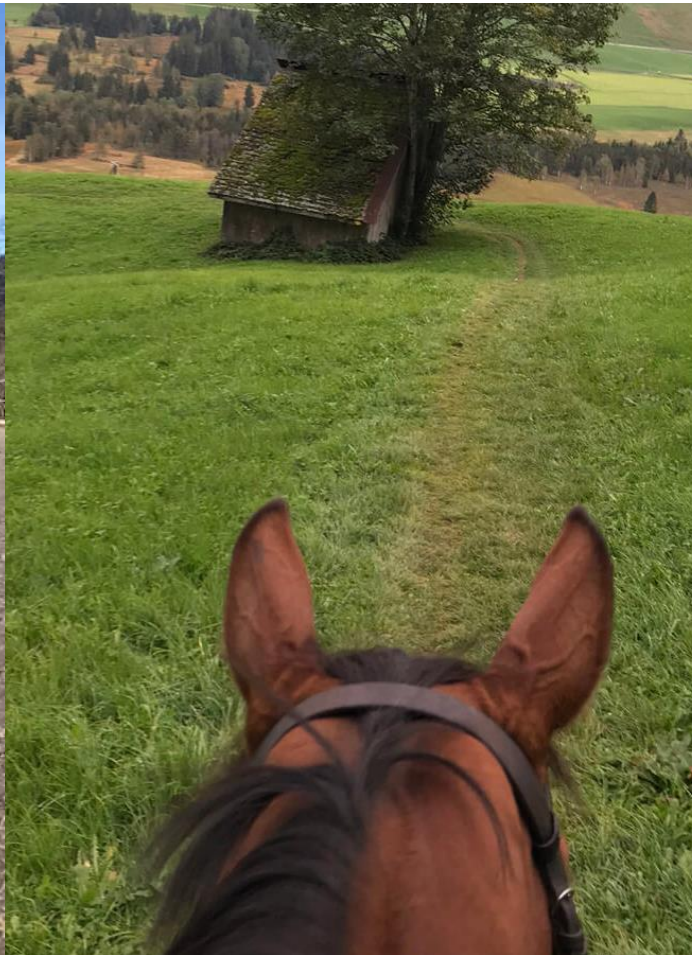


Cette vue et cette sensation, nous la connaissons tous...





# Carrières équestres – Allier théorie et pratique

*Mémoire de master – Janina Siegwart*

# Le sol équestre parfait

Maintient les chevaux en bonne santé et améliore leurs performances

- Amortit les chocs tout en étant élastique
- Bonne adhérence, mais on ne veut pas d'un sol «pas réactif»
- Couche de contact meuble et plane, pas de trous
- Homogène, résistant et robuste à l'utilisation et contre les intempéries
- À la fois un écoulement rapide et une bonne capacité de rétention d'eau
- Utilisation polyvalente, facile à entretenir
- ➔ **Les besoins diffèrent selon l'utilisation et la discipline**

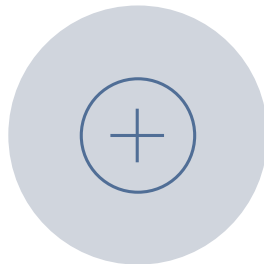


# Facteurs d'influence

De multiples facteurs influencent les propriétés des sols équestres



SABLE, BOIS,  
TEXTILE



AGRÉGATS



CONCEPTION



GESTION DE  
L'EAU



ENTRETIEN

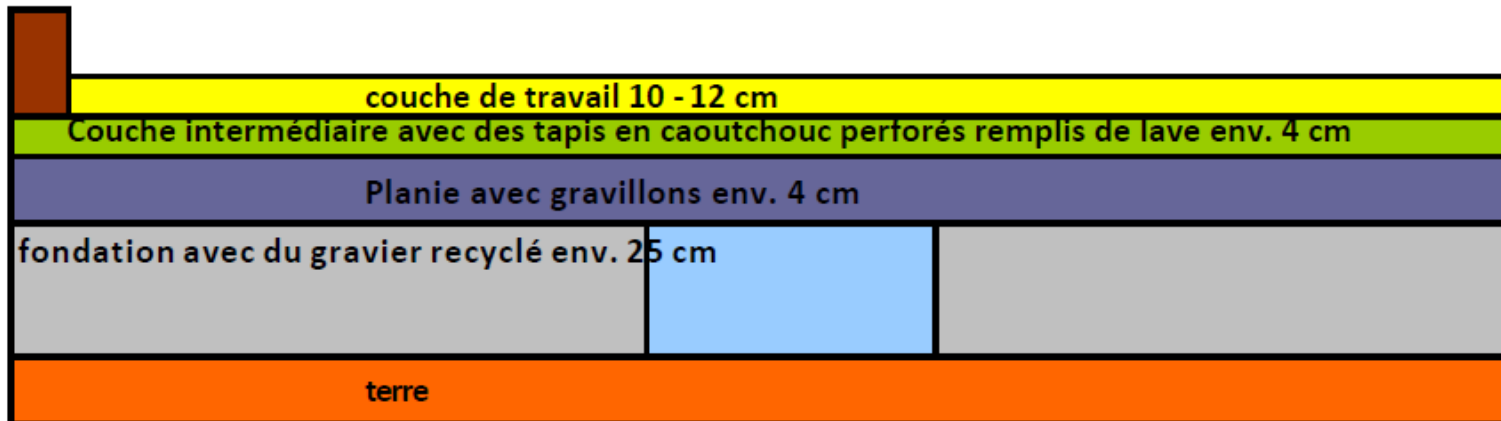


UTILISATION

# Conception des carrières équestres

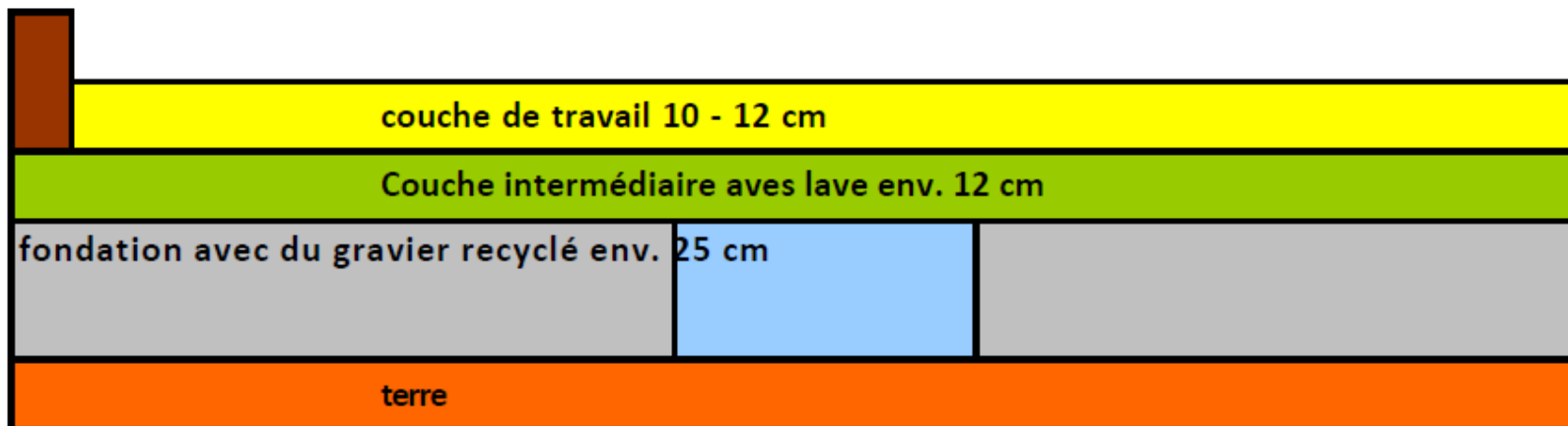
# Systemes de sols équestres, schémas de construction

Traverse en bois pour entourer une place



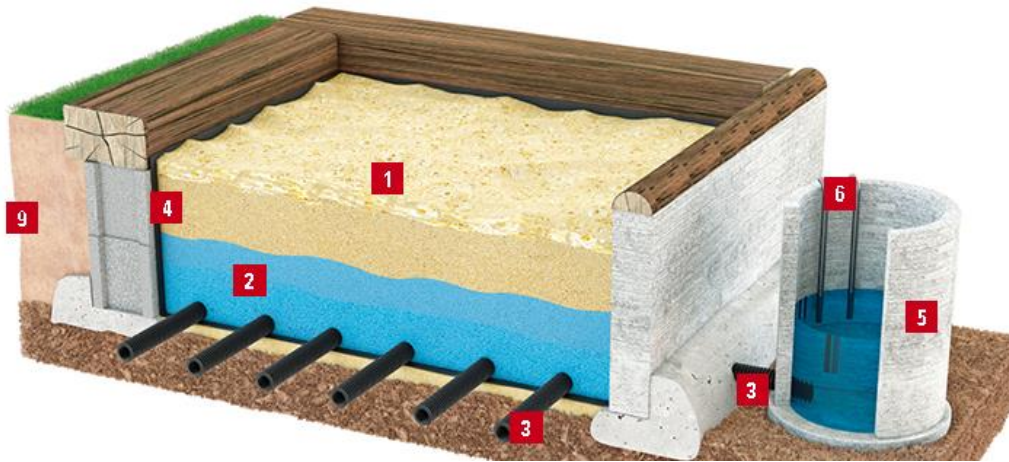
Conduite de drainage ou fentes env. tous les 6.00 m

Traverse en bois pour entourer une place



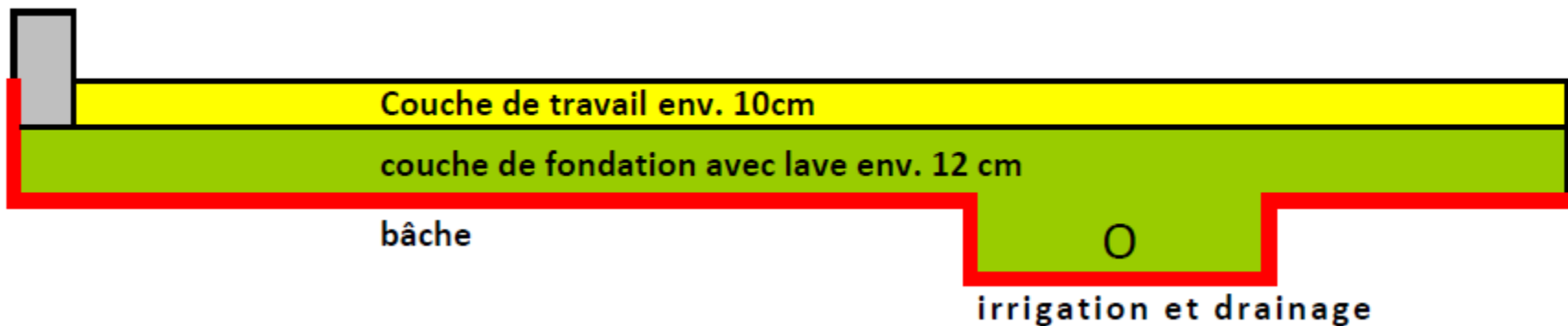
Conduite de drainage ou fentes env. tous les 6.00 m

