



# Application of SlideforNET (new), SlideforMAP and BankforMAP

Schwarz M., Cohen D., May D., Vuaridel M.

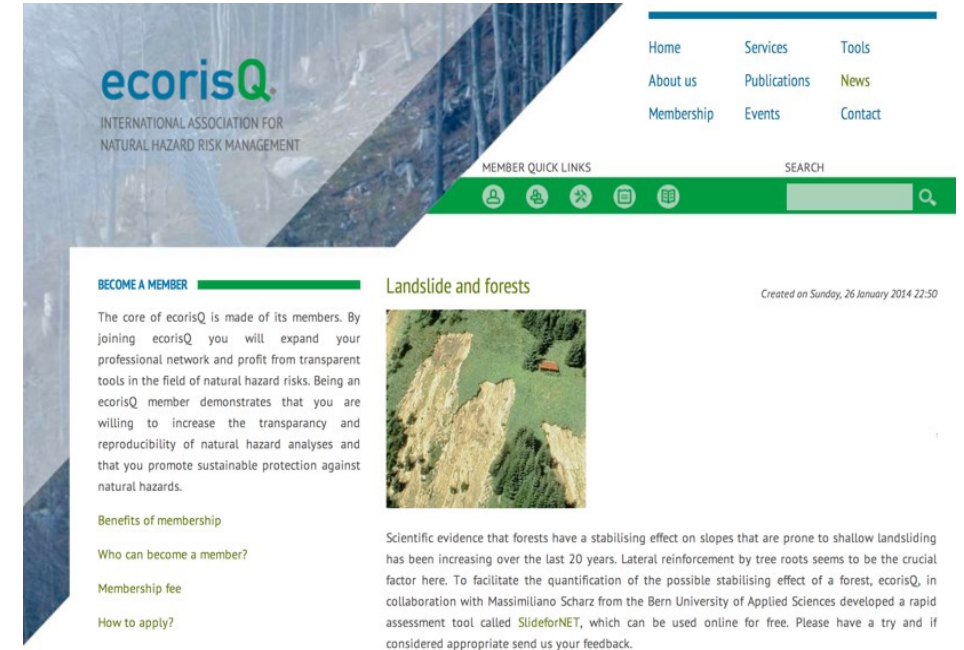
► GA EcorisQ, Bolzano

**ecorisQ.**  
International association for natural hazard risk management  
[www.ecorisq.org](http://www.ecorisq.org)

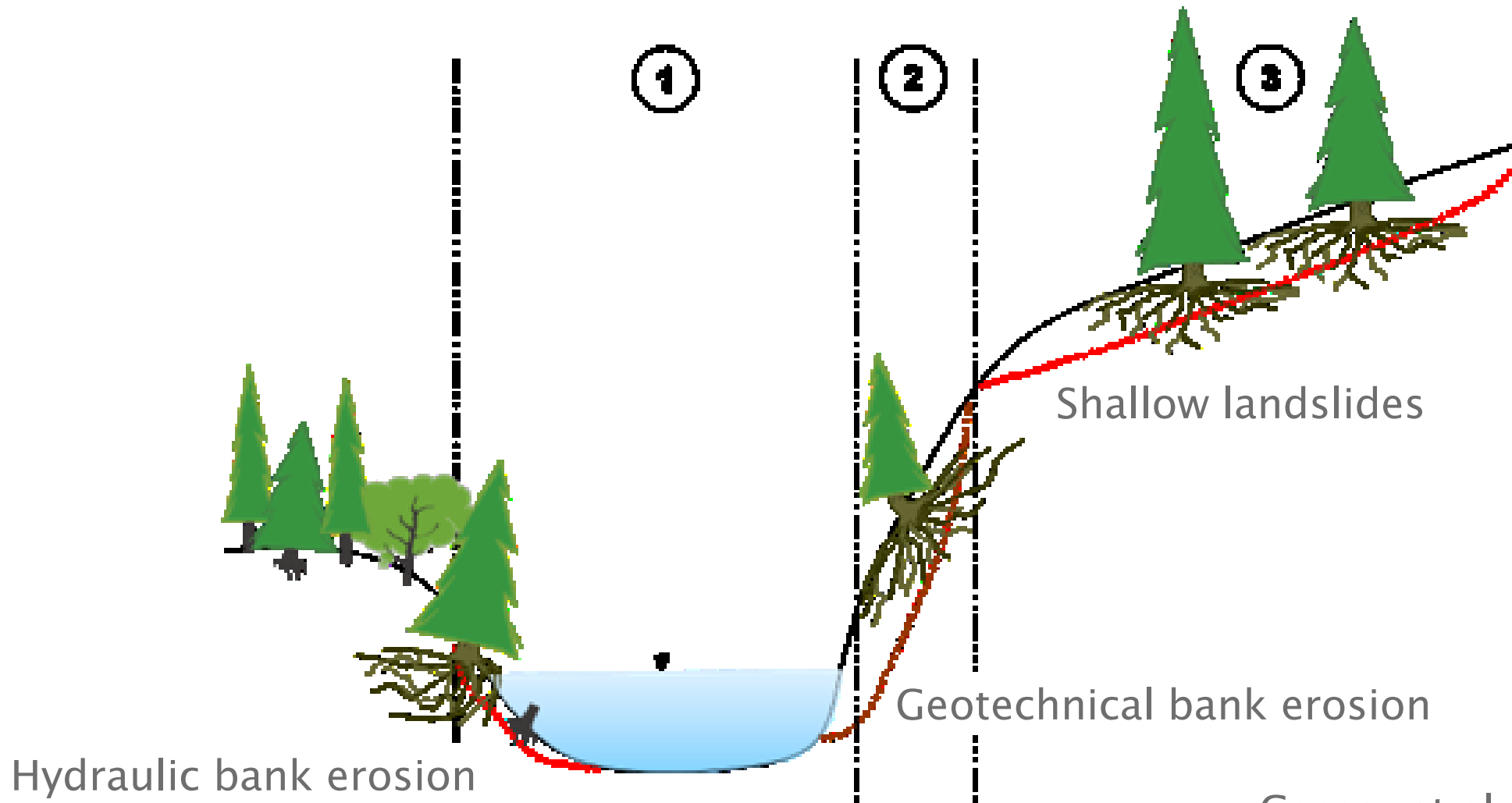
02.05.2023

# Contents

- ▶ 1. Overview of Tools and practical applications: some case studies
- ▶ 2. Definition of silvicultural measures at stand scale: Pradiron (CH) -> **new SlideforNET**
- ▶ 3. Mitigation of risks due to large wood transport: case study of the Serine (CH) -> **SlideforMAP + BankforMAP**



# Processes on focus



Gasser et al., 2019, ESR

# 1. Tools and practical applications

## Single tree – Stand scale

- ▶ Slidefor**NET**
- ▶ Bankfor**NET**

## Slope/stream unit scale

- ▶ SOSlope/SlideForce
- ▶ Bankfor**MAP**

## Catchment scale

- ▶ Slidefor**MAP**
- ▶ Bankfor**MAP**

## Regional scale

- ▶ Slidefor**MAP**
- ▶ Bankfor**MAP**



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

- ▶ How much is the **stabilization effect of a forest stand**?
- ▶ What needs to be done to guarantee the **sustainable long-term protective effect**?





## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

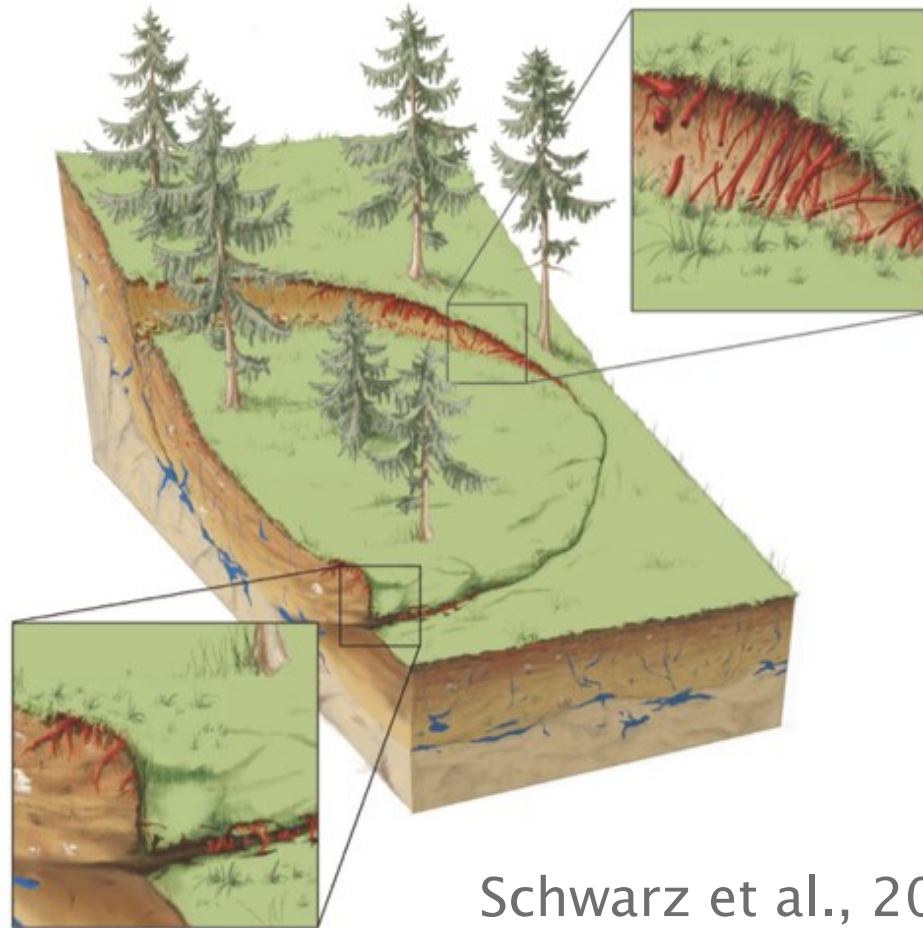
- ▶ How much is the **stabilization effect of a forest stand**?
- ▶ What needs to be done to guarantee the **sustainable long-term protective effect**?



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

Schwarz et al., 2010, Ecol.Eng.

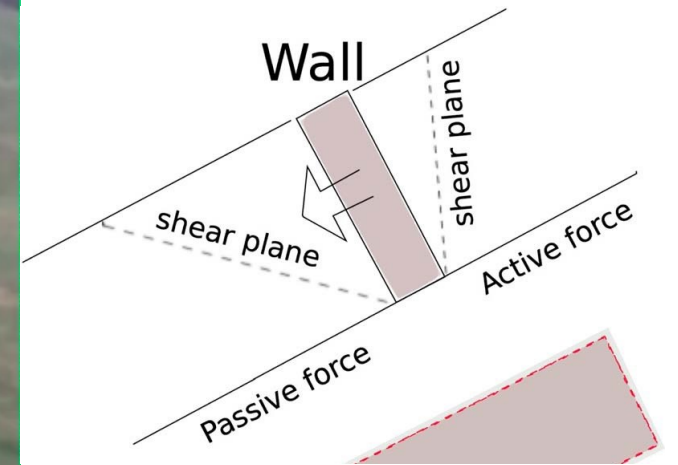
$$SF = \frac{A_{bas.} + F_{lat.veg.}}{F_{par.}}$$



Schwarz et al., 2015, JGR



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures



Schwarz et al., 2015, JGR



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

<https://dev.slidefornet.cosci-llc.com/>

SlideforNETWeb by **ecorisQ**

Input Output Landslide Probability Basal Root Reinforcement Landslide Thickness Stand State Diagram

Slope Characteristics

Mean Gradient of Slope	Saturated Soil Thickness
<input type="text" value="37"/> deg	<input type="text" value="0.1"/> m
Aspect	Elevation
<input type="text" value="60"/> deg	<input type="text" value="1420"/> m
Time needed for tree to reach 1.3 m height	
<input type="text" value="30"/> year	

Soil Thickness	Mean	std. dev.
	<input type="text" value="0.7"/> m	<input type="text" value="0.1"/> m



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

Soil Parameters

Silty sand (SM) ▾

	Mean	std. dev	Partial Safety Factor
Cohesion [kPa]	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>
Friction Angle [deg]	<input type="text" value="34"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="1"/>
Dry Density [km/m^3]	<input type="text" value="1150"/>	<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="1"/>

van Genuchten alpha parameter related to the inverse of the air entry suction

kPa<sup>-1</sup>

van Genuchten n parameter related to the pore-size distribution

-



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

SlideforNETWeb by **ecorisQ**.

