses (0N, démarreur, plein dose) /bloc-PE

- Parcelles installées au pourtour des PE de l'EESSAQ
- Rotation des parcelles dans les sites ayant des essais sur plus d'un an

Dimension des parcelles

- Ajuster le nombre de rangs selon la machinerie
- Minimum de 4 rangs (3 m x 15 m)
- Assez de superficie pour l'échantillonnage
 - 1 longueur de 2 m (stade V12)
 - 3 longueurs de 3 m (récolte)

42 sites_Année	}	168 blocs de 3traitements
4 PE/sites		<ul style="list-style-type: none"> • T1: 0 N • T2: Démarreur • T3: Démarreur +



Prairie : Application manuelle de CAN (27-0-0)

- **T1:** 0N
- **T2:** recommandations du GREF

	Printemps	Après 1 ^e coupe	Après 2 ^e coupe	Total
kg N/ha				
Régie 1 coupe	100	-	-	100
Régie 2 coupes	100	60	-	160
Régie 3 coupes +	100	60	40	200

Mais: Dose et régie du producteur

- **T1:** 0N
- **T2:** fertilisation au démarrage (50 N)
- **T3:** démarreur et post levée (120-200 N)

Sans amendement organique depuis l'automne précédent

- **Chimie-fertilité des sols au printemps**
 - 0-20 cm de profondeur
- **Teneur en nitrate en post levée**
 - **Stade V6** du maïs, après la 1^{ère} coupe foin
 - 0-30 cm dans l'entre-rang du maïs
- **Indice de nutrition azotée**
 - **Stade V12** du maïs
- **Rendement**
 - Prairie : avant chaque coupe : 3 quadrats de 1 m²
 - Maïs grain: épis sur 3 rangs de 3 m
 - Maïs ensilage épis + tiges

Stade	VE	V1	V4	V6	V8	V12	VT
Colerettes	0	1	4	6	8	12	(variable)
Pointe des feuilles	1	3	7	10	11	15	(variable)
Feuille recourbée	0	2	6	8	10	14	(variable)