# Systemes de sols équestres, schémas de construction



- 1: Couche de travail
- 2: Zone d'accumulation
- 3: Tuyaux de drainage
- 4: Bâche
- 5: Cuve
- 6: Entrée et sortie d'eau

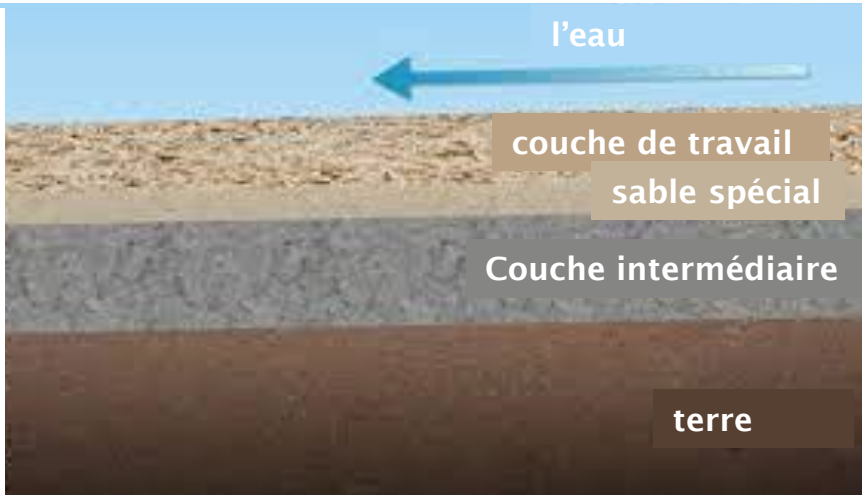
## Finition des bords avec une bordure en béton



# Aufbausysteme - Entwässerungssysteme

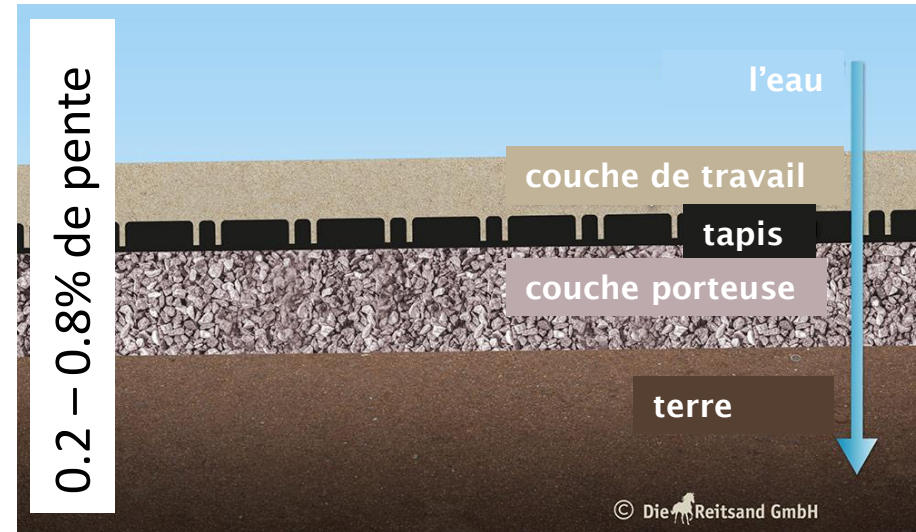
## Drainage de surface

0.8 - 1,2% de pente

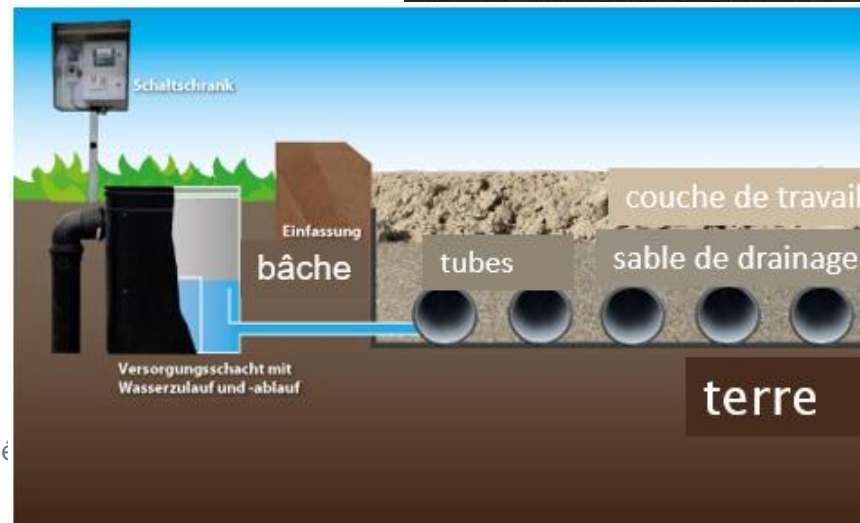


## Drainage vertical

0.2 - 0.8% de pente



- ▶ sub-irrigation (flux-reflux)





# Systemes - Matériaux



# Exemples concrets

# Exemples concrets- 1<sup>ère</sup> sol équestre



# Exemples concrets – 2<sup>ème</sup> sol équestre



# Exemples concrets – 3<sup>ème</sup> sol équestre





# Practical analysis and assessment of the sport physiological properties on equine training surfaces in Switzerland

*A time series comparing Ebb & Flow and vertical drainage watering systems*

# Évaluation subjective actuelle de la carrière



## EMPREINTE DE SABOT

- Différence entre couche de contact et couche de travail!
- L'empreinte de sabot parfaite?
- ***Rendre objectivement mesurable?***



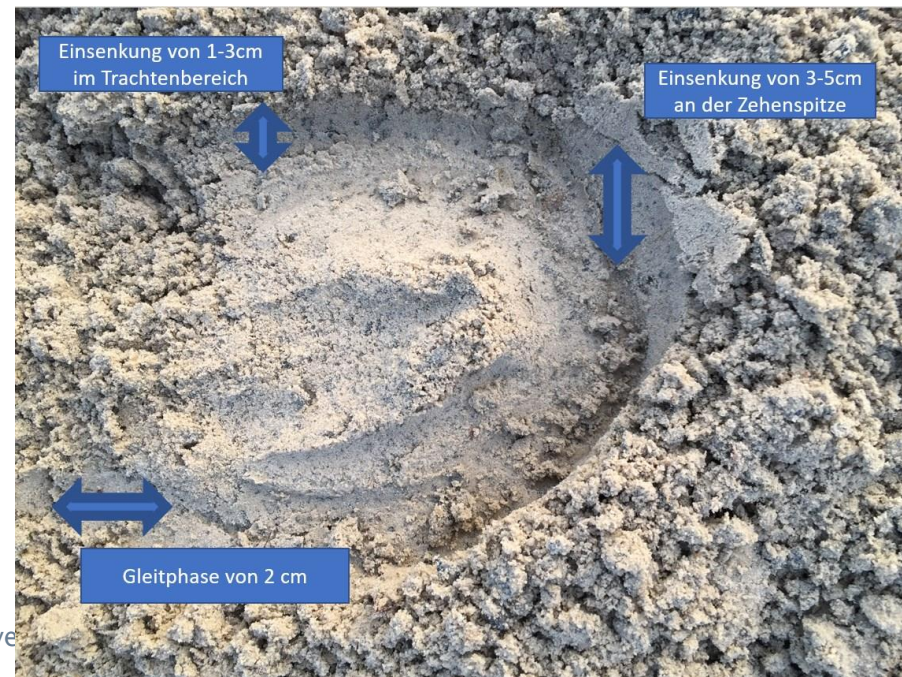
## BRUIT/SON



## SENSATION EN MARCHANT



## SENSATION À CHEVAL



# Le déflectomètre léger à masse tombante



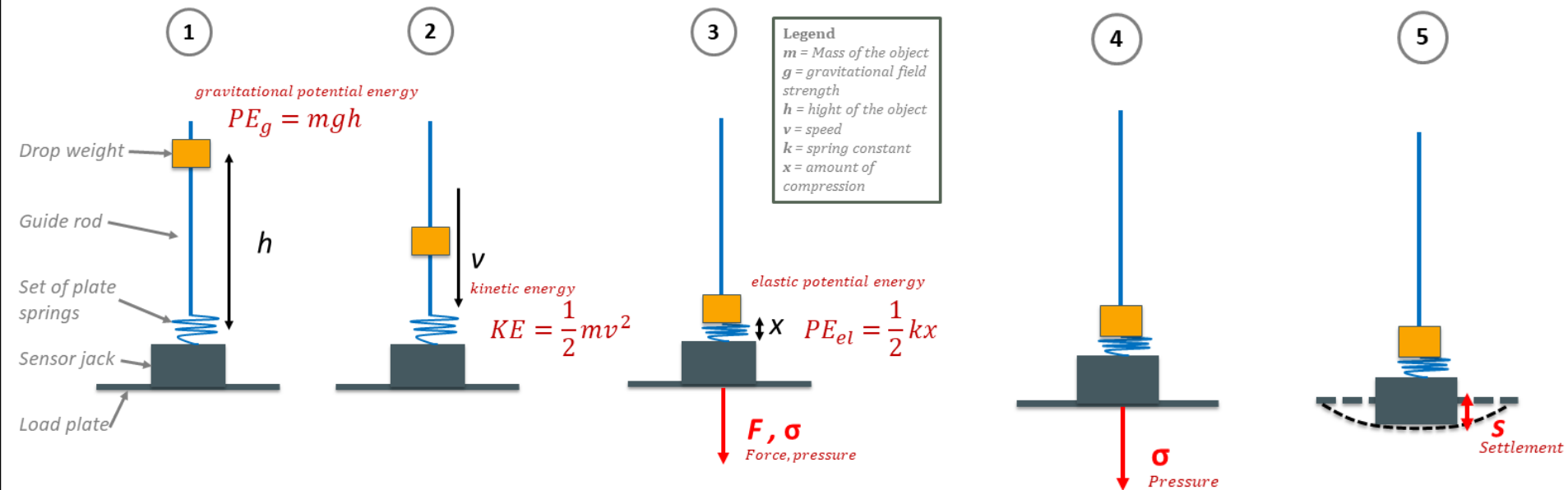
# Lightweight Deflectometer – Hard Soil



# Lightweight Deflectometer – Soft Soil



# Matériel et méthodes – Défectomètre léger



## ➤ Mesures: tassement et vitesse de tassement

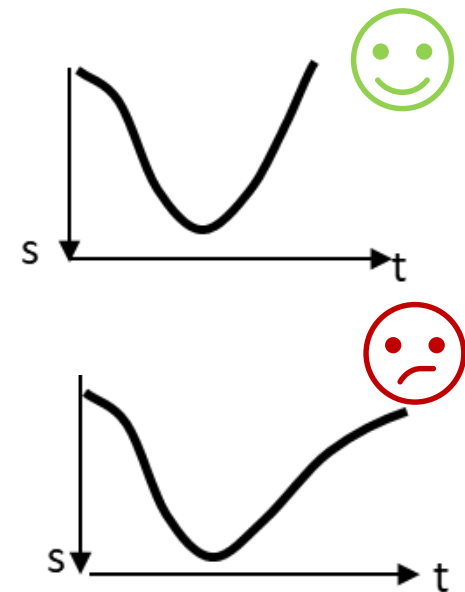
- Résistance =  $Evd$  (MN/m<sup>2</sup>) =  $(1.5 \times r \times \sigma) / s = 45 / s$
- Atténuation =  $s / v$