Input

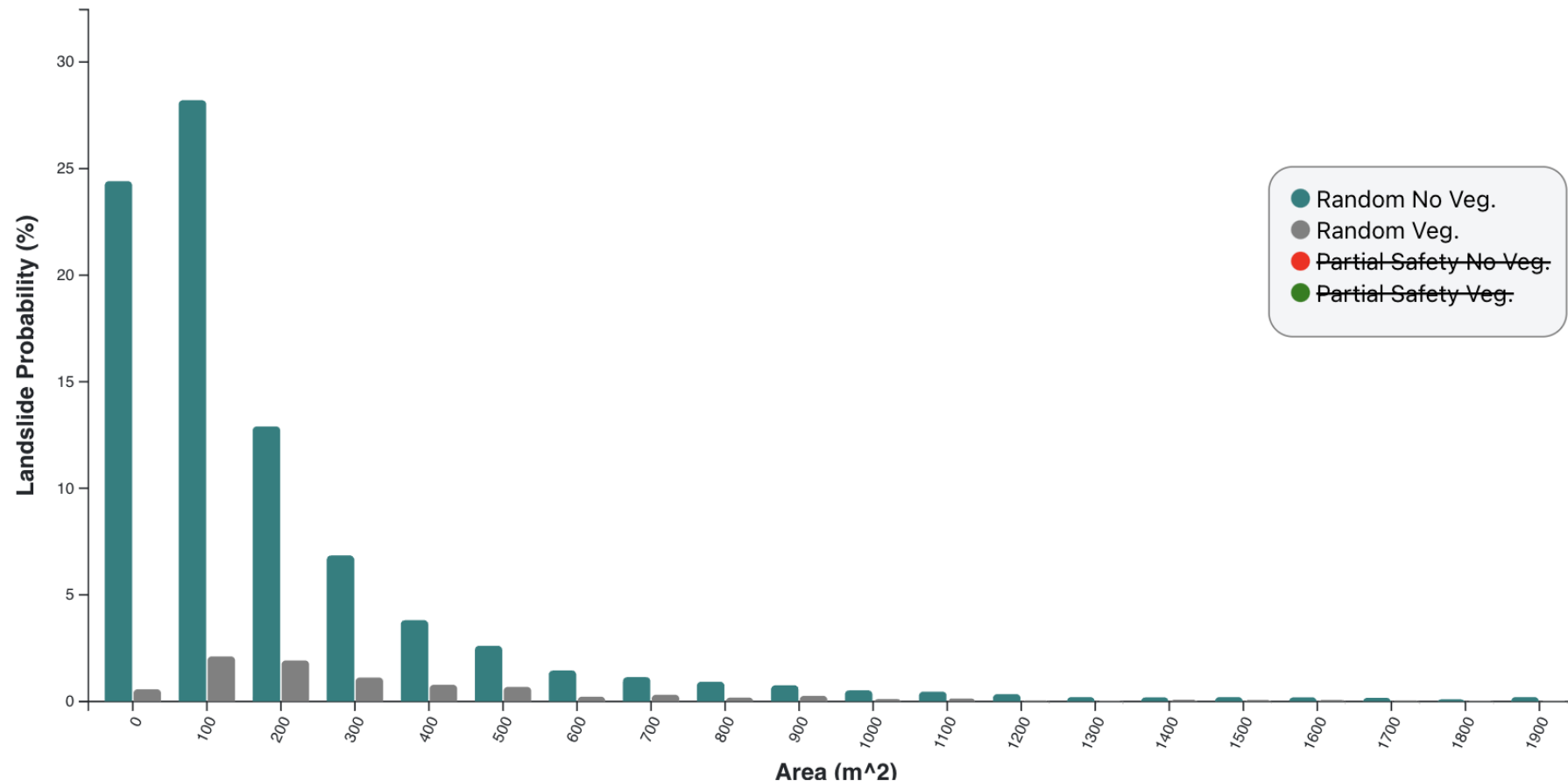
Output

Landslide Probability

Basal Root Reinforcement

Landslide Thickness

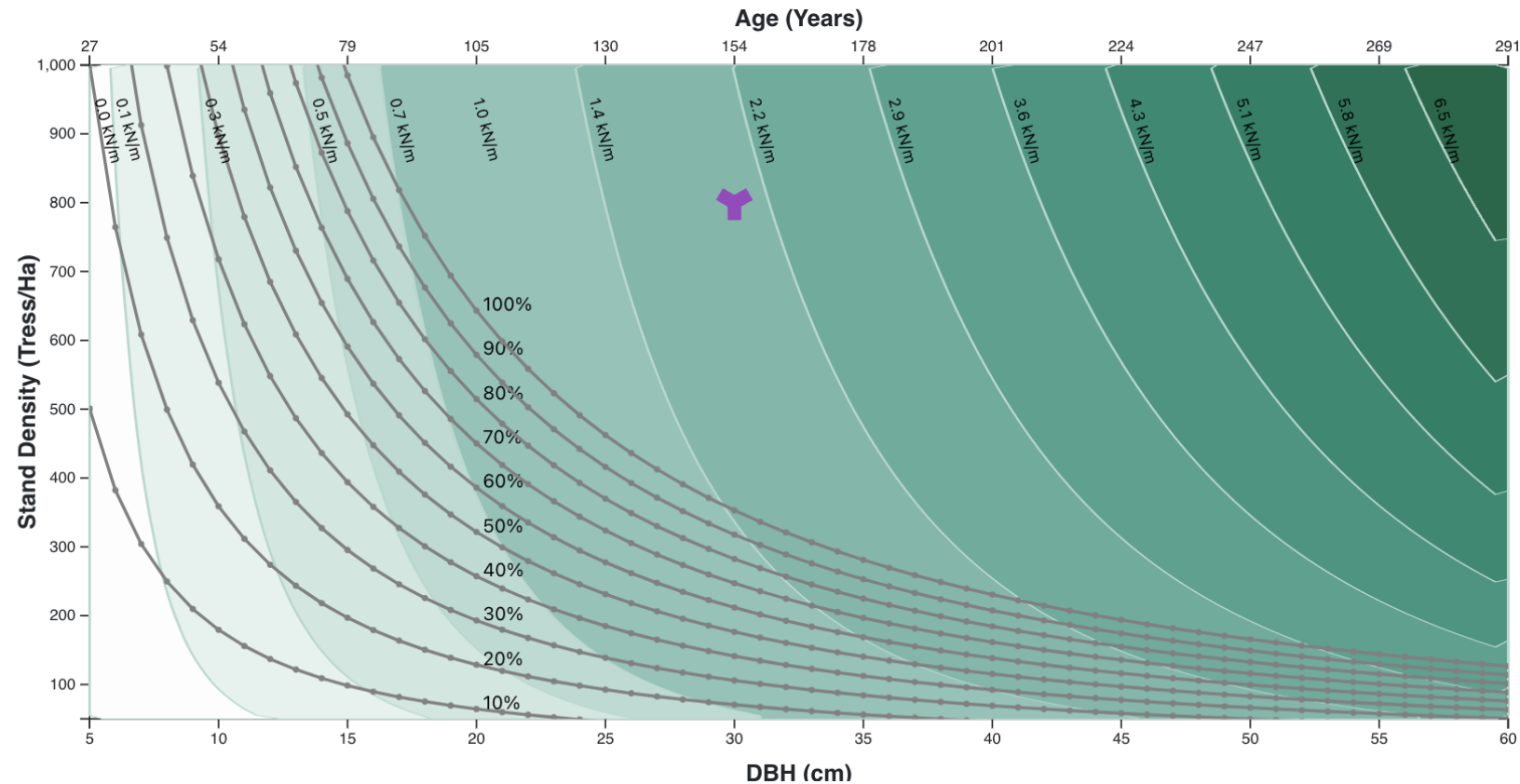
Stand State Diagram



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

SlideforNETWeb by **ecorisQ**

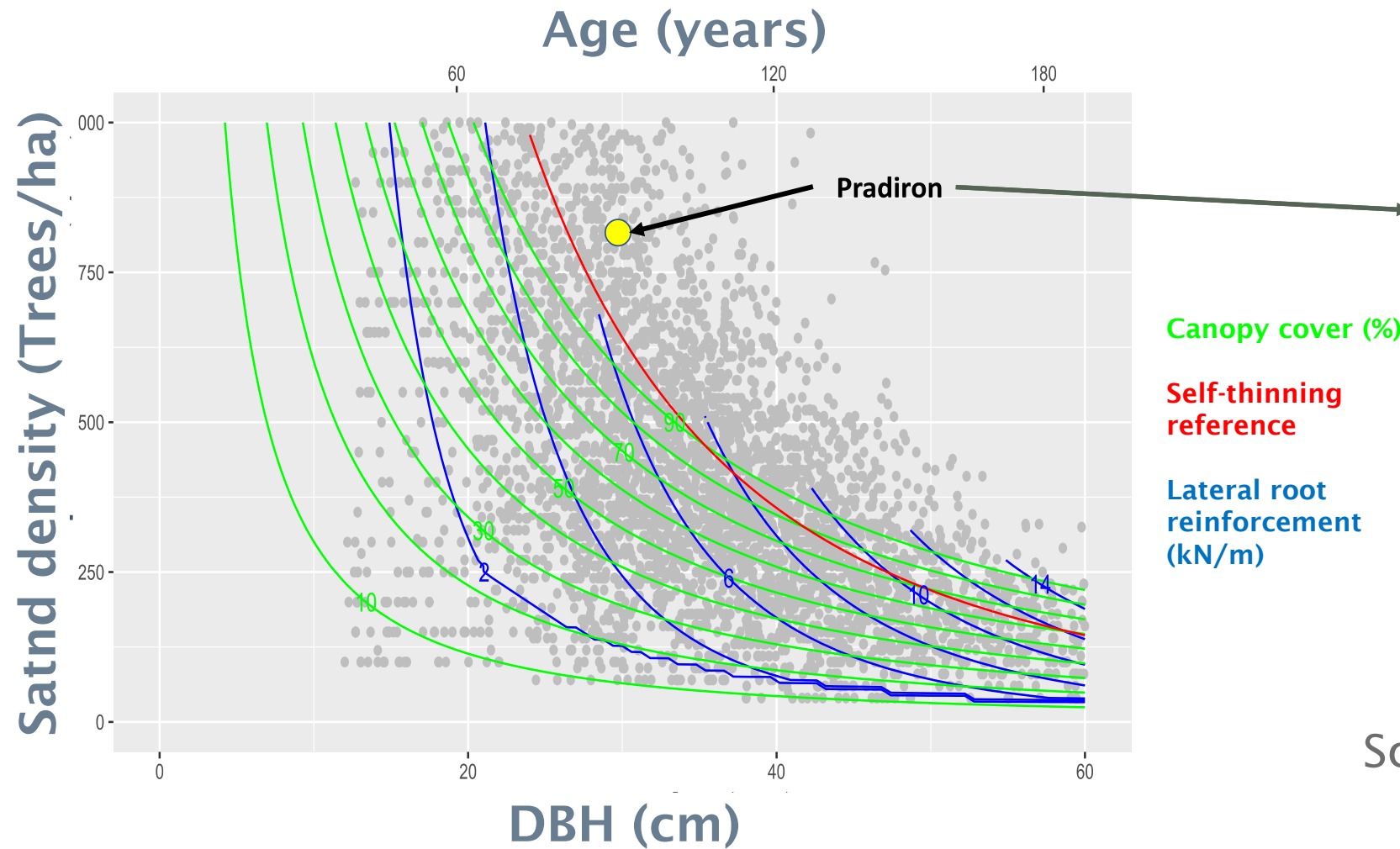
Input   Output   Landslide Probability   Basal Root Reinforcement   Landslide Thickness   Stand State Diagram