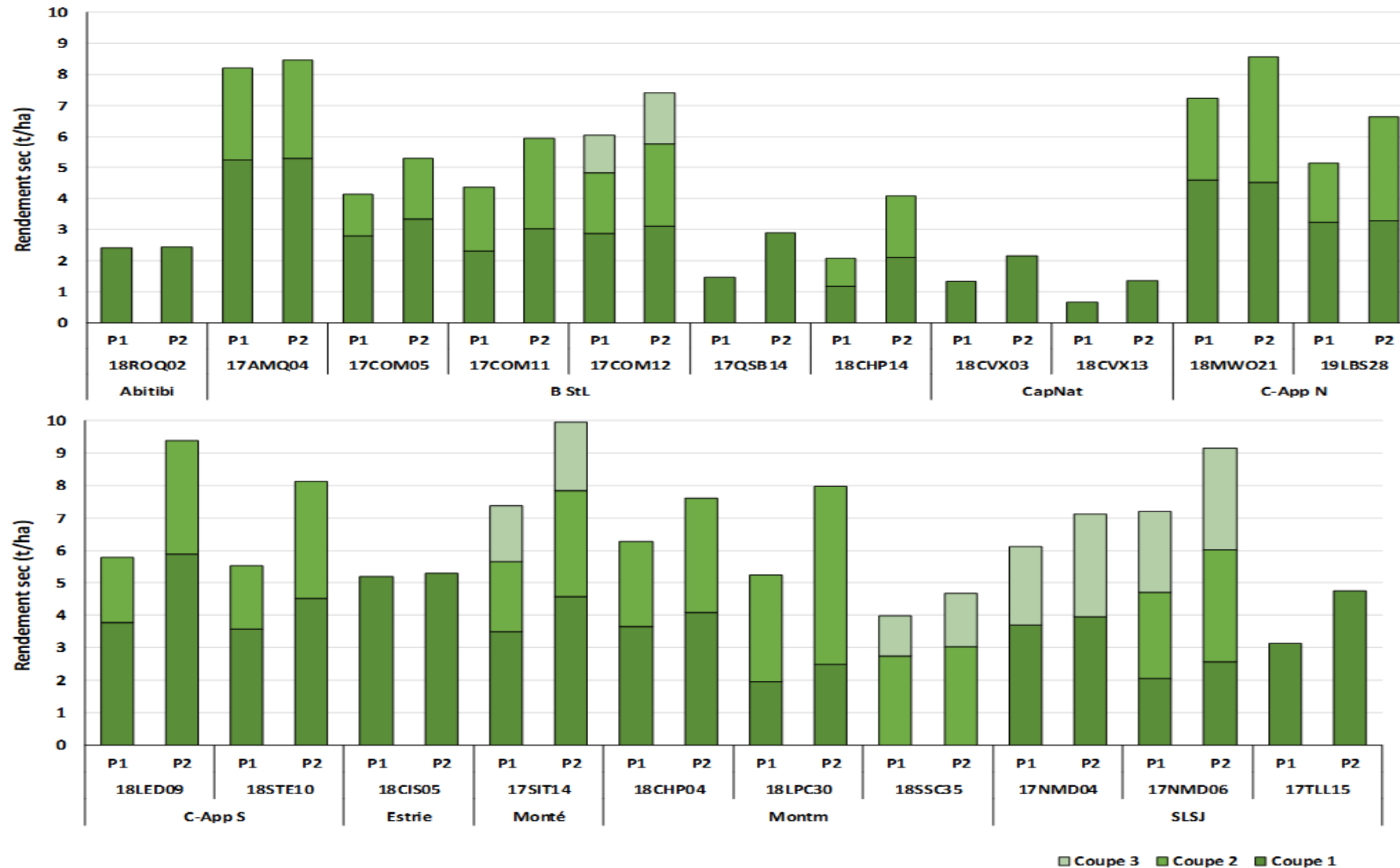


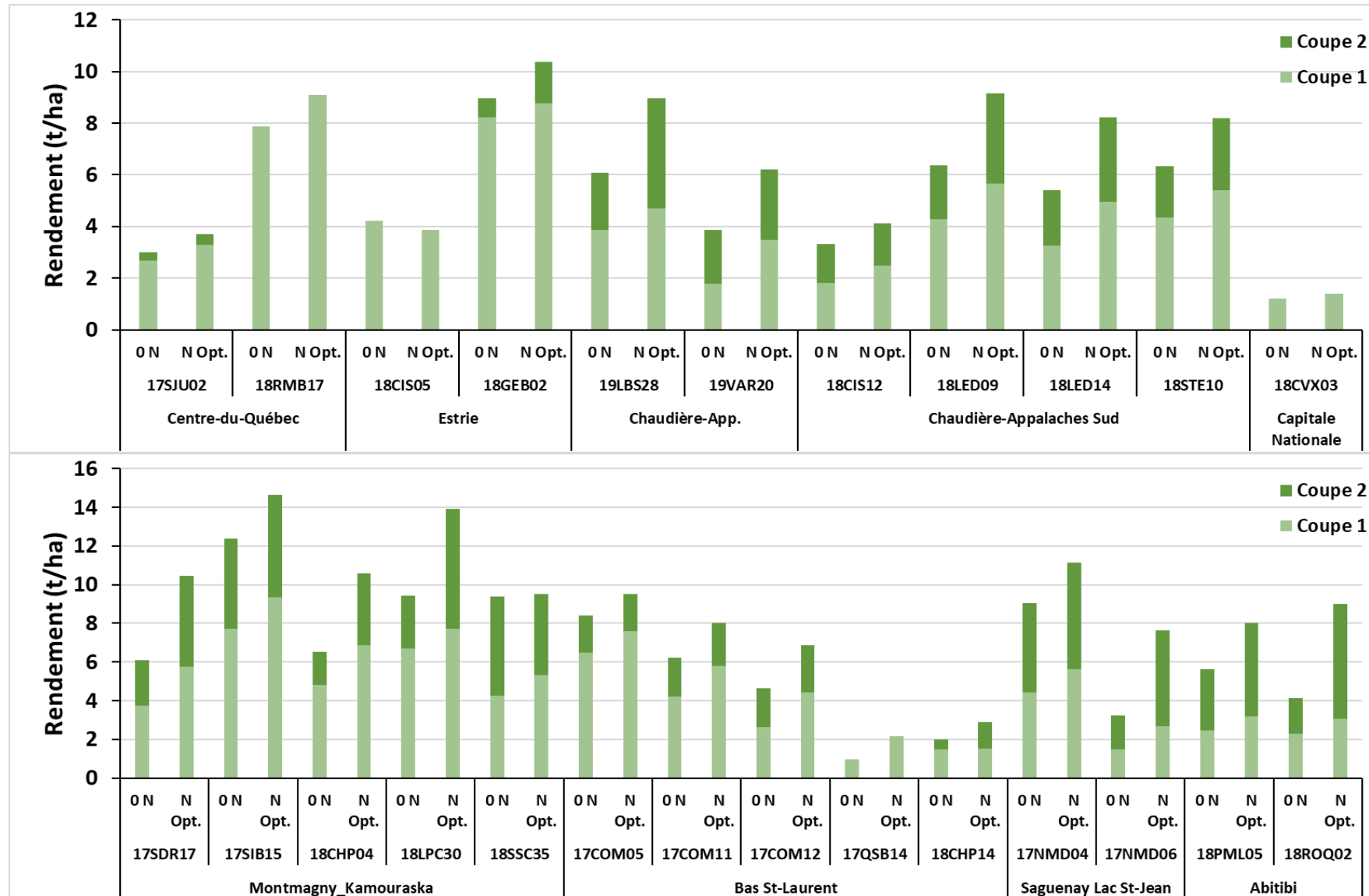
Variables explicatives

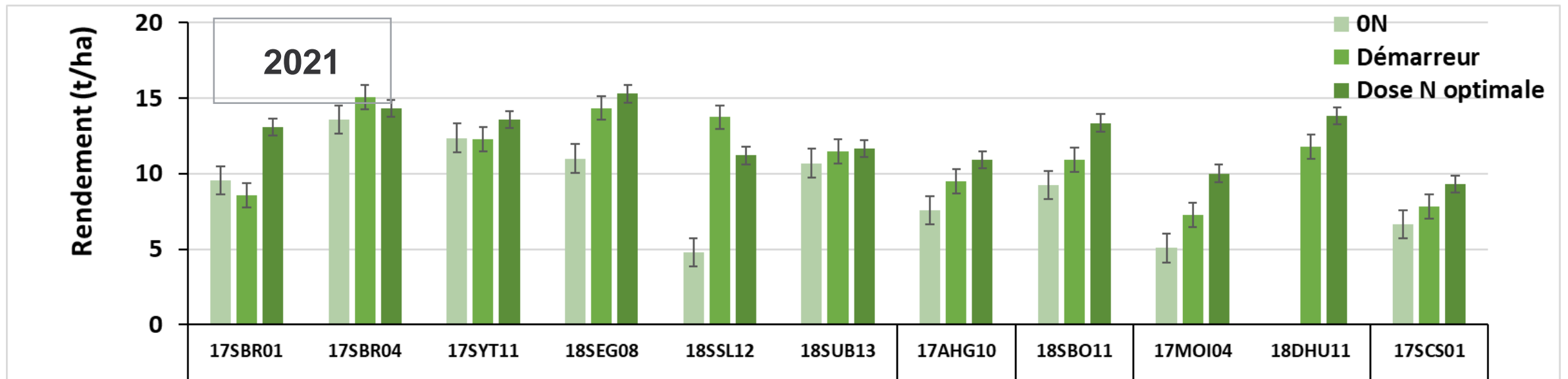
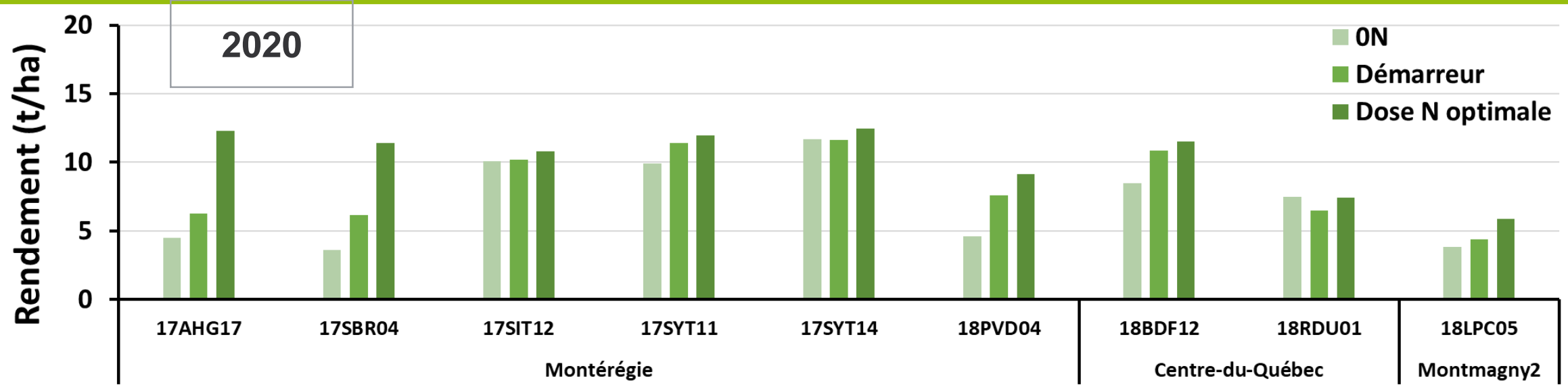
- **3 profondeurs** : Ap1 (0-10 cm), Ap2 (15-30 cm), B (30-45 cm)
- **Type de sols**: Matériau parental (série de sols) – Texture (sable, limon, argile)
- **Chimie-fertilité des sols au printemps**: Ap (0-20 cm)
 - pH, N minéral, P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cu, Zn - Mehlich-3
- **Indicateurs de l'EESSAQ**: 3 prof,
 - **Physiques**: MVA, macroporosité, CapChRel (WFPS), DMP des agrégats
 - **Biochimie C et N** : MO ou C total, C oxydable, N organique, N minéralisable
 - **Chimie-fertilité**: pH, N min, P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cu, Zn - Mehlich-3