# Begriffe (FEI Footing Standard vs. Leichtes Fallgewicht)

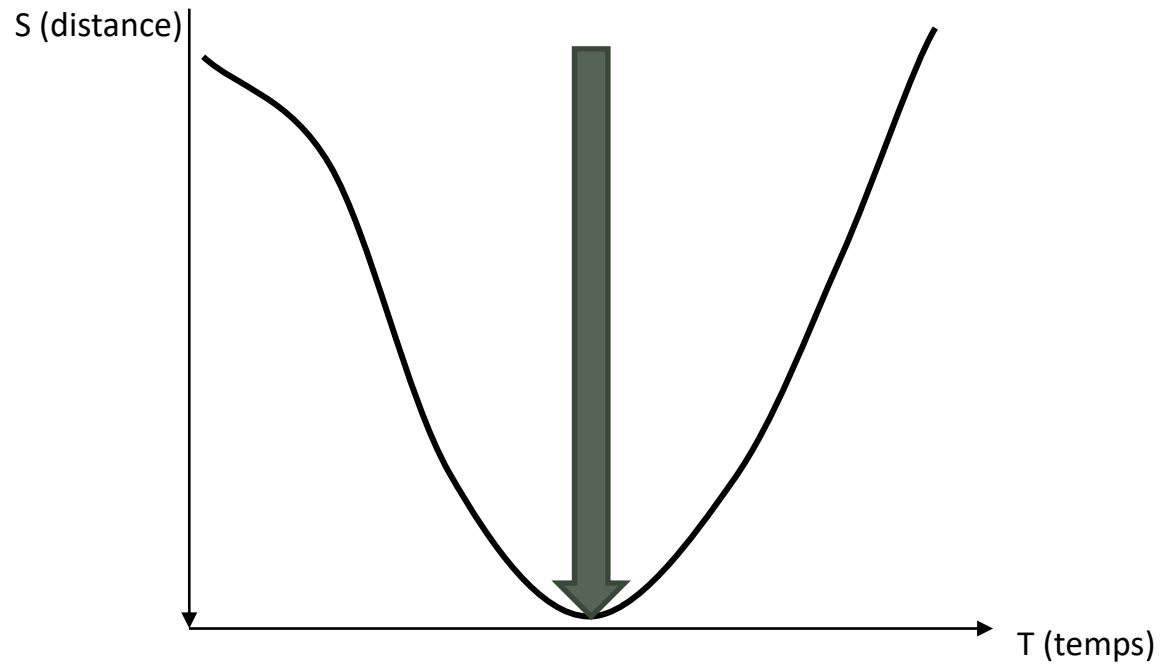
	<b>FEI Footing Standard</b>	<b>Leichtes Fallgewicht</b> <i>défectomètre léger à masse tombante</i>	<b>Abkürzung</b> <i>abréviation</i>	<b>Einheit</b> <i>Unité</i>
Festigkeit <i>résistance</i>	Impact firmness	Dynamic deflection modulus	Evd	MN/m <sup>2</sup>
Dämpfung <i>atténuation</i>	Cushioning	Attenuation	s/v	ms
Aufprallgeschwindigkeit <i>vitesse d'impact</i>		Impact velocity	slope1	m/s
Rückprallgeschwindigkeit <i>vitesse de rebondissement</i>		Rebound velocity	slope2	m/s
Elastizität <i>réactivité</i>	Responsiveness	Reactivity	Slope1/slope2	-

# Leichtes Fallgewicht - Interpretation

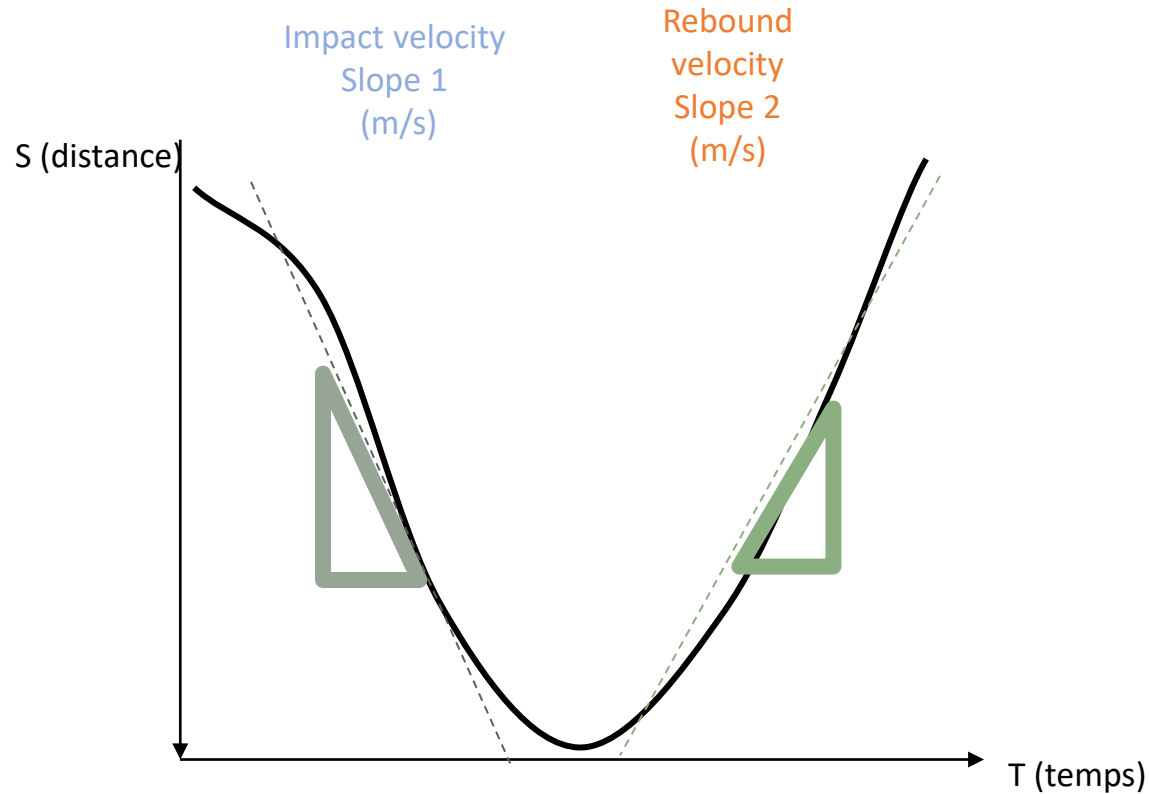
- ▶ Dynamic deflection modulus (Festigkeit, Résistance)  
objectif = sol mi-dur
  - ▶  $E_{vd} = 10-20 \text{ MN/m}^2$ 
    - ▶  $E_{vd} < 10 \text{ MN/m}^2$  trop mou
    - ▶  $E_{vd} > 20 \text{ MN/m}^2$  trop dur
- ▶ Attenuation (Dämpfung, atténuation)  
objectif = atténuation moyenne
  - ▶  $s/v$ -Wert  $\approx 5 \text{ ms}$ 
    - ▶  $s/v$ -Wert  $< 4 \text{ ms}$  trop dur
    - ▶  $s/v$ -Wert  $> 6 \text{ ms}$  trop mou
- ▶ Reactivity (Elastizität, réactivité)  
objectif = bon rebondissement



# Déformation / courbes de tassement



# Impact velocity / Rebound velocity



# Résultats du mémoire de master



# Objectifs du mémoire

Évaluation pratique des sols équestres:

- 10 carrières avec 2 systèmes d'irrigation
- Mesures pendant 2 mois
- Évaluations pour déterminer comment les propriétés de physiologie sportive mesurées avec le déflectomètre varient au cours du temps
  - Résistance
  - Atténuation
  - Humidité

