



La qualité de la structure des sols dans le canton de Fribourg :

mesures physiques, évaluation visuelle et matière
organique

Retour du projet STRUDEL



Alice Johannes

14 mai 2019 - 30 ans du FRIBO





Projet STRUDEL

STRUDEL= Soil sTRuctural Degradation Evaluation for environmental Legislation

- **But:** Valeurs de référence & diagnostic de la qualité de la structure des sols/compaction
→ Osol
- 2013-2016: Suisse de l'Ouest, identification de paramètres, méthodologie et valeurs de référence pour le sol de surface
- 2017-2019: Suisse de l'Est, valeurs de référence pour le sol de profondeur et test de la méthodologie dans le cadre de diagnostic de compaction et de monitoring de la qualité des sols
- Financé par l'Office Fédéral de l'Environnement



La qualité de la structure des sols dans le canton de Fribourg : mesures physiques, évaluation visuelle et matière organique- Retour du projet STRUDEL | FRIBO 30 ans 19.05.2019

Alice.Johannes@agroscope.admin.ch



Projet STRUDEL

La méthode de diagnostic doit être **objective** et **quantifiable** (mesurable) avec des **valeurs de référence**, **robuste** (applicable en toute condition)... et **pas cher**!

Et ça c'est vraiment difficile en physique des sols!

- La **courbe de retrait** a été retenue comme méthode d'analyse physique robuste et précise
- L'évaluation visuelle de la qualité de la structure (**VESS**) a été retenue comme juge de paix (Comment savoir si c'est une bonne ou une mauvaise structure?)



- Période d'échantillonnage (humidité)
- Pratiques culturelles, biologie,
- Type de sol et constituants du sol



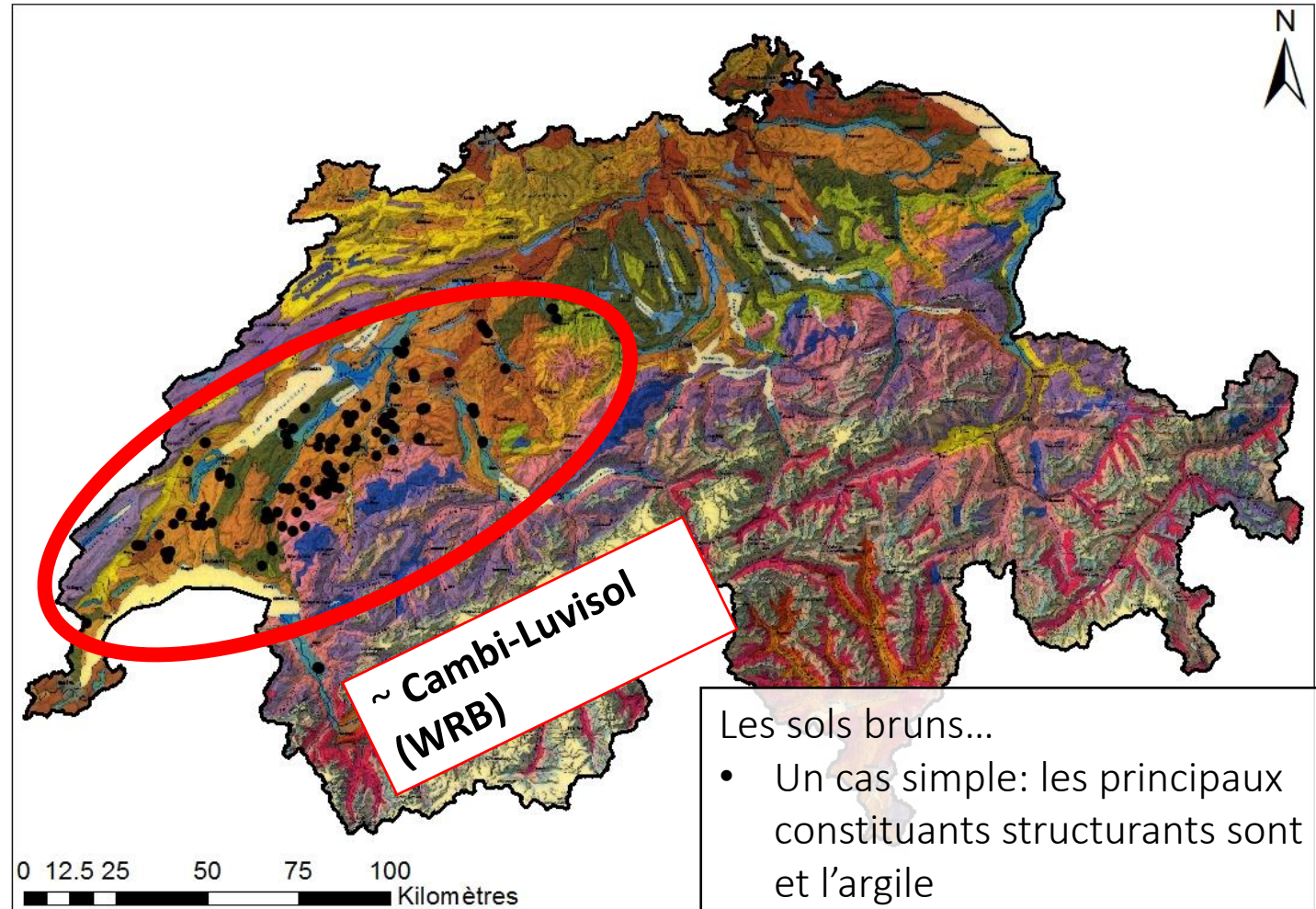
Projet STRUDEL: Site du premier volet (2013-2016)

~ 200 sites (échantillonnage à grande échelle)

3 pratiques culturales
(Prairie permanente, labour conventionnel, semis direct)

1 site = 1 échantillon (5-10 cm profondeur)

En principe: toutes les mesures sur le même échantillon



Les sols bruns...