Schwarz & May, 2022, BFH report

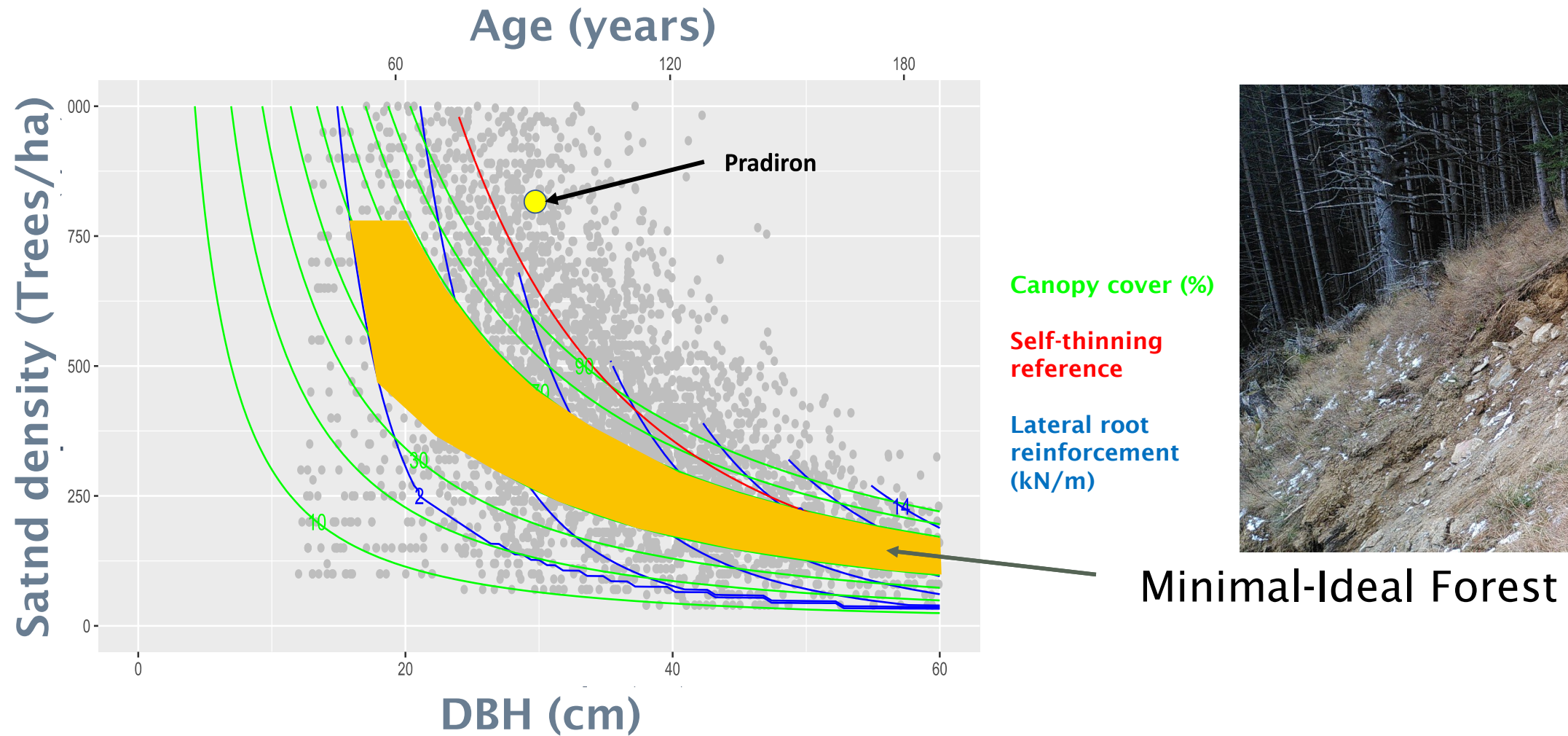


## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures



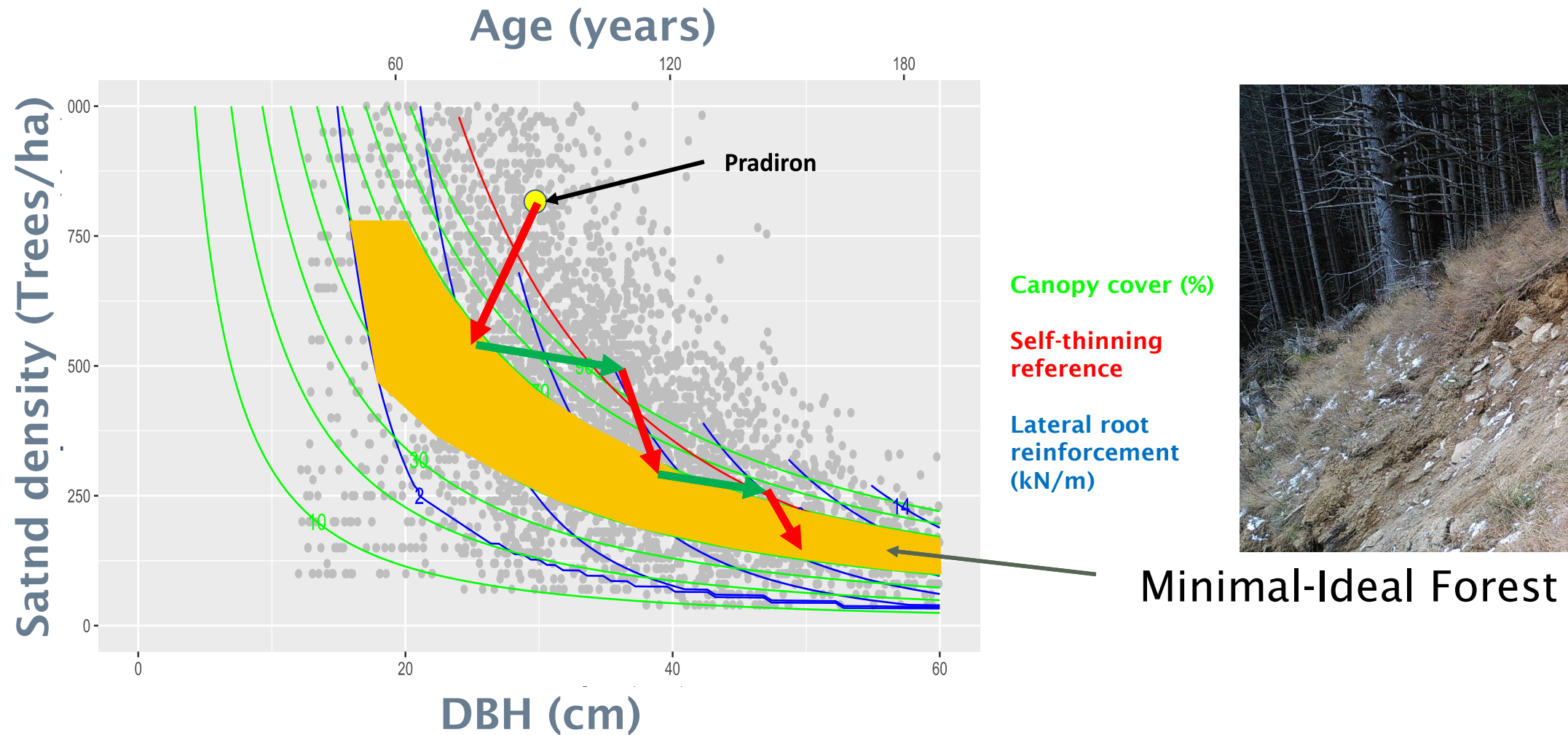
Schwarz, 2023, BFH report

## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures

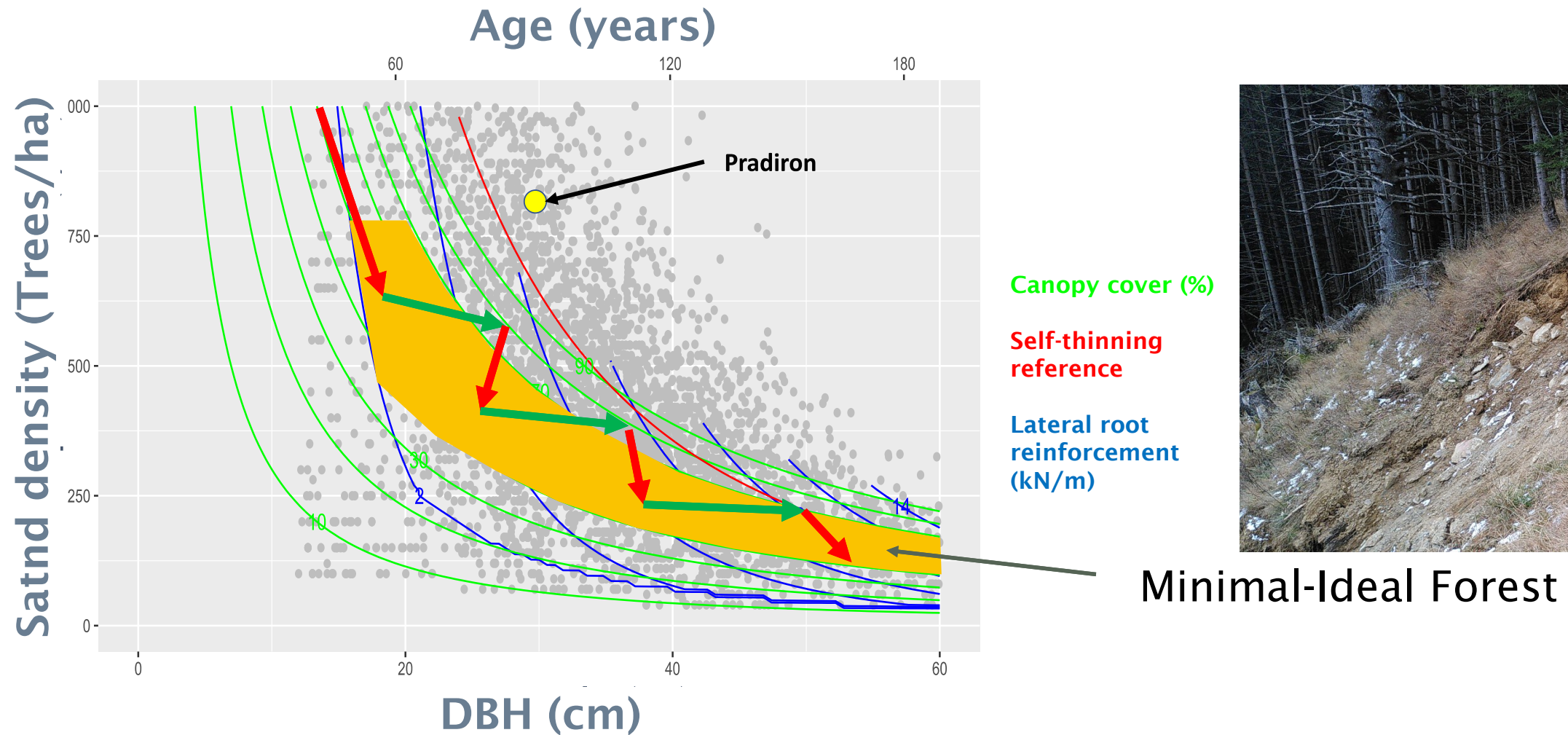




## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures