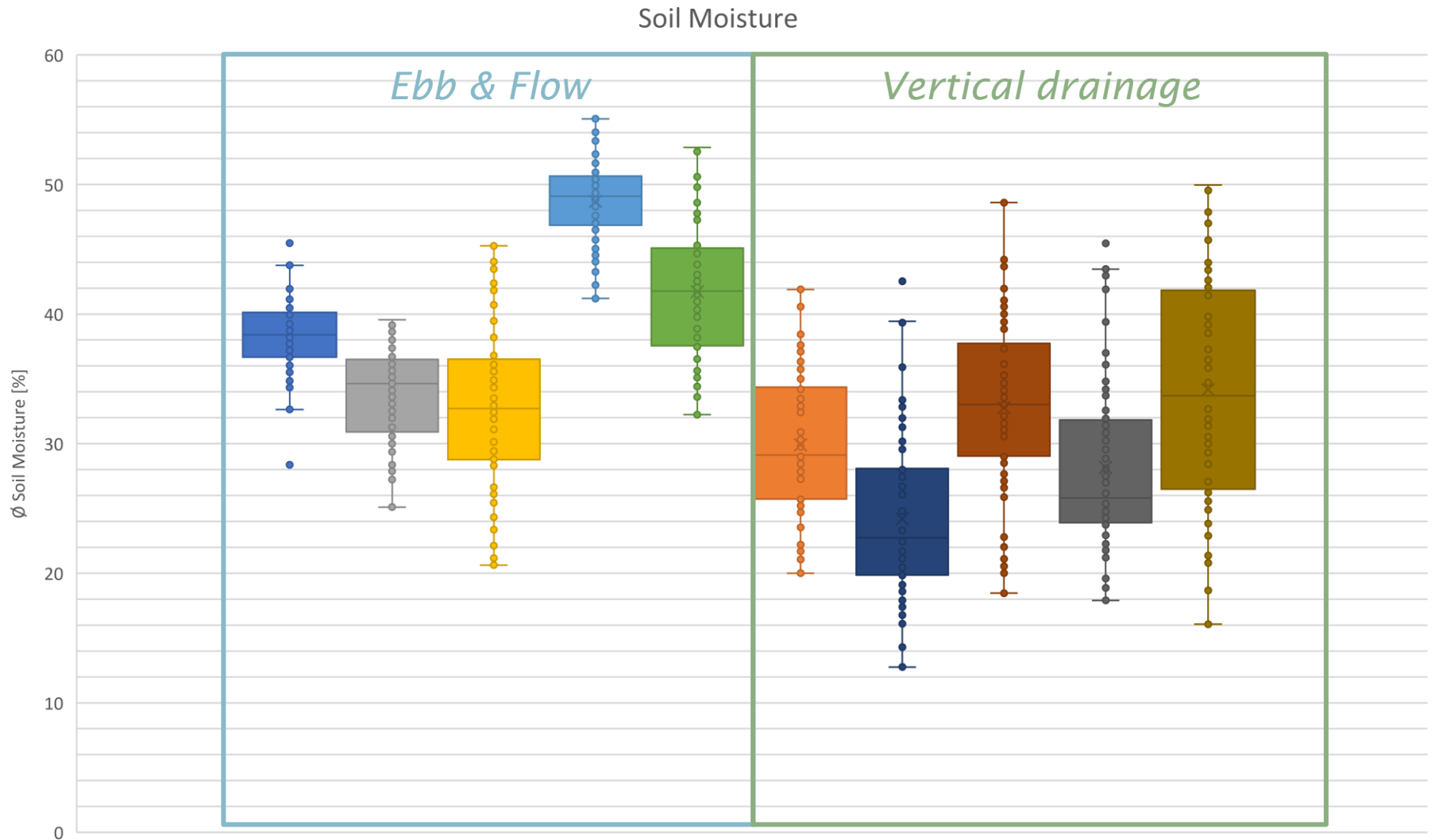




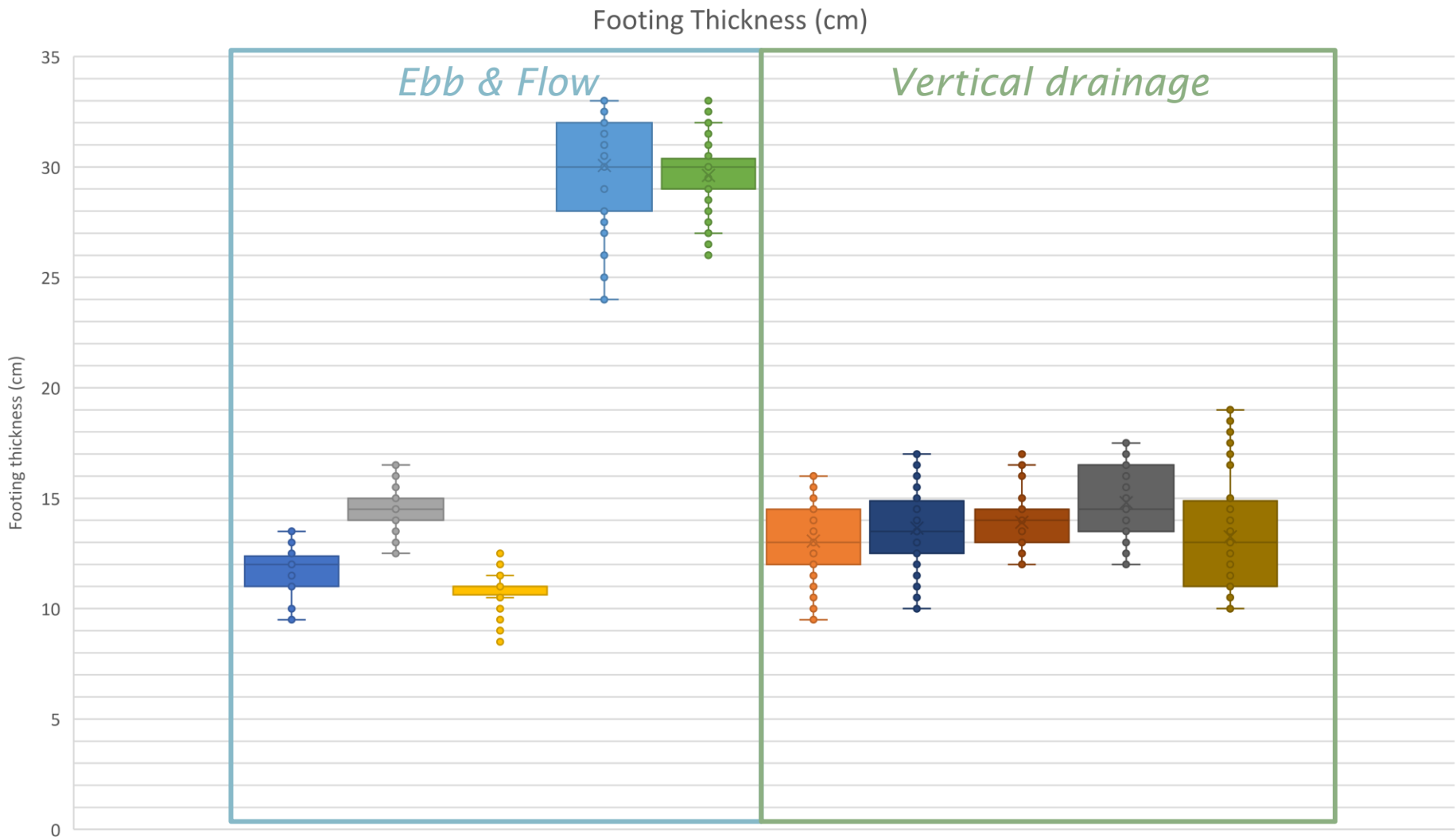
# Points de mesure par place



# Résultats - humidité

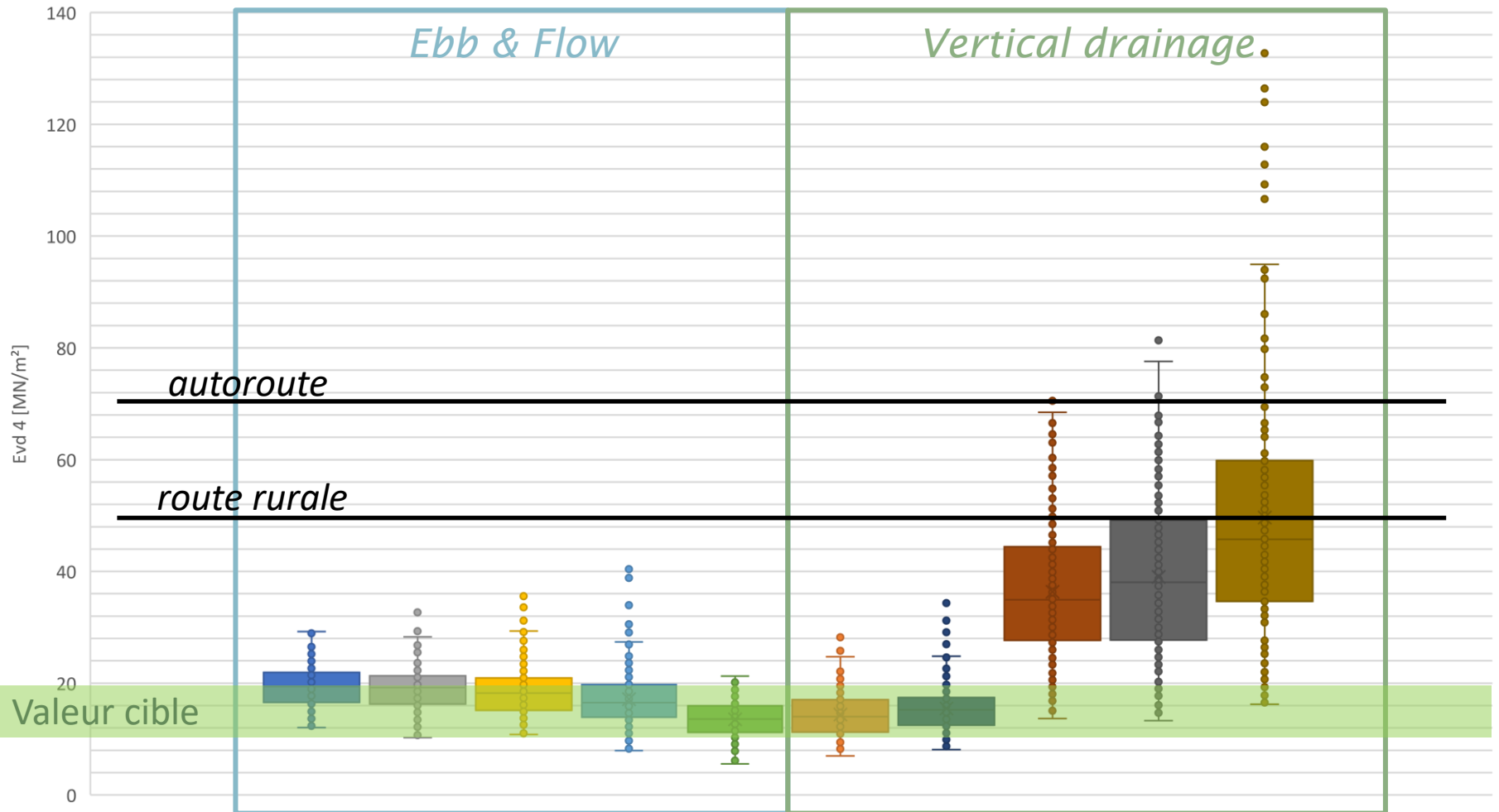


# Résultats - épaisseur de la couche de travail



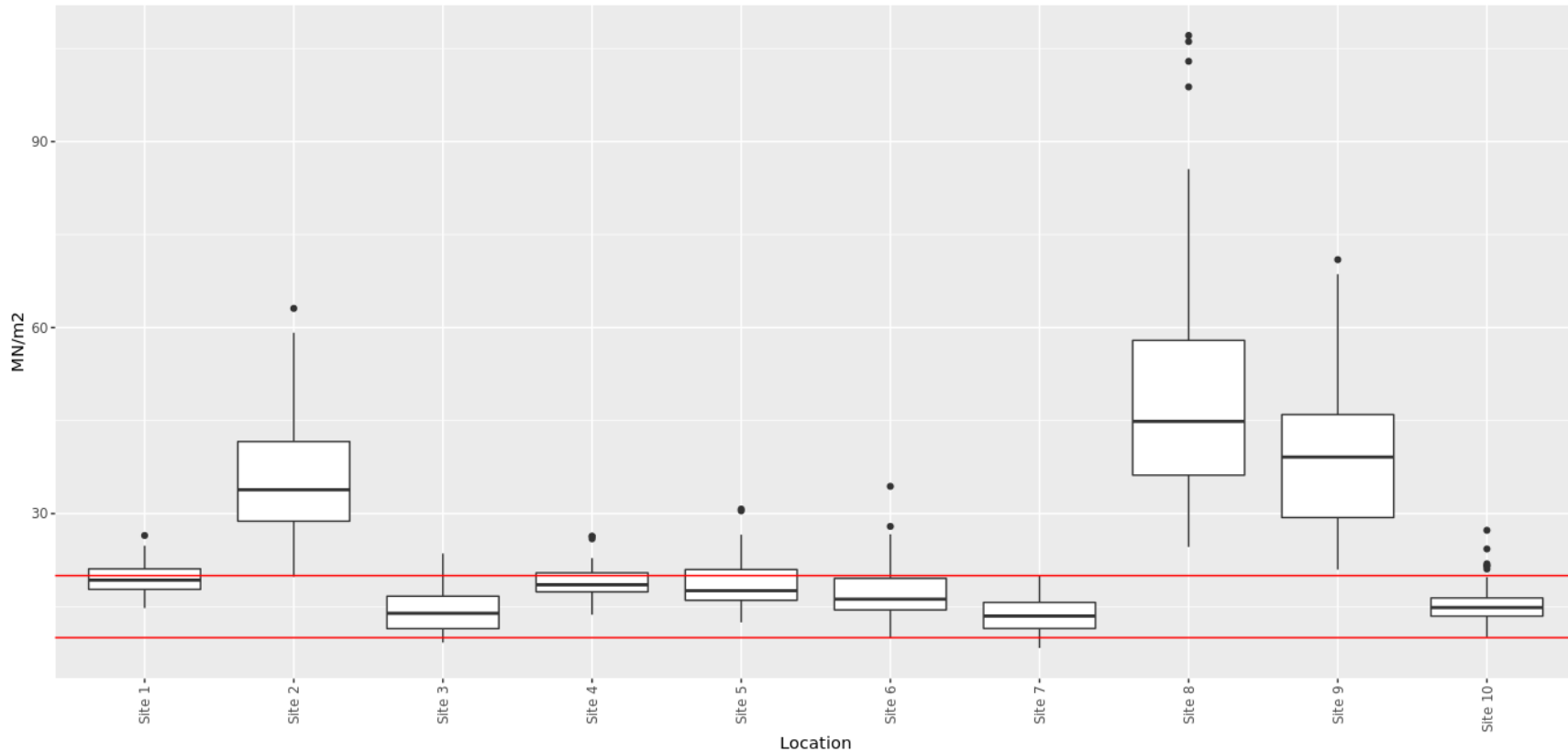
# Résultats – *résistance* (Evd)