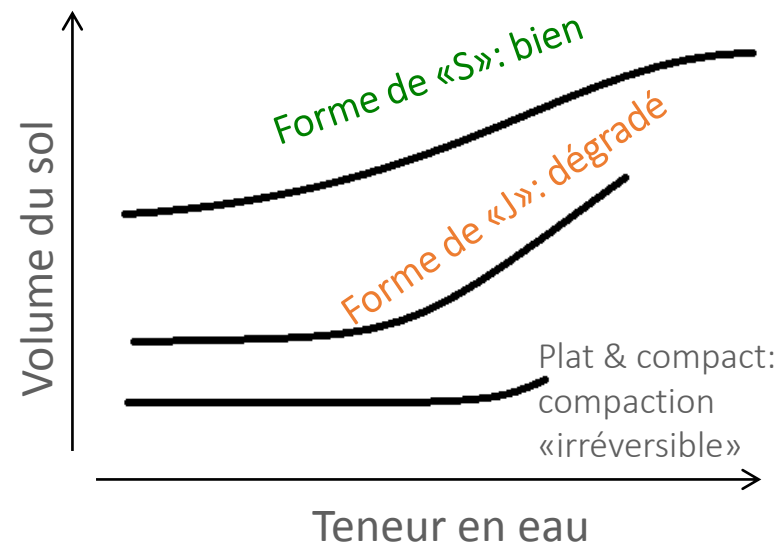
- Un cas simple: les principaux constituants structurants sont la MO et l'argile
- Et c'est largement le sol agricole le plus représenté en Suisse!



Projet STRUDEL: M&M

Courbe de retrait: signature structurale du sol

- Mais pourquoi la courbe de retrait?
 - Précis! → bon diagnostic de la compaction
 - Robuste → la teneur en eau au moment du prélèvement n'influence pas la mesure
 - Mais par contre... c'est pas simple...
- L'analyse du retrait donne une 50aine de paramètres...
 - Lequel donne un bon diagnostic tout en restant simple?
 - Et comment faire pour avoir un diagnostic?



Evolution de la forme avec la dégradation

- **Forme de “S”: bien structuré avec grande porosité structurale**
- **Forme de “J”: perte de porosité structurale et de stabilité hydrostructurale**
- Plat & compact: même la porosité plasmique est impactée, capacité de gonflement/retrait limitée (non observé dans cette étude)



Comment savoir si c'est une bonne structure ou pas pour définir des valeurs de référence?

Visual evaluation of soil structure (VESS)

(Ball et al., 2007; Guimaraes et al., 2011)

- Avec l'aide d'une grille d'évaluation illustrée
- Porosité visible, forme d'agréats, difficulté à casser
- Notes de 1 (bon) à 5 (mauvais)

Méthode adaptée: CoreVESS:

- -100 hPa (plus comparable)
- Blind test (plus objectif)