Variables réponses

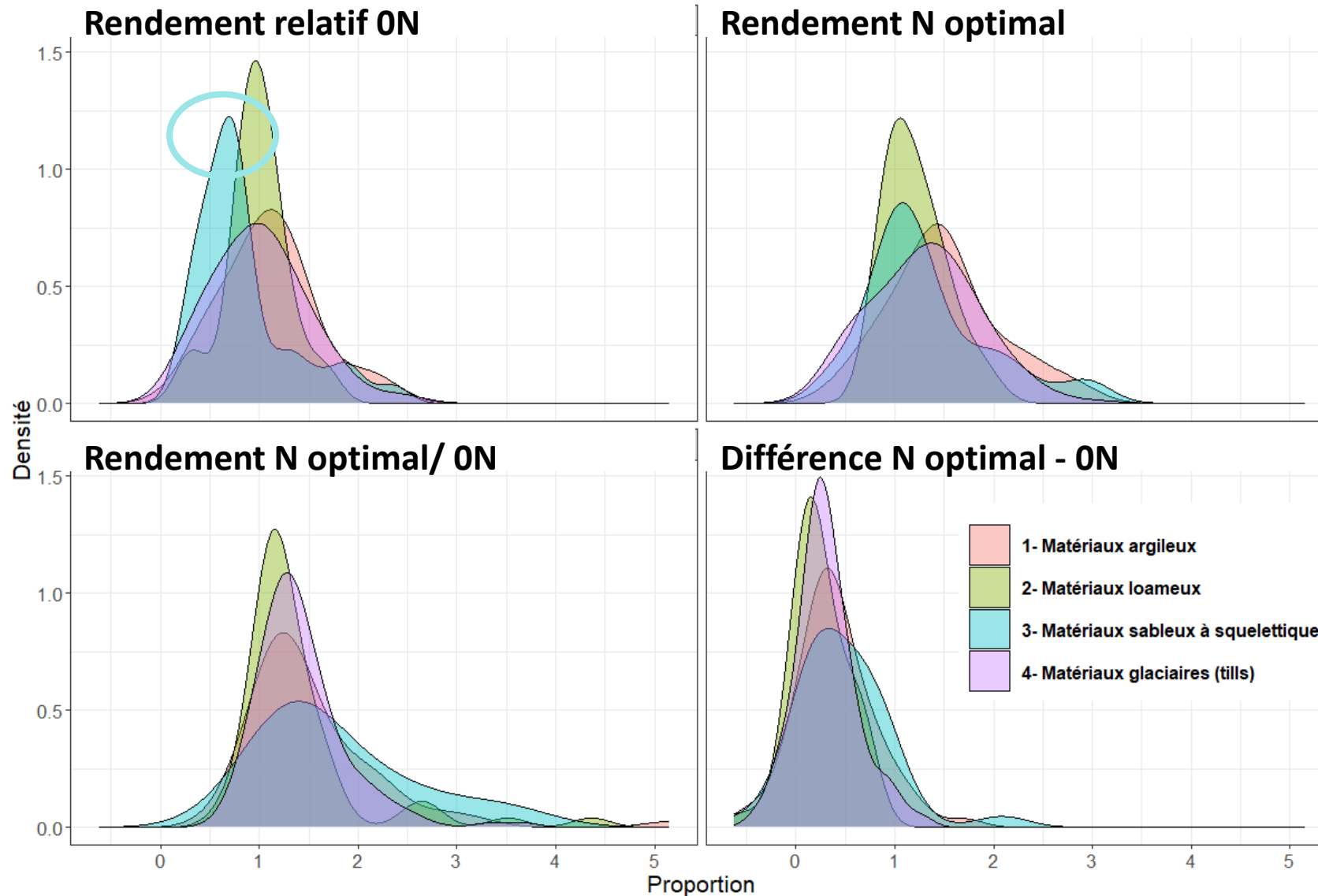
- Rendements relatifs par rapport à ceux de la région
 - Rendement N0/Rdt FADQ = *Rend. N0*
 - Rendement N optimale/Rdt FADQ = *Rend. Nopt.*
- Accroissement de rendement produit par l'engrais N
 - Rendement N optimale / Rendement N0 = *Rend. relatif*
 - Rendement N optimale - Rendement N0 = *Rend. diff.*