Box plot Dynamic deflection modulus (Evd) - all arenas

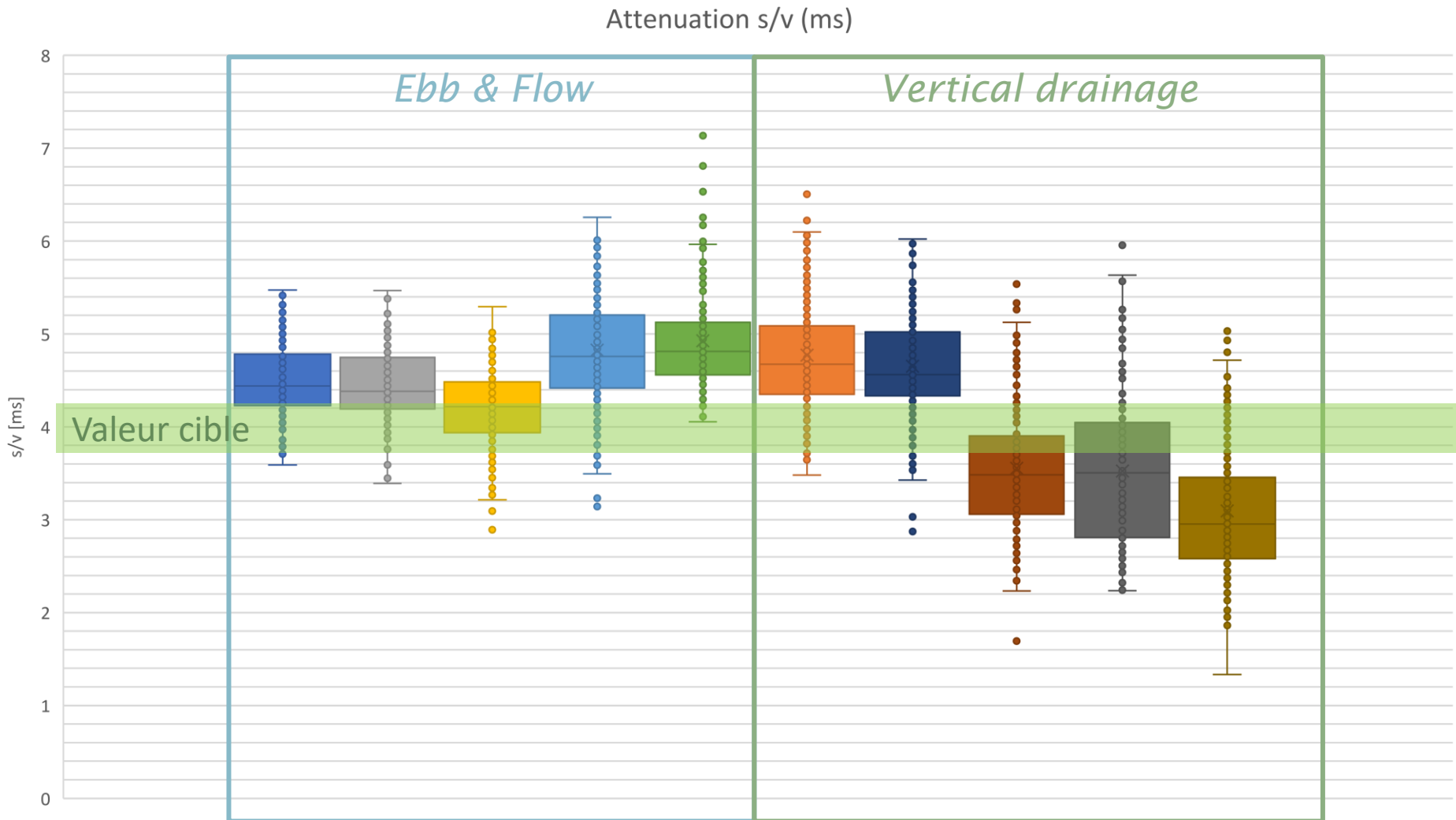


# Résultats – résistance

► Comparaison du module de déflexion dynamique pour 10 sites



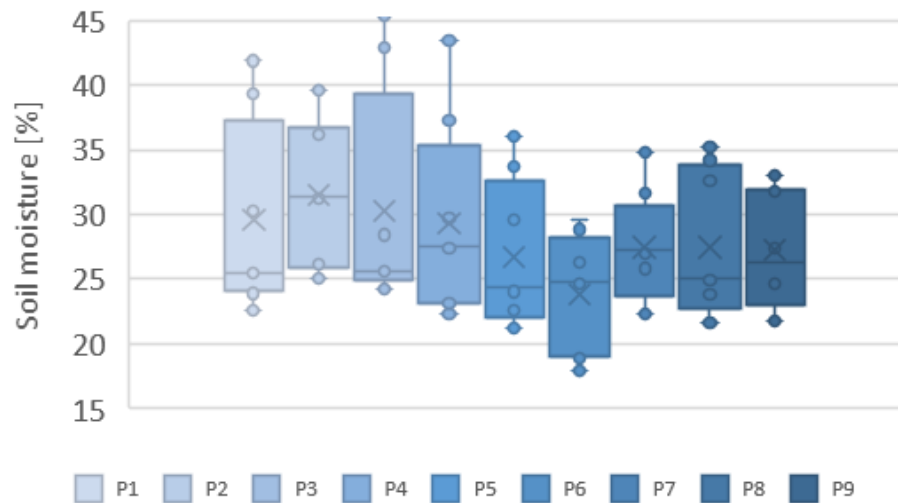
# Résultats – Atténuation (s/v)



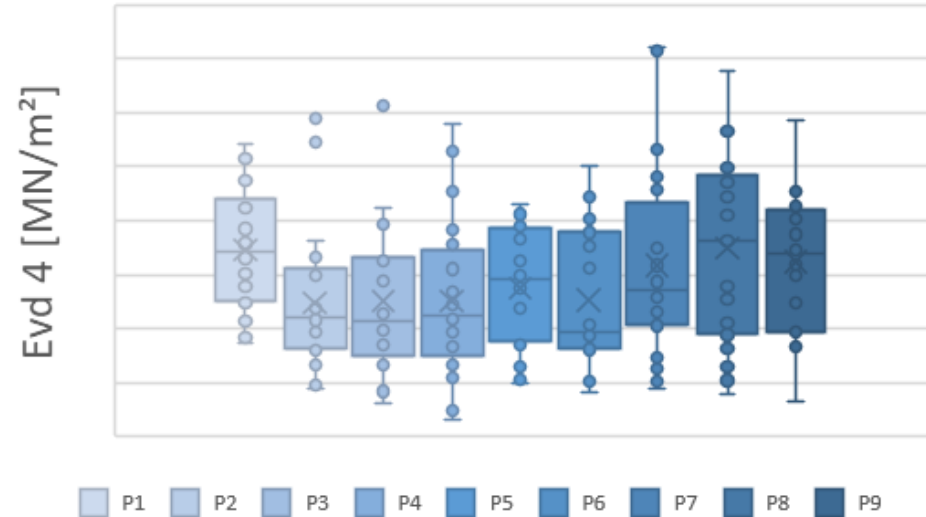


# Résultats - par point de mesure

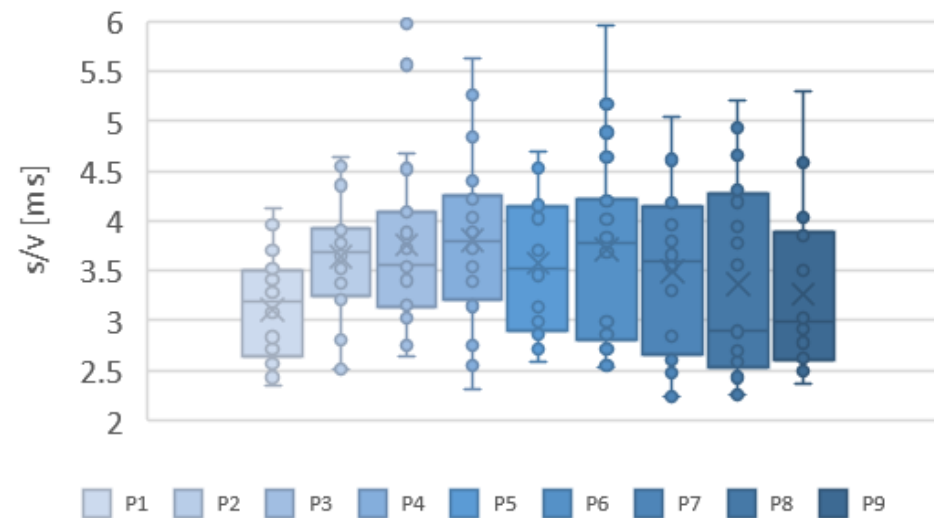
Schwyz - Soil moisture (%)