Published in Soil and Tillage Res. J. 2017



New chart!!! VESS2019

- FieldVESS
- CoreVESS

• Limite sol surface →

• Limite sol de profondeur →

Application

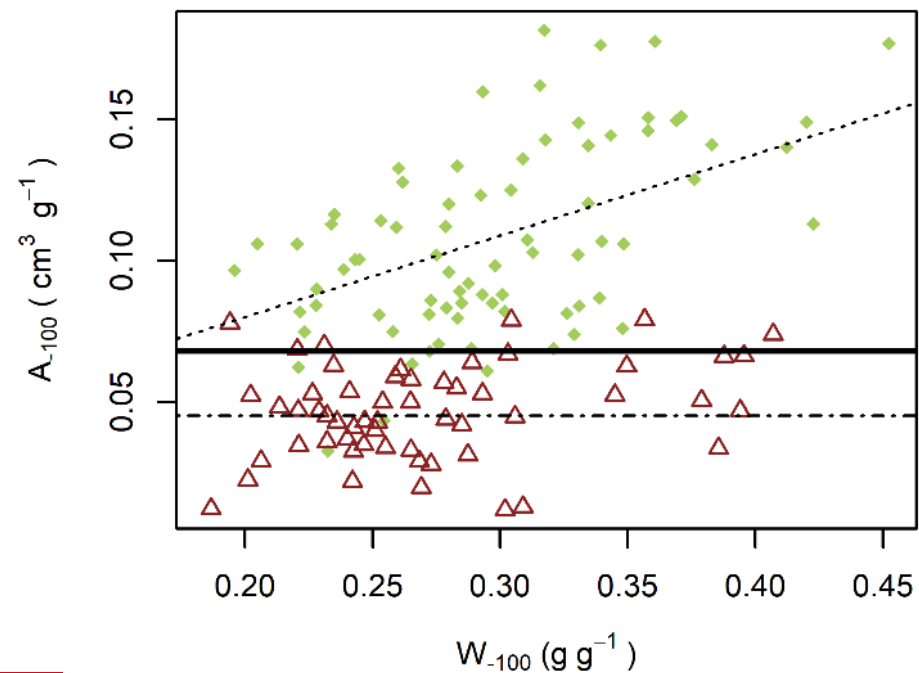
pour Smart/iPhone

VESS



V. 13.05.2019	Aggregate/Fragment size and shape	Aggregate description				Other features (roots, color)
		Size	Shape	Porosity	Breaking difficulty	
Sq1 Friable		Mostly < 6 mm.	Small rounded. Large aggregates are composed of smaller ones, held by roots.	High intra-aggregate porosity	Aggregates readily crumble with fingers	Crumbly. Roots throughout.
Sq2 Intact		From 2 mm to 7 cm	Mixture of porous rounded aggregates	High intra-aggregate porosity	Aggregates easy to break with one hand	Roots throughout. No clods present.
Sq3 Firm		From 2mm to 10 cm. Less than 30% are <1 cm.	Mixture of porous aggregates and possibility of some angular non-porous clods	Low intra-aggregate porosity	Most aggregates break with one hand	Few roots but mostly within aggregates. Some macropores and cracks may be present.
Sq4 Compact		Mostly large >10 cm. Less than 30% are < 7 cm.	Sub-angular. With possible sharp edges. "Opening" a fragment reveals flat low/non-porous faces.	Very low intra-aggregate porosity. Distinct macropores	Requires considerable effort to break aggregates with one hand	Roots usually clustered in macropores and cracks. Horizontal/platy structures also possible.
Sq5 Very compact		Mostly large >10 cm.	Angular, sharp-edged and non-porous. "Opening" a fragment reveals flat non porous faces: possible to make sharp edged cubes	No intra-aggregate porosity. Porosity restricted to a few macropores and cracks.	Difficult to break up	Anaerobic zones with grey-blue color possible. Few roots, if present restricted to cracks.

Un paramètre simple? Teneur en air gravimétrique à -100 hPa (A_{-100})



Limit value	A_{-100}	CoreVESS	Interpretation
Target	$0.023 + 0.288 \times W_{-100}$	Sq=2	A guide value for soil management. Healthy soils should be above this value.
Trigger	$0.068 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$	Sq=3	Value below which the reasons for the poor soil structure quality should be investigated and soil management must be adapted to improve structure quality.
Remediation	$0.045 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$	Sq=4	Short term improvements of soil structure quality are needed.

A_{-100} : Gravimetric air content at -100 hPa ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$); W_{-100} : Gravimetric water content at -100 hPa (g g^{-1})

Accepted in *Journal of ecological indicators* 2019



Methodologie simplifiée

- A_{100} et CoreVESS
- Ca paramètre garde néanmoins des aspects importants de la courbe de retrait: Robuste et précis
 - Applicable à un monitoring (on préconise 5 échantillons par parcelle)
- Mais il faut respecter la méthodologie (mesure du volume/cylindre souple et équilibration à 100 hPa)

La qualité de la structure des sols dans le canton de Fribourg : mesures physiques, évaluation visuelle et matière

Alice.Johannes@agroscope.admin.ch





Matériel pour mesurer A_{-100}

- Actuellement ces méthodes sont utilisées:
 - pour diagnostiquer la compaction des sols sur chantiers
 - dans un suivi de la qualité de la structure dans un projet de grande envergure dans le Jura (Terres Vivantes)



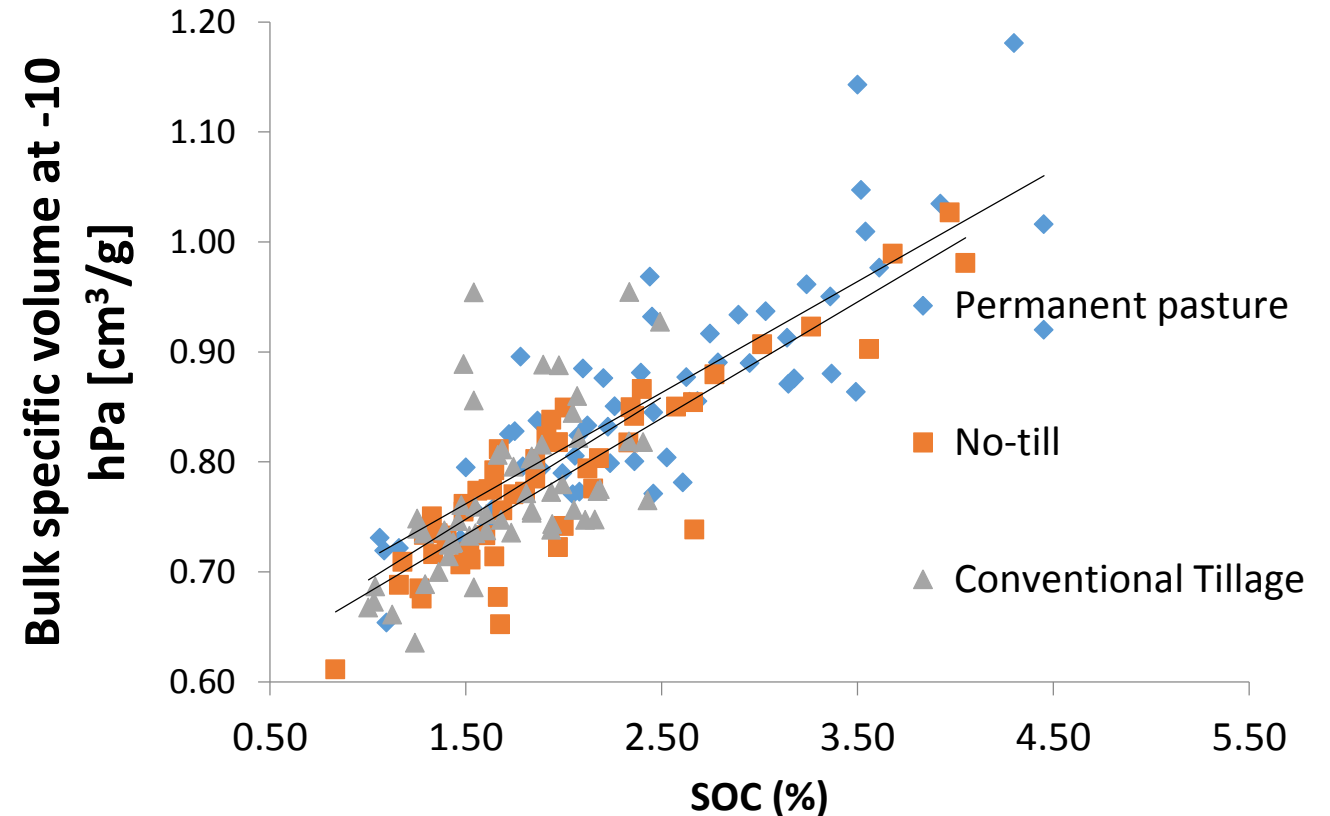
Échantillonnage
avec cylindre en
plastique fendu
pour une
extraction facile