## 2. SlideforNET: Evaluation of silvicultural measures





### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris





### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

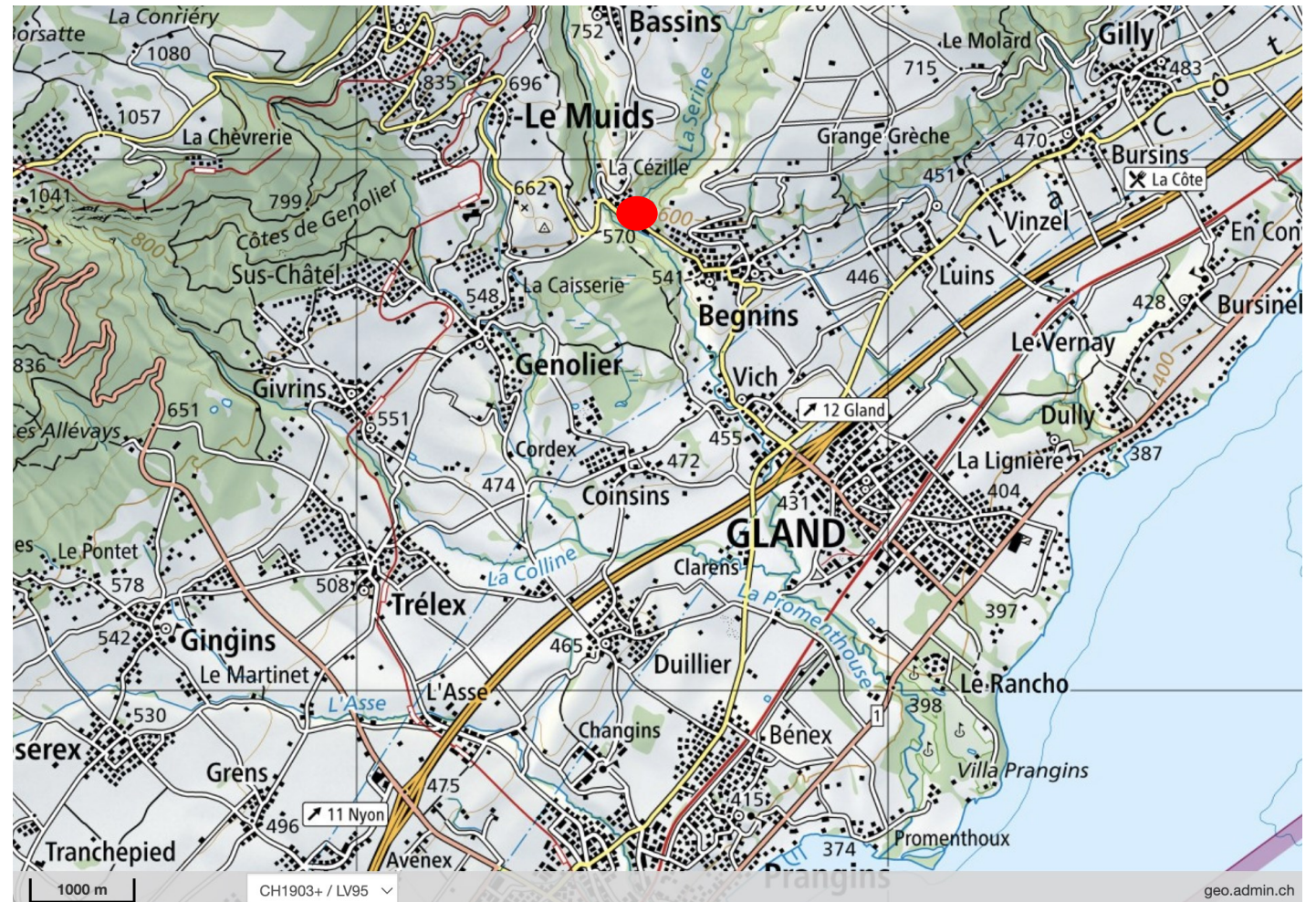
- **Regional scale:** Which are the catchment with the highest risks due to large wood (LW)?





### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

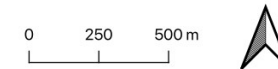
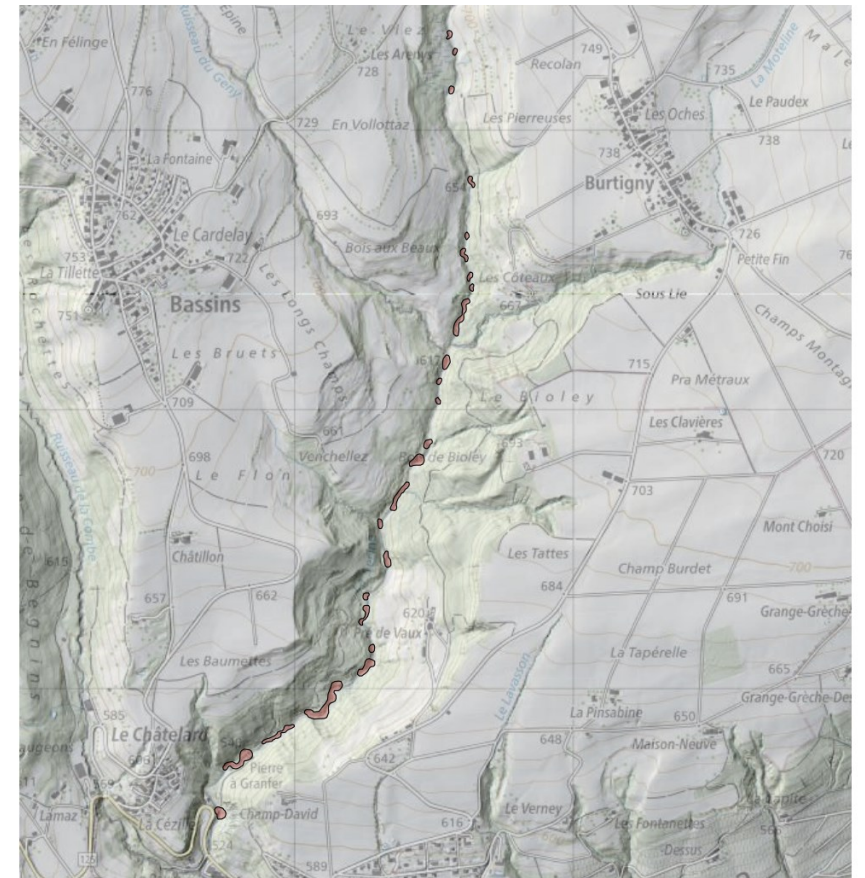
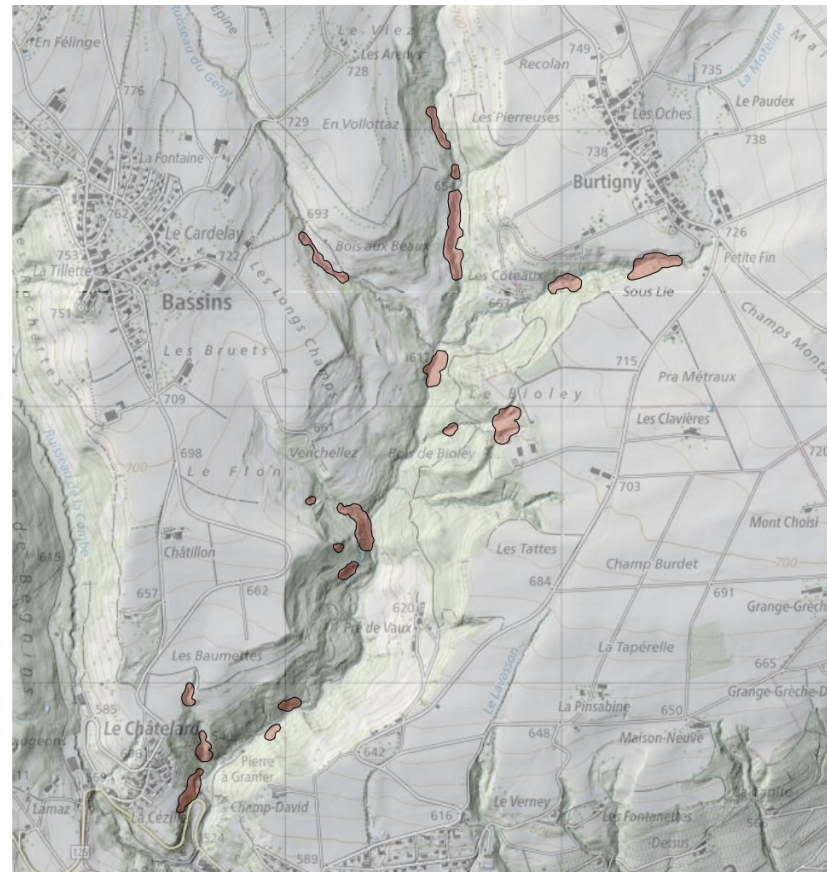
- ▶ **Regional scale:** Which are the catchment with the highest risks due to large wood (LW)?
- ▶ **Catchment scale:** Which are the sources of LW?





### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

- ▶ Source of LW due to hydraulic bank erosion -> **BankforMAP** (right)
- ▶ Source of LW due to shallow landslides and geotechnical bank erosion -> **SlideforMAP** (left)