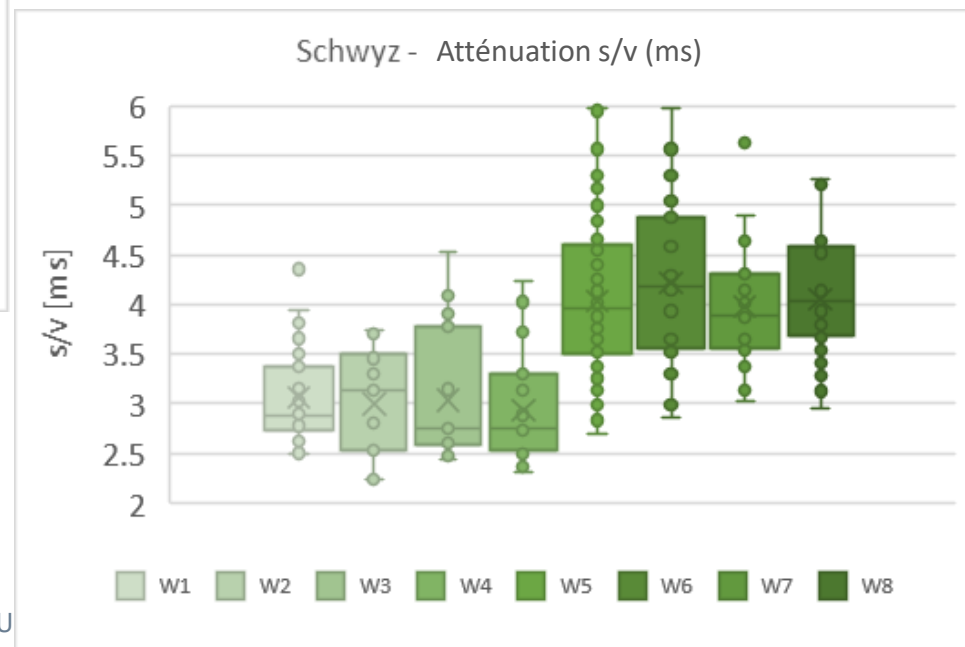
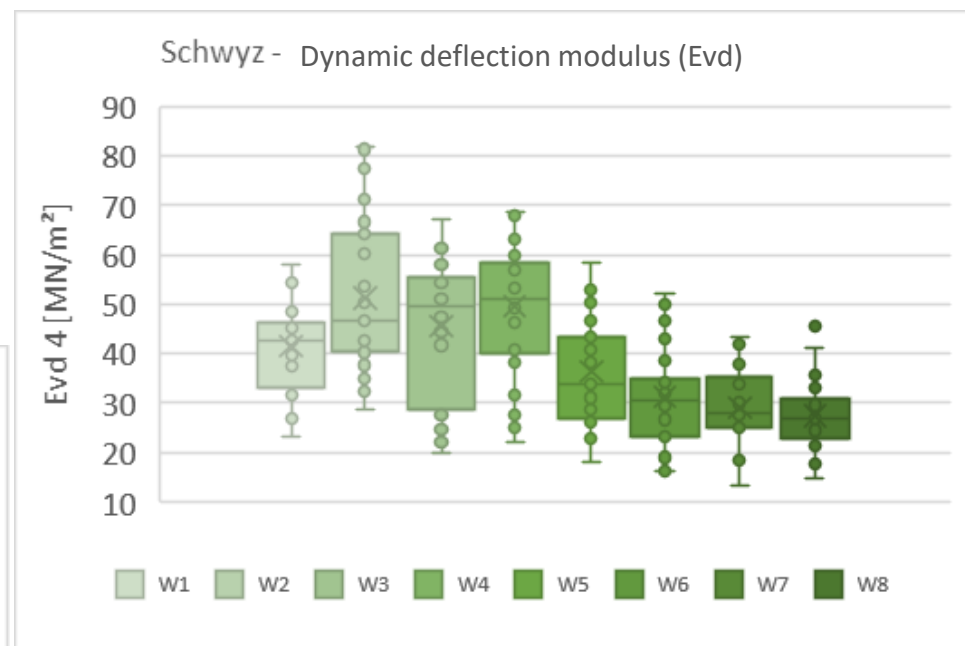
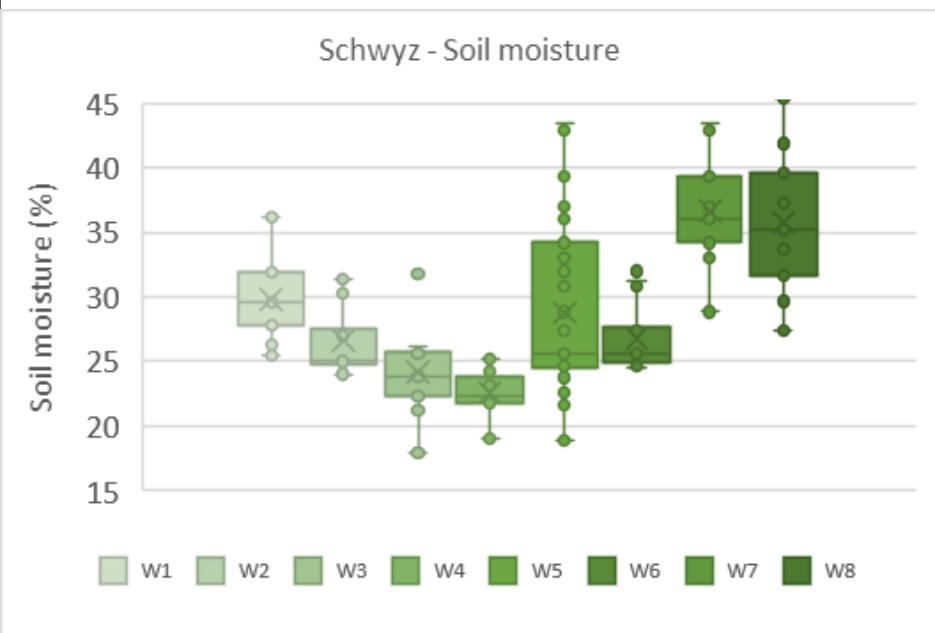
Schwyz - Dynamic deflection modulus (Evd)



Schwyz - Atténuation s/v (ms)

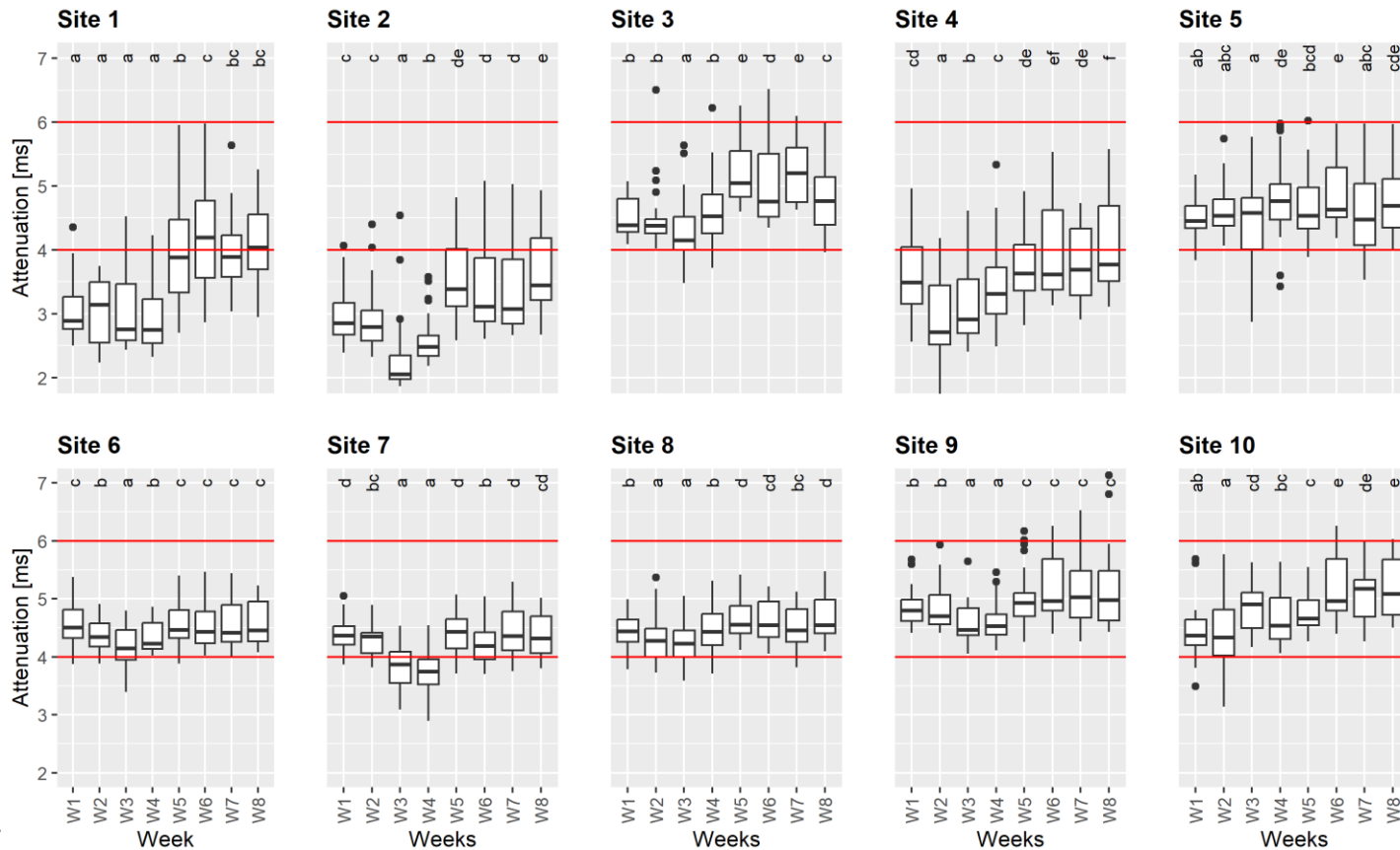


# Résultats - par semaine



# Évolution de l'atténuation

## ► Évolution de l'atténuation pendant 8 semaines pour 10 sites

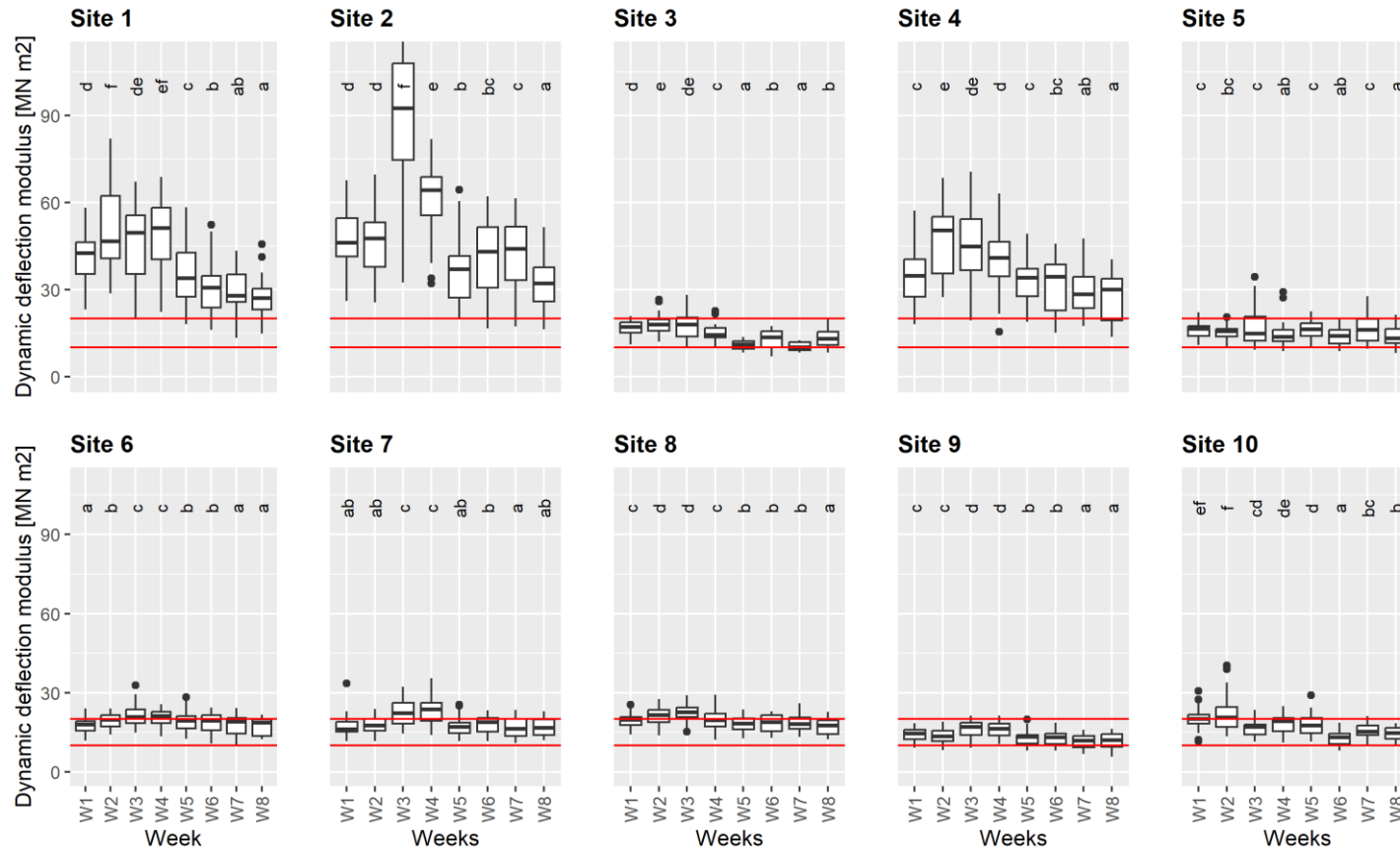


Site 1-5 =  
drainage  
vertical

Site 6-10 = sub-  
irrigation  
(flux-reflux)