Mesure du
volume à la
poche plastique



Un autre résultat important de STRUDEL:

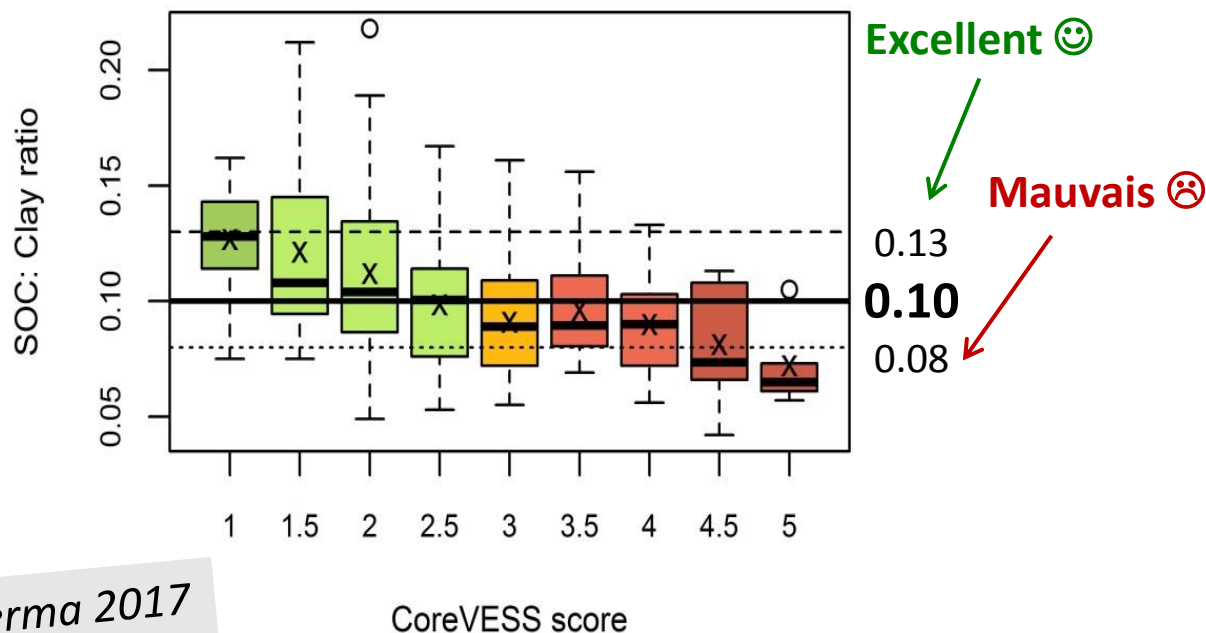
- Quand on s'intéresse à la qualité de la structure du sol... on est très vite confronté au taux de **matière organique**
- La grande majorité des propriétés physiques est étroitement liée au taux de matière organique





C'est quoi une «bonne» valeur de carbone/MO?

- Est-ce qu'un sol argileux doit avoir le même taux de carbone qu'un sol sableux?



$$\text{MO} = 1.725 \times \text{carbone}$$

- DBF (2009) : 3 catégories d'argile (<15, 15-30, >30%)
- Avec DBF, la plupart de nos échantillons sont «satisfaisants»
- Mais parmi ceux-là, 75% sont en dessous du 1:10 que nous préconisons

Published in Geoderma 2017

Un ratio de 1:10 est un bon objectif (atteignable) pour les agriculteurs
... mais ce n'est pas la garantie d'une bonne structure...



Ratio matière organique: argile

Boden-struktur- qualität	Beispiele			Humus-anteil vom Ton	Humus:Ton Beziehung (gerundet)
	Humusgehalt für einen Boden mit 15% Ton	20% Ton	25% Ton		
sehr gut	>3.3%	>4.4%	>5.5%	>0.22	>1:5
gut	2.6-3.4%	3.4-4.4%	4.3-5.5%	0.17-0.22	1:5-1:6
mässig	2.1-2.6%	2.8-3.4%	3.5-4.3%	0.14-0.17	1:6-1:8
ungenügend	<2.1%	<2.8%	<3.5%	<0.14	<1:8



Fribourg

- Un canton avec beaucoup de bétail et donc de prairie dans la rotation... et ça se voit!