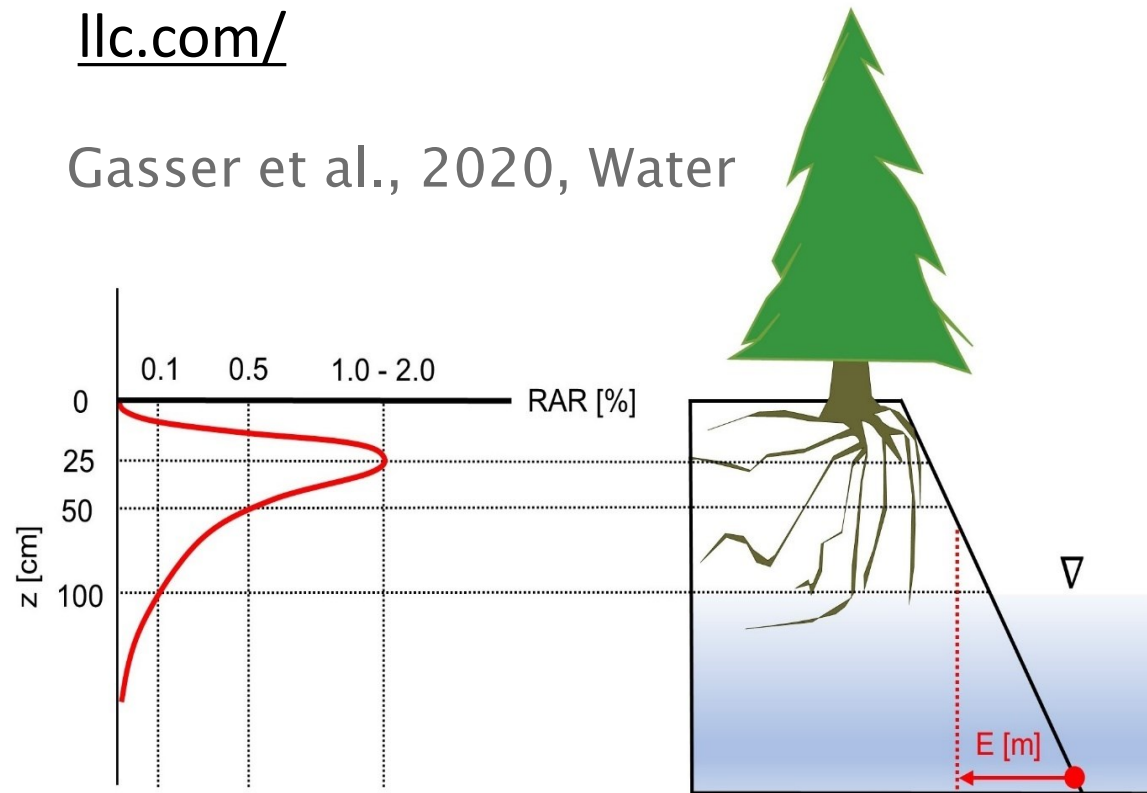




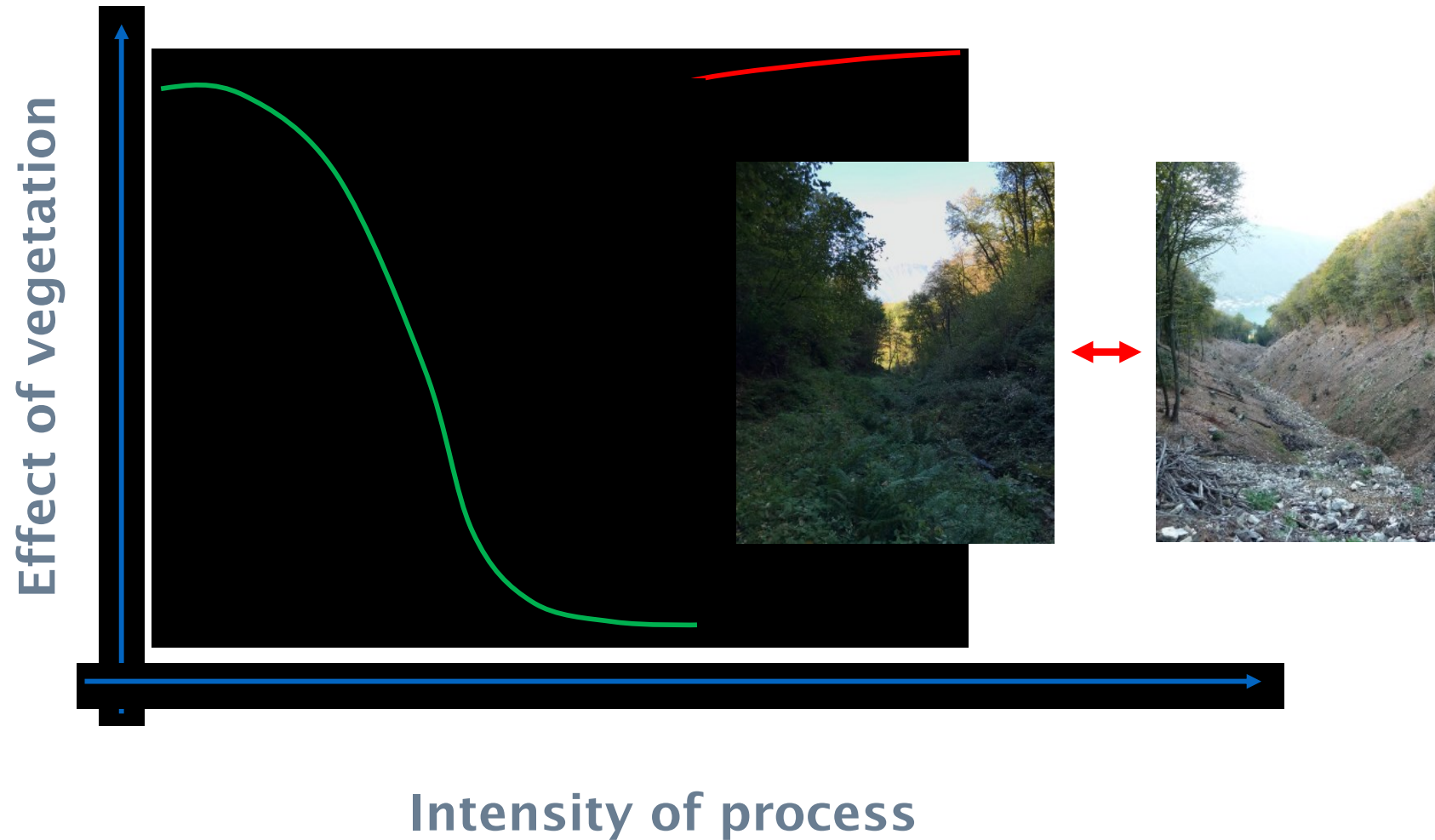
### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