# Évolution du module de déflexion dynamique

- ▶ Évolution du module de déflexion dynamique pendant 8 semaines pour 10 sites

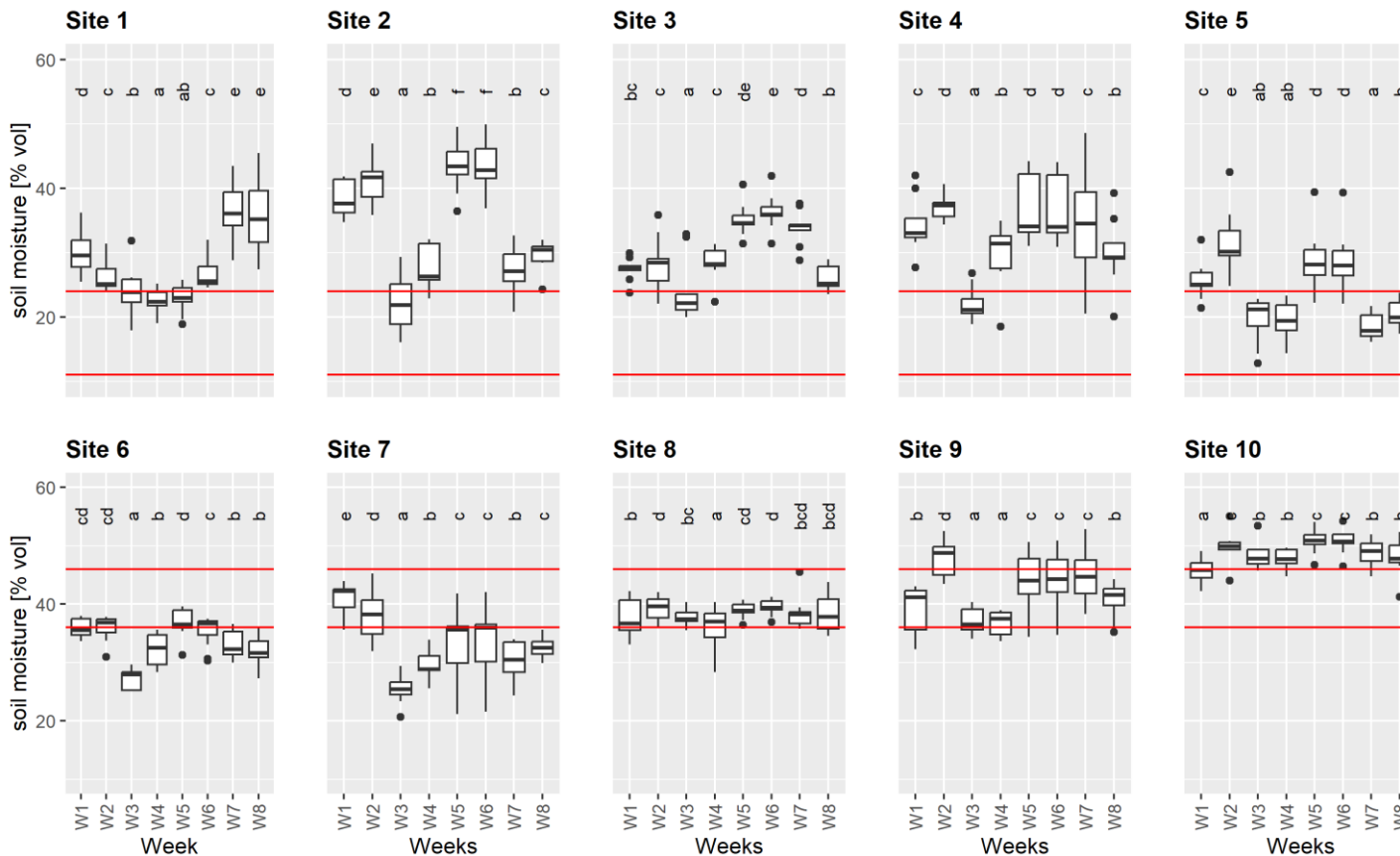


Site 1-5 =  
drainage  
vertical

Site 6-10 = sub-  
irrigation  
(flux-reflux)

# Evolution de l'humidité

## ► Evolution de l'humidité du sol pendant 8 semaines pour 10 sites

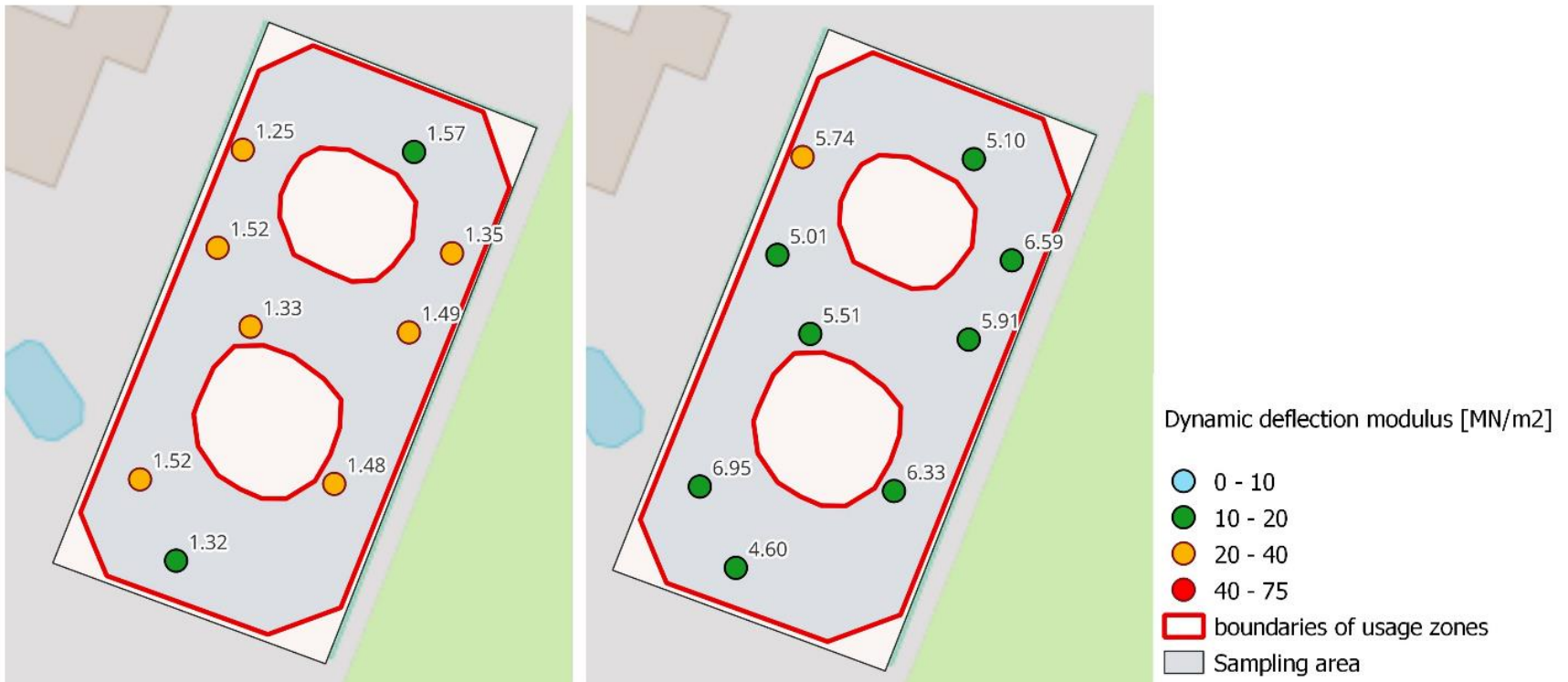


Site 1-5 =  
drainage  
vertical

Site 6-10 = sub-  
irrigation  
(flux-reflux)

# Résistance – Différences au sein d'un même terrain

## ► Module de déflexion dynamique et réactivité



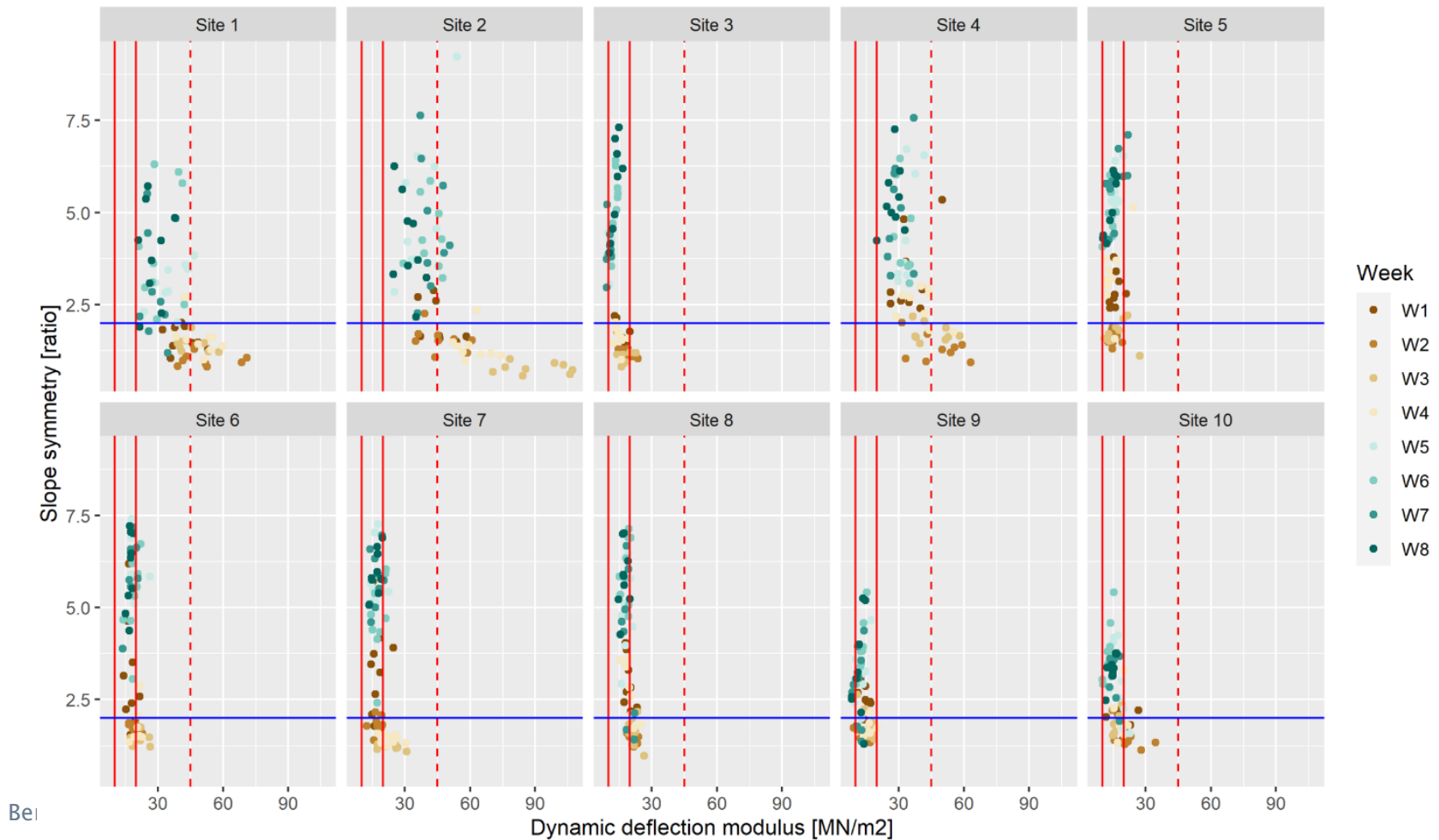
# Résistance – Différences au sein d'un même terrain