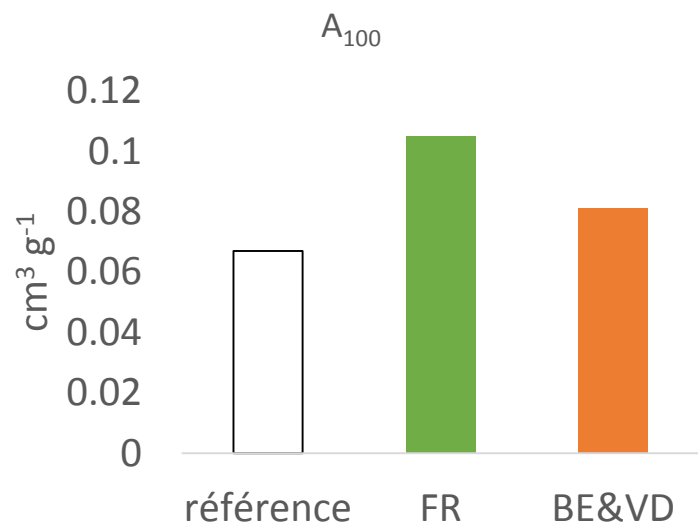


Ici, je vous présente les résultats du premier volet d'étude, échantillonné en 2013 dans les sols de «référence» du projet STRUDEL. 50 sites fribourgeois ont été retenus pour ces résultats.

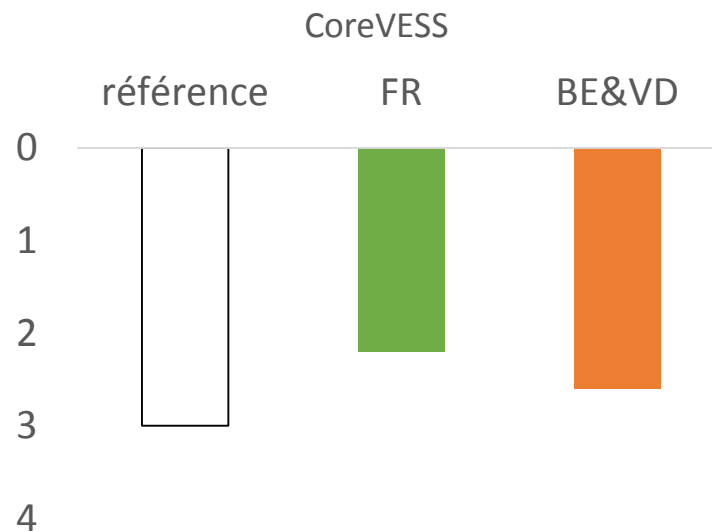


Qualité de la structure des sols fribourgeois

Teneur en air gravimétrique

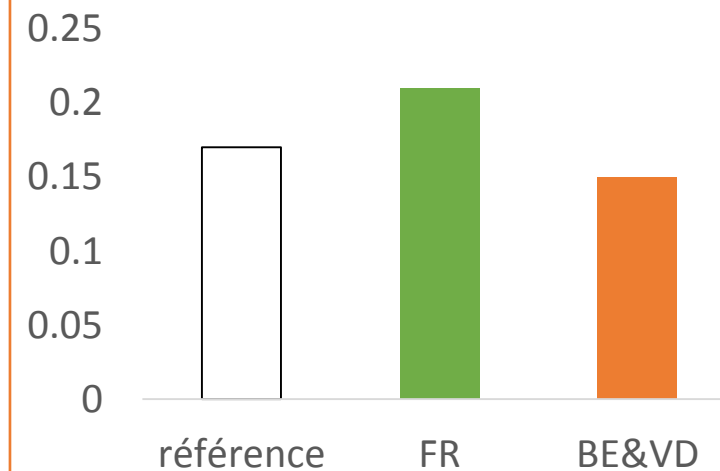


Evaluation visuelle avec CoreVESS

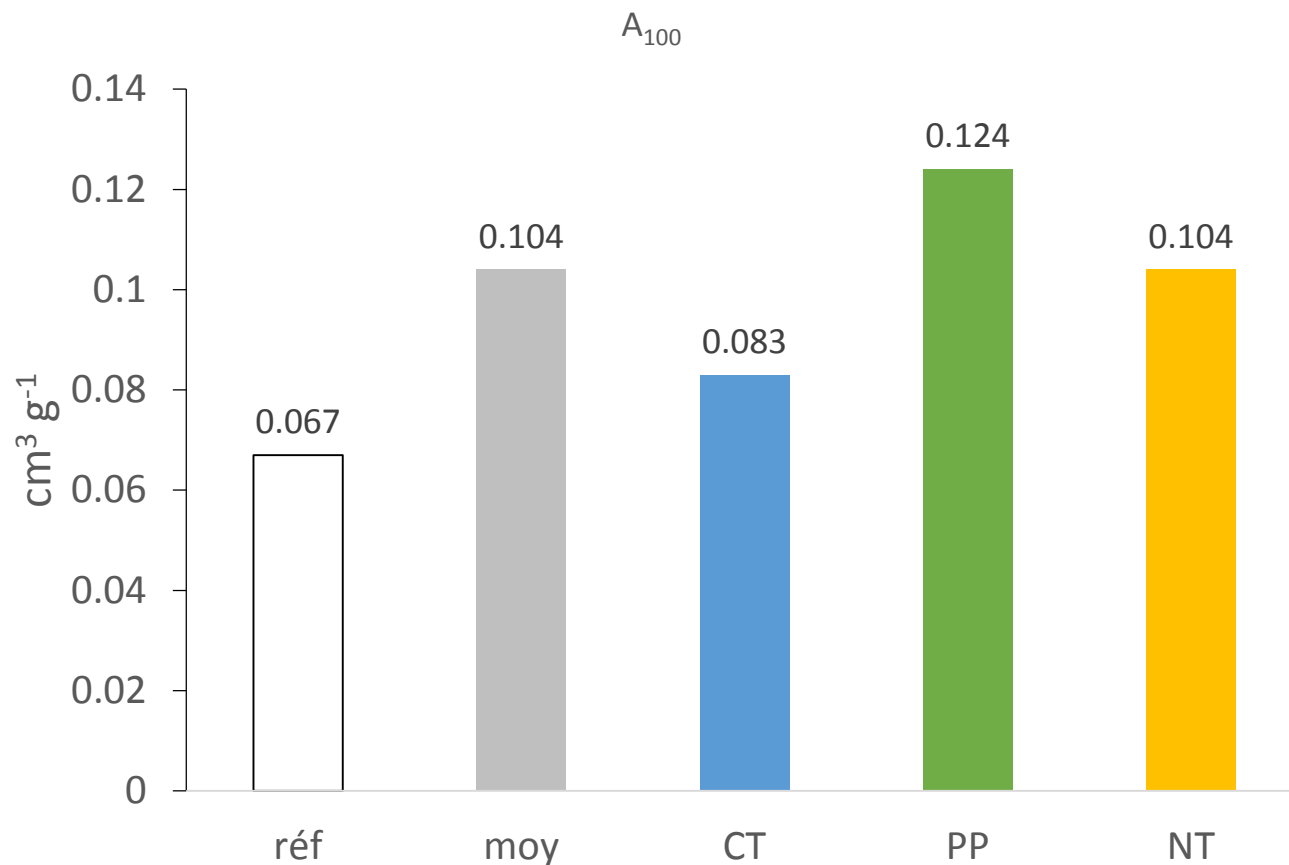
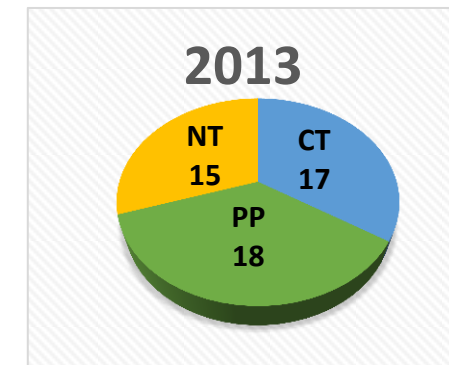