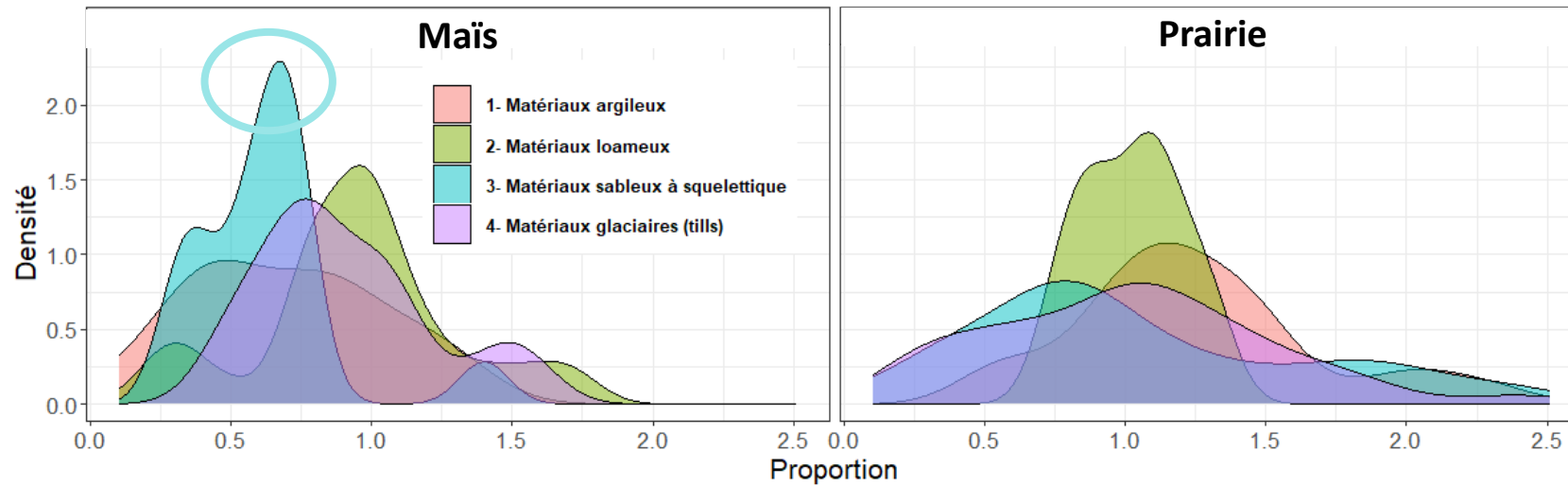


Sols sableux à squelettiques

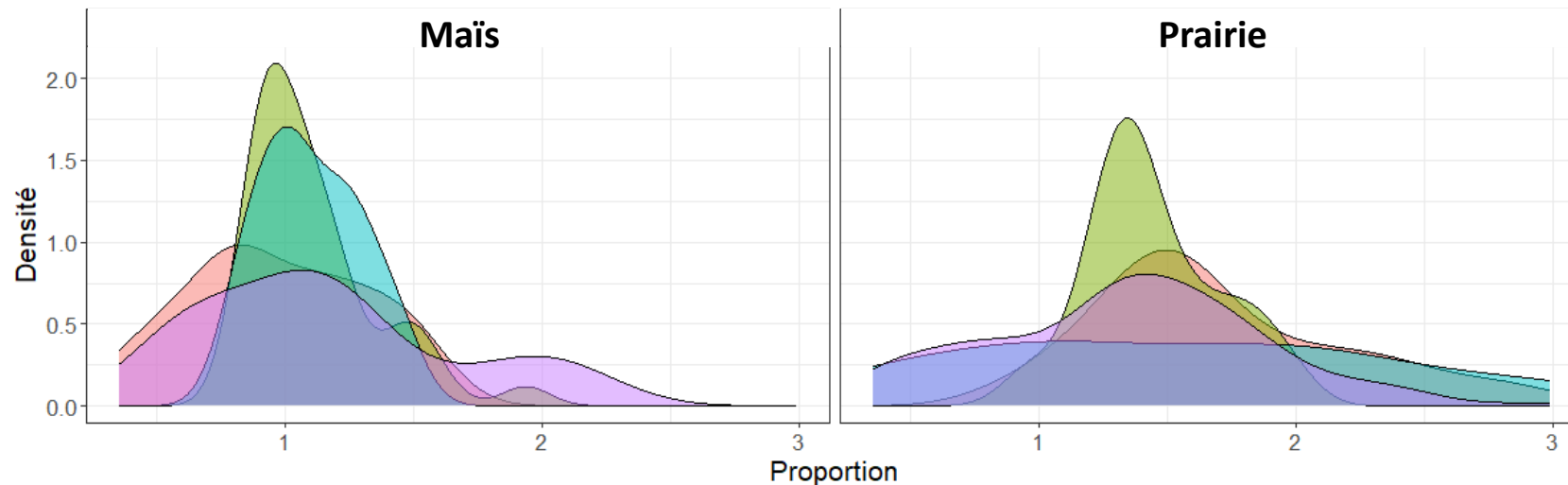


Sols sableux à squelettiques

Rendement relatif 0N

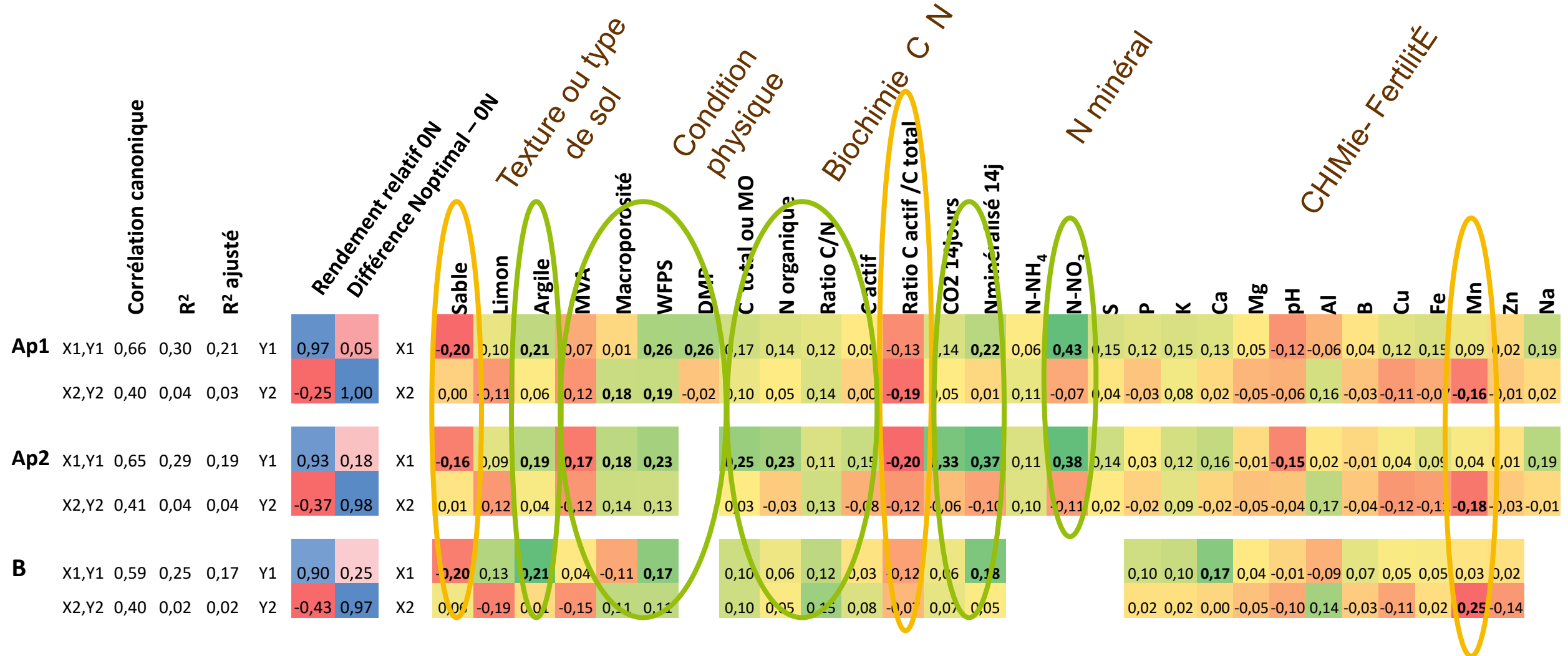


Différence Noptimal - 0N



Résultats

Corrélation canonique entre Réponses aux engrais et Indicateurs de santé des sols



	Corrélation canonique		R^2 ajusté	Rendement relatif ON			Texture			
	R^2	R^2 ajusté		Rend diff. Noptimal - ON			Sable	Limons	Argile	
Ap1	0,66	0,30	0,21	Y1	0,97	0,05	X1	-0,20	0,10	0,21
	0,40	0,04	0,03	Y2	-0,25	1,00	X2	0,00	-0,11	0,06
Ap2	0,65	0,29	0,19	Y1	0,93	0,18	X1	-0,16	0,09	0,19
	0,41	0,04	0,04	Y2	-0,37	0,98	X2	0,01	-0,12	0,04
B	0,59	0,25	0,17	Y1	0,90	0,25	X1	-0,20	0,13	0,21
	0,40	0,02	0,02	Y2	-0,43	0,97	X2	0,06	-0,19	0,01

	Corrélation canonique		R ² ajusté		Rendement relatif ON		Rend diff. Noptimal – ON	Condition physique			
	R ²	R ² ajusté			MVA	Macroporosité		Capacité au champ rel. WFPS	DMP agrégats		
Ap1	0,66	0,30	0,21	Y1	0,97	0,05	X1	-0,07	0,01	0,26	0,26