## ► Module de déflexion dynamique et réactivité



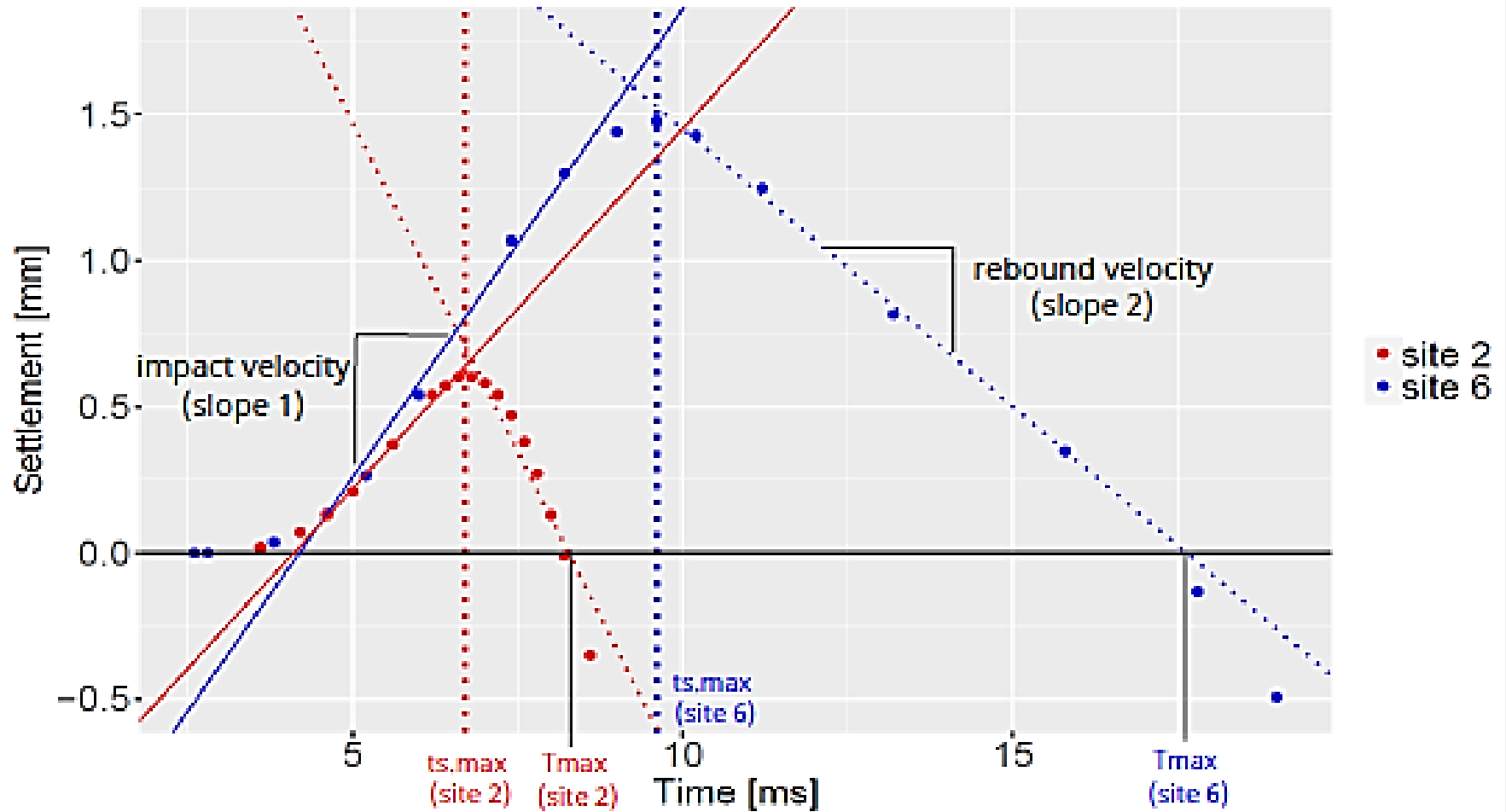
# Résistance – Différences au sein d'un même terrain

## ► Module de déflexion dynamique et réactivité





# Impact velocity / Rebound velocity



# Défectomètre léger – Conclusions du mémoire

- Différences extrêmement grandes entre les carrières
  - Dureté 8-80 MN/m<sup>2</sup>
  - Systèmes d'irrigation de type flux-reflux plus homogènes et stables que les carrières irriguées verticalement
- Absolument capital: composition du sable, agrégats, entretien et gestion dans le temps
  - Influence du fabricant → différences multifactorielles
- Intervalles de temps: différences significatives à divers endroits de la carrière et d'une semaine à l'autre
  - On peut influencer la qualité de l'équitation → management
- Défectomètre complété par d'autres instruments de mesure pour une représentation plus complète de la biomécanique complexe (adhérence, rotation)

# Discussion - Résultats



# Conclusion

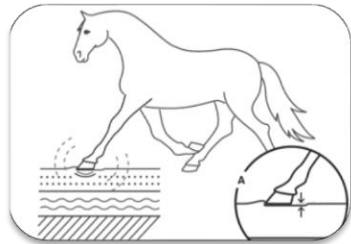
- Intervalles de temps: différences significatives à divers endroits de la carrière et d'une semaine à l'autre
  - On peut influencer la qualité de l'équitation → management
- Influence du fabricant → différences multifactorielles
- Déflectomètre complété par d'autres instruments de mesure pour une représentation plus complète de la biomécanique complexe (adhérence, rotation)
- Développement et évaluation de la méthodologie de l'élasticité

Merci pour votre attention !

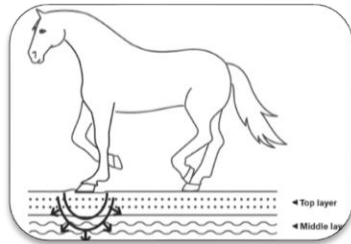


# À retenir

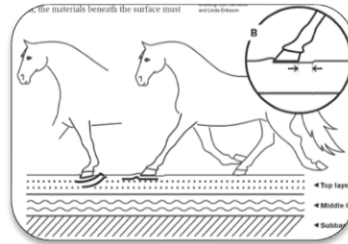
## ➤ Propriétés des sols équestres:



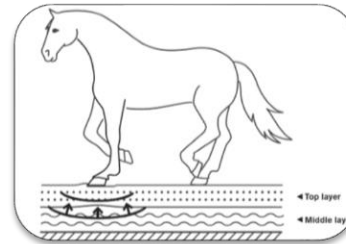
Impact Firmness /  
Dynamic deflection  
modulus



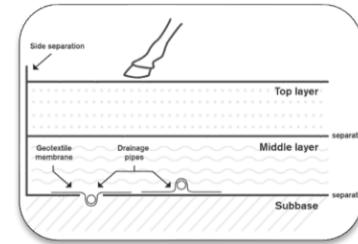
Cushioning /  
Attenuation



Grip



Responsiveness



Uniformity and  
Consistency

- Influence multifactorielle → gestion et entretien décisifs
- Couche de travail et de contact
- Pertinence du type de minéral, de la taille et forme du sable!
- Différents sols, très important pour chevaux sains → sensation du cavalier
- Des méthodes de mesure ont été développées, mais la biomécanique est très complexe!



Contents lists available at ScienceDirect

## Journal of Equine Veterinary Science

journal homepage: [www.j-evs.com](http://www.j-evs.com)



# Large Temporal Variations of Functional Properties of Outdoor Equestrian Arena Surfaces and a New Concept of Evaluating Reactivity With Light Weight Deflectometer Settlement Curves



Conny Herholz\*, Janina Siegwart, Madlene Nussbaum, Michael Hans-Peter Studer, Stéphane Burgos

Agriculture, Equine Science and Soil Use and Conservation, Bern University of Applied Sciences, School of Agricultural, Forest and Food Sciences (HAFL)  
Länggasse 85, Zollikofen, Switzerland

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 22 March 2023

Received in revised form 10 August 2023

Accepted 15 August 2023

Available online 18 August 2023

#### Keywords:

Equestrian surface

Mechanical surface property

Temporal variation

Reactivity concept

### ABSTRACT

Sports physiological properties of ten sand or sand-mineral outdoor arenas, five with vertical drainage systems and five with an ebb and flow like system were assessed over a period of 8 weeks. For each arena, the riding zone was spatially delineated, nine locations at medium to intensely used zones were selected by simple random sampling and used along the whole measurement period. A total of 72 values for the dynamic deflection modulus ( $E_{vd}$ ), attenuation ( $s/v$ ), settlement ( $s$ ) and moisture content (Vol %) were analyzed for each arena. A novel technique to analyze the settlement curves of the light weight deflectometer (LWD) to describe reactivity of the footing surface was introduced. Statistical testing was done by linear mixed models. Three of the five arenas with a vertical watering system were judged to be hard ( $E_{vd} > 20 \text{ MN/m}^2$ ), whereas all five arenas with an ebb and flow like watering systems were medium hard ( $E_{vd} = 10\text{--}20 \text{ MN/m}^2$ ) over the entire 8 weeks. Significant ( $P < .01$ ) temporal differences in  $E_{vd}$ ,  $s/v$  and moisture were demonstrated for both watering systems; however, the spatial and temporal variations were much lower with the ebb-flow system. Temporal consistency in the parameters over the test weeks appeared to be a criterion for stability of the arena surface. The analysis of the settlement curves of the LWD showed that the slope symmetry has a large potential to describe the restoration of the energy of an equestrian surface than only the settlement, which requires further validation.

© 2023 The Authors. Published by Elsevier Inc.

This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)