Ratio MO:argile

	MO	Argile
FR	3.6%	17.6%
BE&VD	3.1%	20.1%



Fribourg – teneur en air gravimétrique à -100 hPa



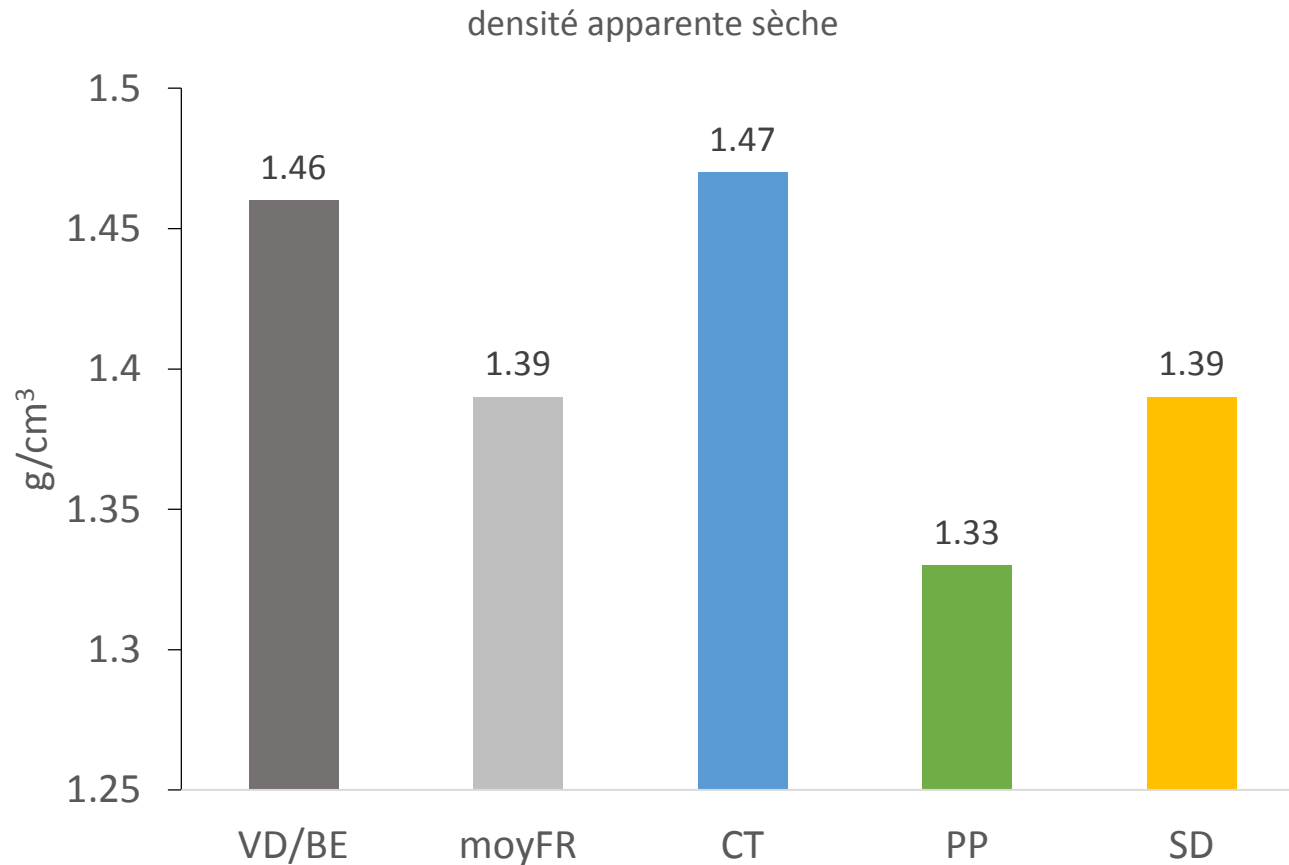
- La plupart des CT et PP font partie du réseau FRIBO