	0,40	0,04	0,03	Y2	-0,25	1,00	X2	-0,12	0,18	0,19	-0,02
Ap2	0,65	0,29	0,19	Y1	0,93	0,18	X1	-0,17	0,18	0,23	
	0,41	0,04	0,04	Y2	-0,37	0,98	X2	-0,12	0,14	0,13	
B	0,59	0,25	0,17	Y1	0,90	0,25	X1	0,04	-0,11	0,17	
	0,40	0,02	0,02	Y2	-0,43	0,97	X2	-0,15	0,11	0,11	

	Corrélation canonique		Y1	Y2	Rendement relatif ON		X1	X2	Biochimie							N minéral	
	R ²	R ² ajusté			Rend diff.	Noptimal - ON			Matière org. ou C total	N organique	Ratio C/N	C actif oxydable KMnO ₄	Ratio C actif / C total	CO ₂ 14 jours	Nminéralisé 14j	N-NH ₄	N-NO ₃
Ap1	0,66	0,30	0,21	Y1	0,97	0,05	X1	0,17	0,14	0,12	0,05	-0,13	0,14	0,22	0,06	0,43	
	0,40	0,04	0,03	Y2	-0,25	1,00	X2	0,10	0,05	0,14	0,00	-0,19	0,05	0,01	0,11	-0,07	
Ap2	0,65	0,29	0,19	Y1	0,93	0,18	X1	0,25	0,23	0,11	0,15	-0,20	0,33	0,37	0,11	0,38	
	0,41	0,04	0,04	Y2	-0,37	0,98	X2	0,03	-0,03	0,13	-0,08	-0,12	-0,06	-0,10	0,10	-0,11	
B	0,59	0,25	0,17	Y1	0,90	0,25	X1	0,10	0,06	0,12	0,03	-0,12	0,06	0,18			
	0,40	0,02	0,02	Y2	-0,43	0,97	X2	0,10	0,05	0,15	0,08	-0,07	0,07	0,05			