	CT	PP	NT
Top 😊	3/17	9/18	5/15
Sous le seuil 😞	4/17	-	4/15
Remédiation 😞	1/17	-	-

- Plus d'un quart des sites de terres assolées sont sous le seuil

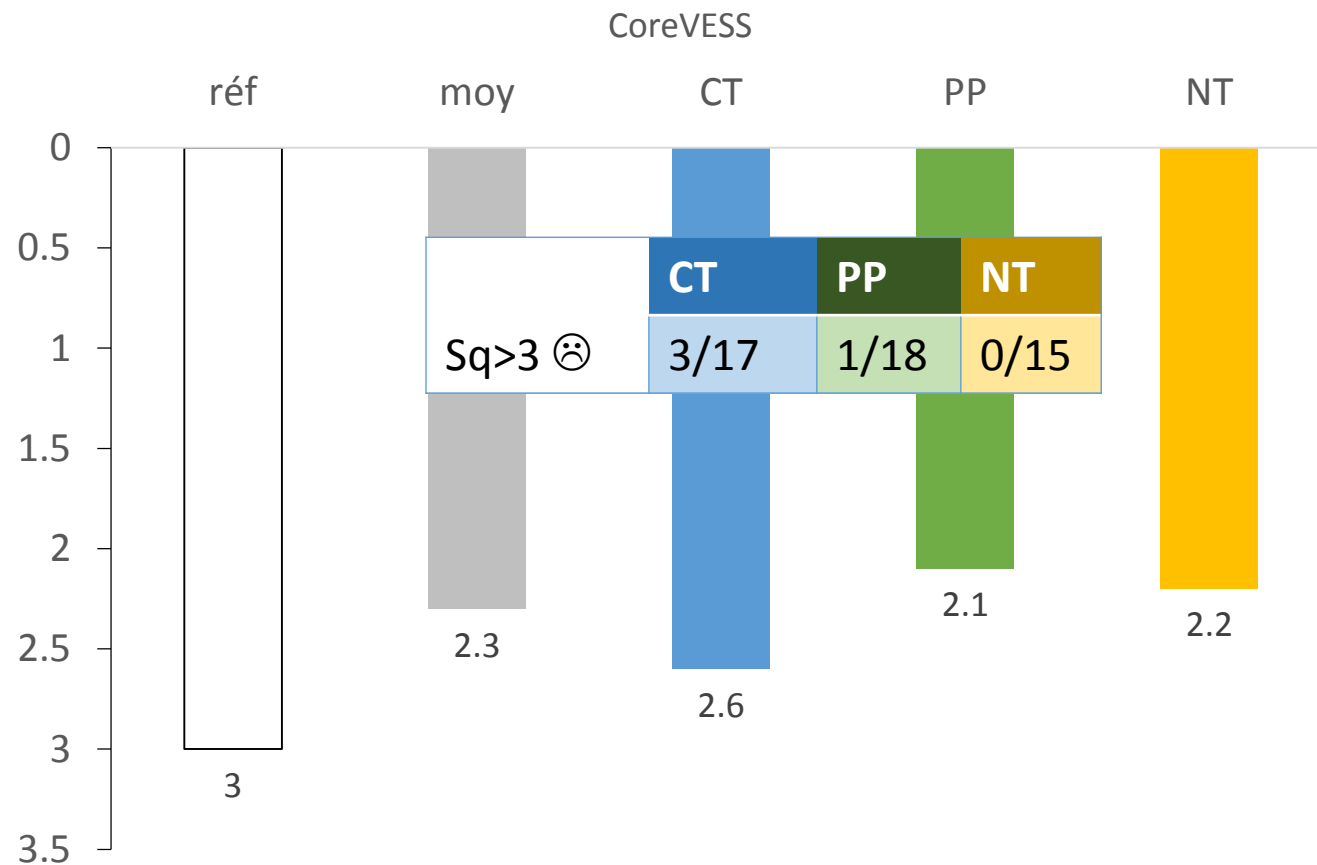
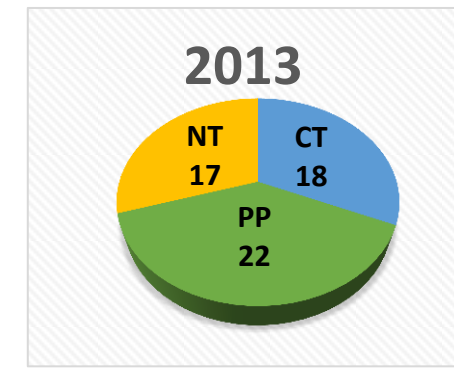


Densité apparente sèche



- Pas de valeurs de référence
- Ce paramètre est très lié au taux de matière organique total

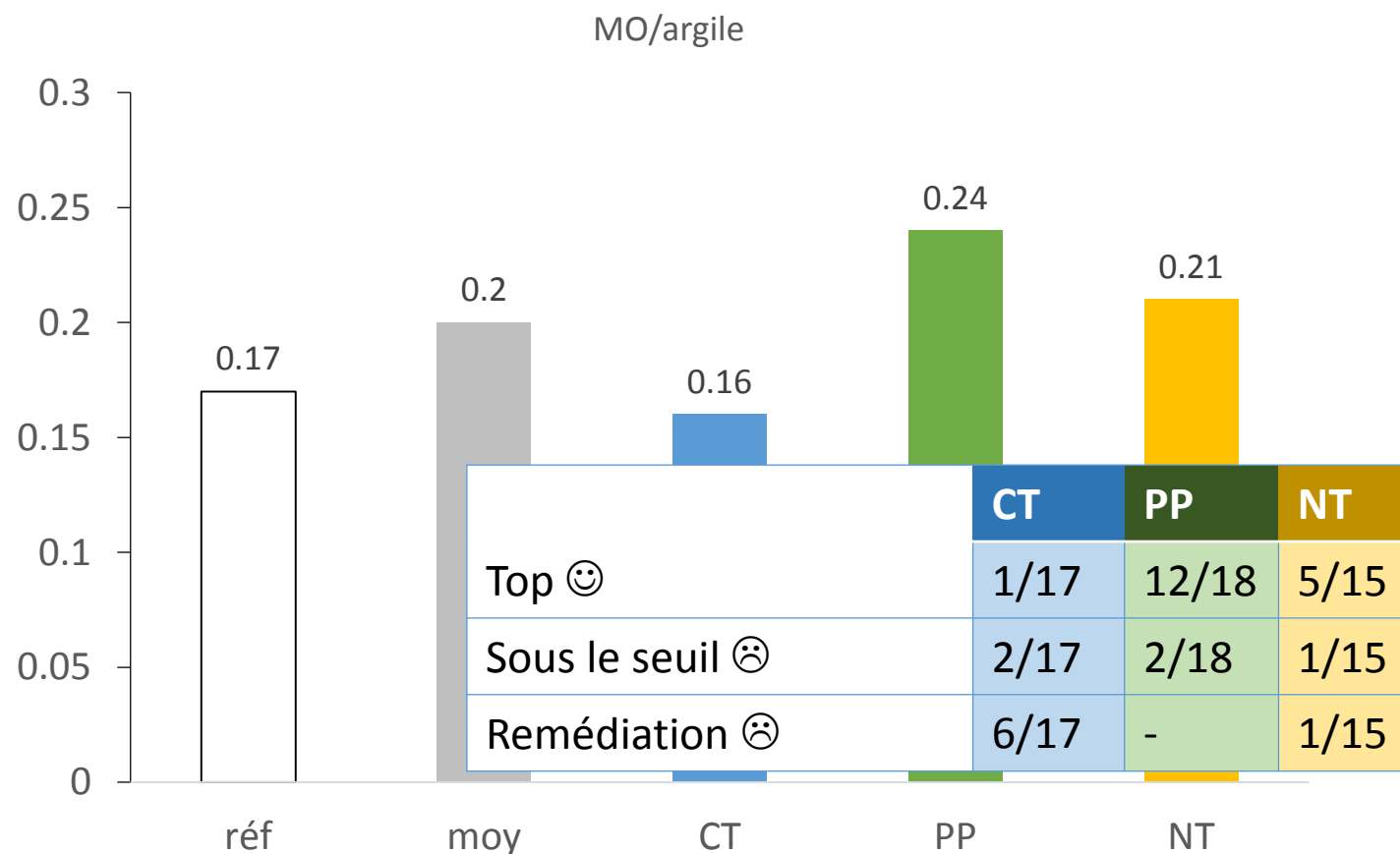
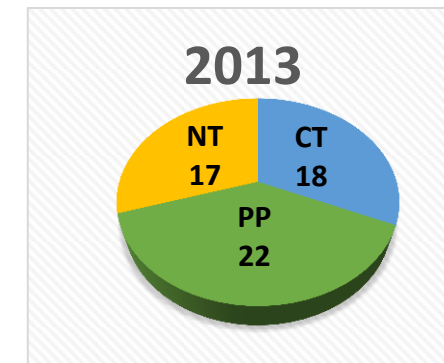
Fribourg - Evaluation visuelle de la qualité de la structure avec CoreVESS



Le semis direct (ne fait pas partie du réseau FRIBO) s'en sort bien... et pourtant...
...en discutant avec les agriculteurs, on s'est rendu compte qu'ils ne recevaient des subsides que pour une seule de leurs parcelles...

... et bien souvent ils choisissaient la «parcelle à problème» (ce qui, soit dit en passant, est tout à fait dans le sens de la politique visée: réduire l'érosion 😊)

Fribourg - Ratio matière organique/argile



- Selon Levasseur (2018) dans le Bulletin SSP 39:
 - Terres assolées du FRIBO: 0.16
 - Prairies permanentes du FRIBO: 0.24
- Presque la moitié des sites en labour conventionnel sont sous le seuil



J'aimerais remercier les nombreuses personnes qui m'ont aidée durant le projet, en particulier...

- *Pascal Boivin, Rainer Schulin et Peter Weisskopf qui ont dirigé ma thèse*
- *Les agriculteurs*
- *Aline Chambettaz, technicienne de laboratoire*
- *Les personnes du STRUDEL extension committee*
- *Marlies Sommer, technicienne de laboratoire*
- *Mes amis, ma famille et surtout Jérémie pour leur soutien*
- *L'Office fédéral de l'environnement pour le financement de STRUDEL*



*Adrien Matter
master student (2015-2016)*



*Elisabeth Busset
bachelor student (2014)*
*Tania Ferber
master student (2013-2014)*



*La qualité de la
Alice.Johannes@*

Quentin Chappuis, civiliste (2015)



*Léonie Givord
master student (2012-2013)*



*Et Choucroute parce qu'elle
est chou...croute!*