	Corrélation canonique		R ² ajusté	Rendement relatif ON	Rend. diff. Noptimal – ON	CHIMie-Fertilité														
	R ²	R ²				S	P Mehlich-3	K	Ca	Mg	pH eau	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na		
Ap1	0,66	0,30	0,21	Y1	0,97	0,05	X1	0,15	0,12	0,15	0,13	0,05	-0,12	-0,06	0,04	0,12	0,15	0,09	0,02	0,19
	0,40	0,04	0,03	Y2	-0,25	1,00	X2	0,04	-0,03	0,08	0,02	-0,05	-0,05	0,16	-0,03	-0,11	-0,07	-0,16	-0,01	0,02
Ap2	0,65	0,29	0,19	Y1	0,93	0,18	X1	0,14	0,03	0,12	0,16	-0,01	-0,15	0,02	-0,01	0,04	0,09	0,04	0,01	0,19
	0,41	0,04	0,04	Y2	-0,37	0,98	X2	0,02	-0,02	0,09	-0,02	-0,05	-0,04	0,17	-0,04	-0,12	-0,11	-0,18	-0,03	-0,01
B	0,59	0,25	0,17	Y1	0,90	0,25	X1	0,10	0,10	0,17	0,04	-0,01	-0,09	0,07	0,05	0,05	0,03	0,02		
	0,40	0,02	0,02	Y2	-0,43	0,97	X2	0,02	0,02	0,00	-0,05	-0,10	0,14	-0,03	-0,11	0,02	0,25	-0,14		

Tendances

- Le rendement sans N (0N) est corrélé positivement à:
 - Nitrate dans le sol au printemps,
 - La capacité du sol à minéraliser le N dans Ap1 et Ap2
 - + Argile / - Sable
 - Capacité de rétention en eau dans Ap1,
 - MVA, macroporosité dans Ap2
- La réponse à l'azote des deux cultures est conditionnée :
 - + Capacité de rétention en eau, macroporosité Ap1
 - - la présence de Mn + la présence d'Al
 - - ratio Cactif/ C total

Résultats partiels

- Les analyses ont été réalisées sur les données de 2020 et 2021
- Les données des essais de 2022 sont en compilation
- Les résultats sont donc partiels pour présenter les tendances:
 - Les indicateurs de santé des sols influencent la réponse des cultures aux engrais
 - L'inverse n'est pas encore démontré, i.e. la réponse des cultures aux engrais ne permet pas encore d'identifier des problèmes particuliers, mise à part la condition physique et l'acidité en profondeur

Équipe de réalisation

Nyck Rochel Ocean, chargé de projet

Myck Wu biostatisticien

Pierre-Luc Lemire et les ouvriers agricoles

Bernard Montminy et le **Laboratoire agroenvironnemental de l'IRDA**

Eduardo Chavez

Jean-Benoît Mathieu

Chedzer-Clarc Clément

Catherine Bossé et son équipe en pédologie



Remerciements aux clubs conseils et producteurs

- Agri Conseils Maska
- AgriExpert
- ChanvrExpert
- Club Agroenvironnemental de l'Estrie
- Club Agroenvironnemental de La Rive Nord
- Club Conseil Agrivert
- Club Conseil Agro-Champs
- Fertior
- Groupe conseil agricole de l'Abitibi
- Groupe Pleineterre
- JMP consultant
- Novago Coopérative
- Bélanger AgroConsultants
- Yamasol



QUESTIONS ?

Pédologues

Catherine Bossé, Lucie Grenon, Michaël Leblanc, Rachelle Fecteau et Pierre-Luc Lemire

Professionnels de recherche

Eduardo Chavez, Chedzer-Clarc Clément, Jean-Benoît Mathieu, Nyck Occean, Michèle Grenier, Myck Wu, Gaëtan Martinelli, Fatoumata Barry, Mohammed Niang, Ariane Drouin, Marie-Ève Tremblay et Francis Allard

Laboratoire agroenvironnemental de l'IRDA

Bernard Montminy et son équipe

Étudiants gradués

Armand Bandiang

Chercheurs

Marc-Olivier Gasser, Claude Bernard, Richard Hogue, Adboulaye Baniré Dialo, Carl Boivin, Aubert Michaud, Christine Landry, Caroline Côté et Simon Ricard

Mandats spécifiques du MAPAQ : 2017-2020, 2020-2023



22 équipes de terrain formées et à l'œuvre à travers le Québec en 2018 et 2019