<https://bankfornet.cosci-llc.com/>

Gasser et al., 2020, Water

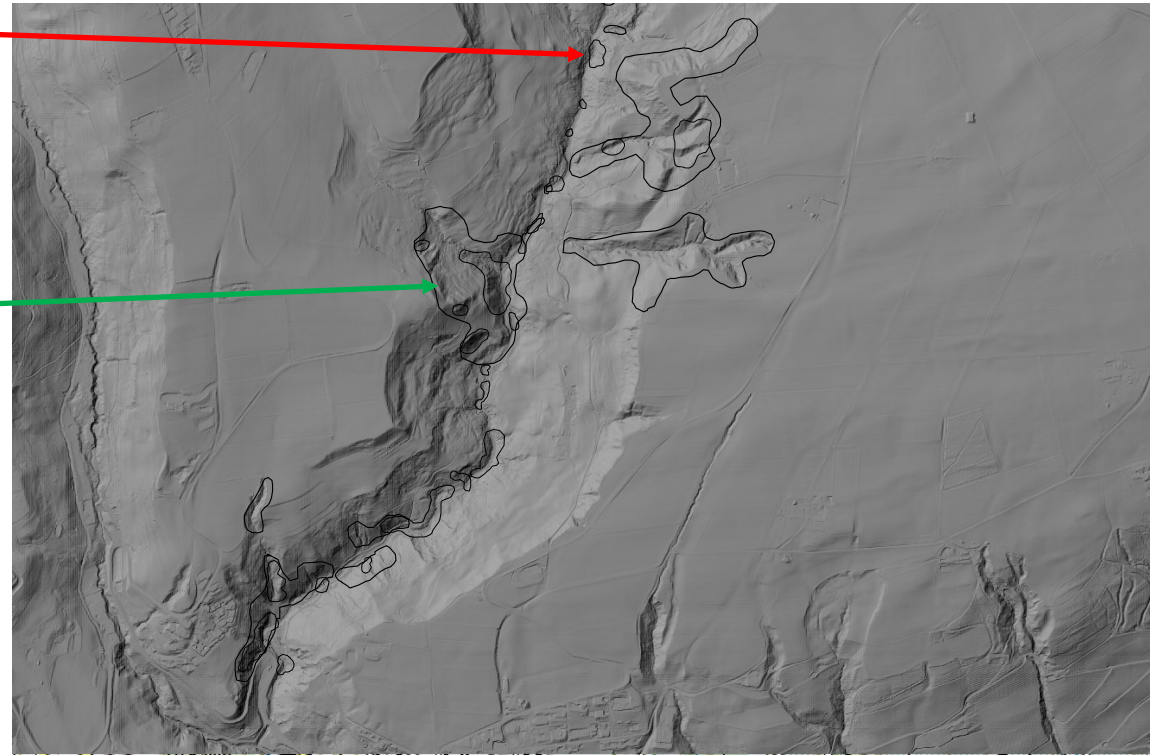


### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

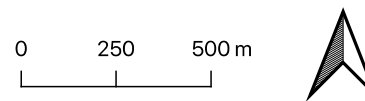


### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

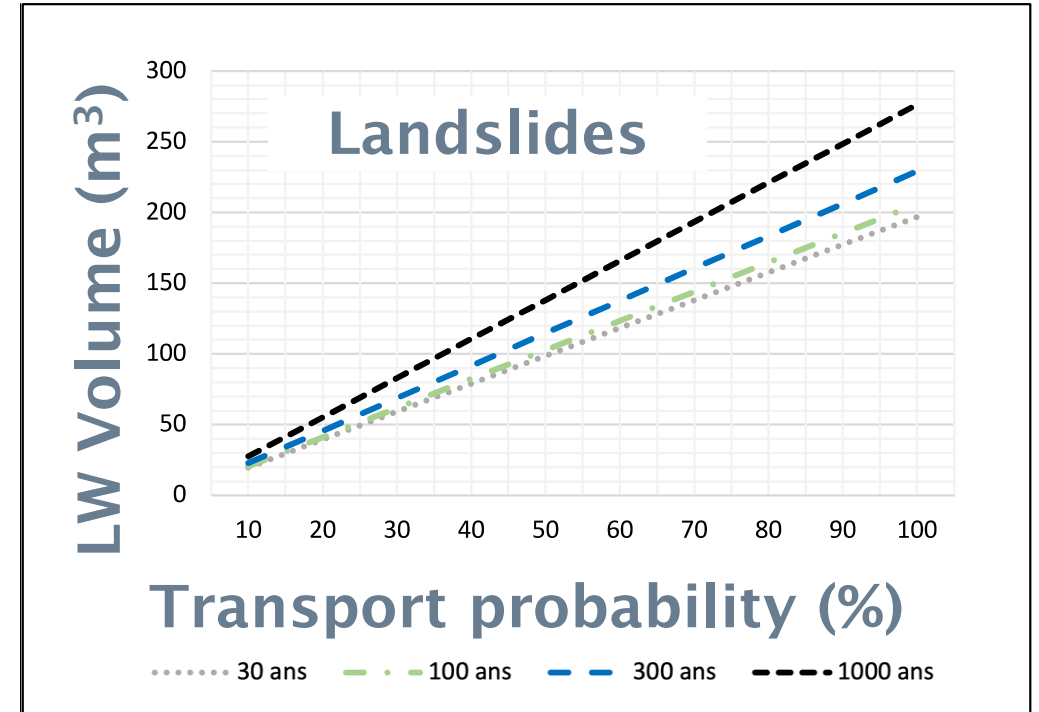
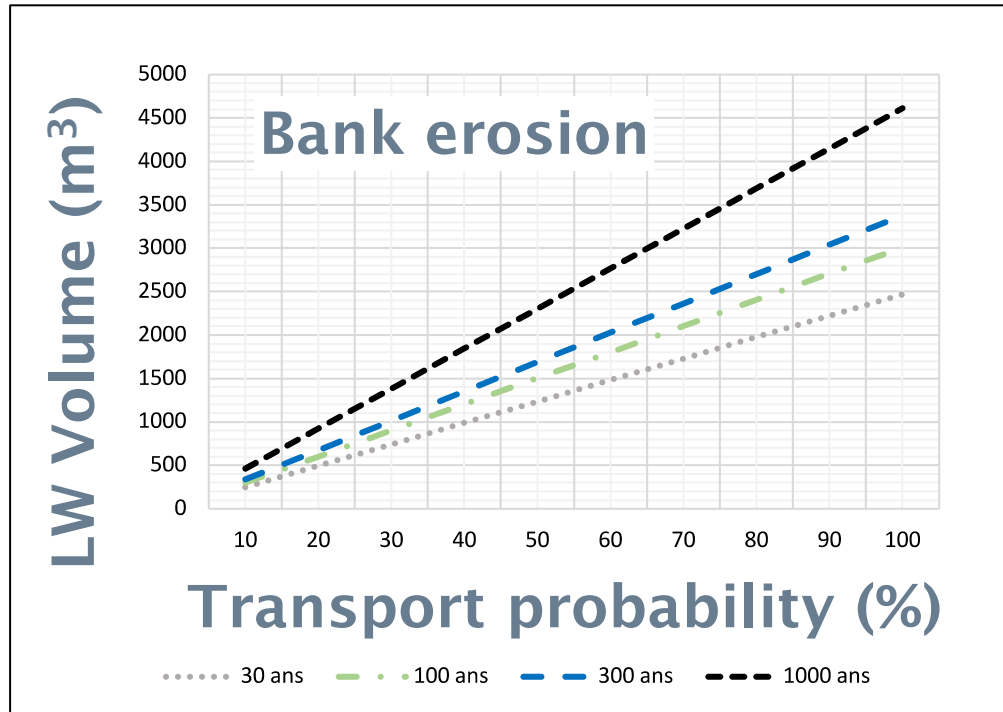
- ▶ Where are the **sources of large wood** (and sediments)?
- ▶ Which forest stands have an indirect **protective functions**?
- ▶ How should **silvicultural interventions be prioritized** to reduce risks?



Vuaridel et al., 2023, BFH report



### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris





### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

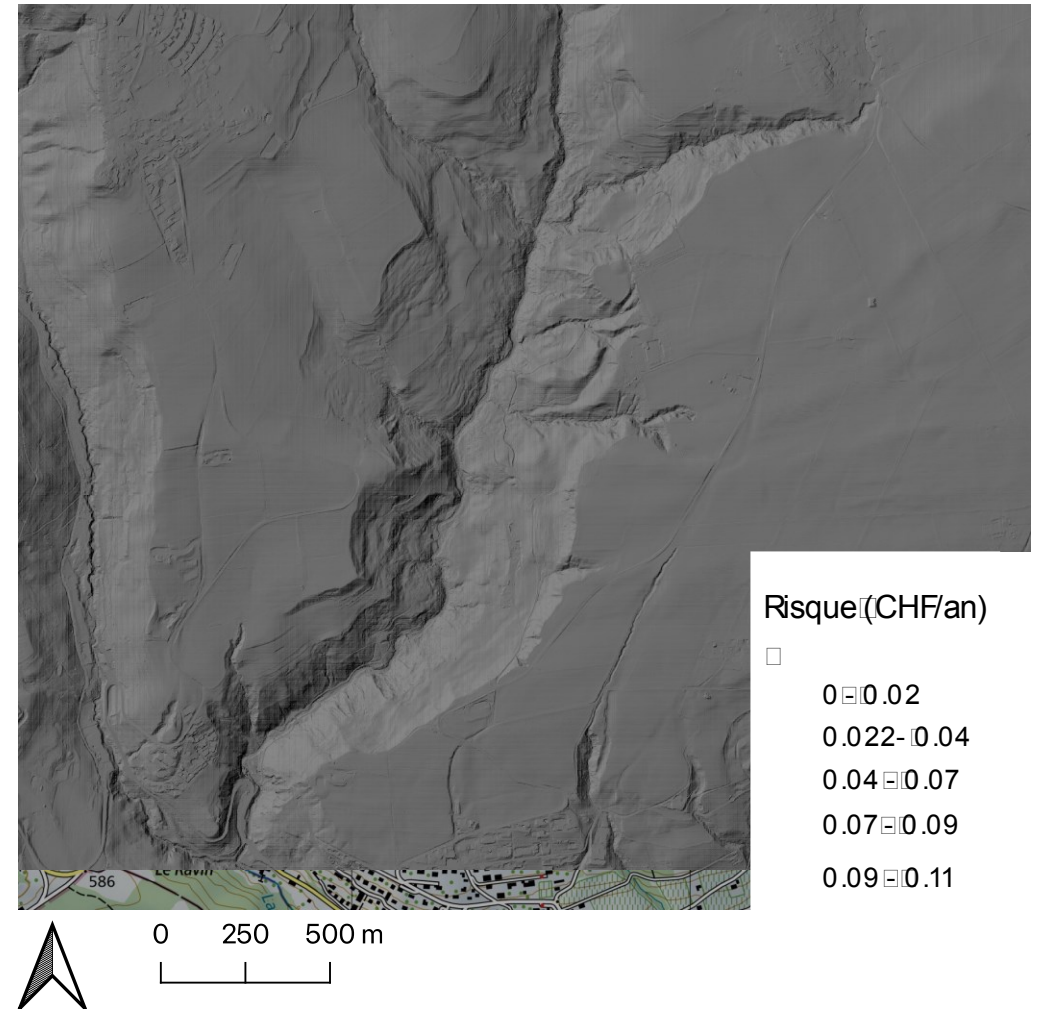
#### Vulnerability Matrix

Matrice de la vulnérabilité des types d'objets en fonction de l'intensité			
Infrastructures	Dommages [CHF]		
	Faible	Moyenne	Forte
Pont sans infrastructures	50'000	62'500	425'000
Pont avec quelques infrastructures / Pont ferroviaire	300'000	500'000	2'750'000
Pont avec village	1'250'000	3'500'000	7'500'000
Pont avec ville	15'500'000	32'500'000	55'000'000

Bögli, 2022, BSc Thesis

### 3. SlideforMAP+BankforMAP: Management of forests along channels for the mitigation of risks due to large wood debris

- ▶ At catchment scale, we combined the use of SlideforMAP and BankforMAP to **define the source areas** of LW within the catchment and the **risk** associated to each source area.
- ▶ Based on the values of risk associated to each source area it is possible to **prioritize the silvicultural interventions**, considering both the risk and the protective effects of vegetation



## Thanks for your attention!

- ▶ Bögli A. (2022). Méthodologie d'estimation des risques liés au bois flottant. BSc-thesis BFH-HAFL.
- ▶ Gasser E., M. Schwarz, A. Simon, P. Perona, C. Phillips, J. Hübl, L. Dorren (2019). A review of quantitative modeling approaches of large woody debris recruitment processes in mountain catchments. Earth Science Reviews, ISSN 0012-8252.
- ▶ Gasser E., P. Perona, L. Dorren, C. Phillips, J. Hübl, M. Schwarz (2020). A New Framework to Model Hydraulic Bank Erosion Considering the Effects of Roots. Water, 12(3), p.893.
- ▶ Schwarz M., D. Cohen, D. Or (2010). Soil-root mechanical interactions during pullout and failure of root bundles. JGR: Earth Surface, 115, F04035.
- ▶ Schwarz M. (2023). Perizia frane superficiali e rinforzo radicale dopo disturbi (incendi e tagli). Rapporto interno del canton Grigioni.
- ▶ Schwarz M. and D. May (2022). Analyse der Bestandesdynamik auf der Grundlage des Schweizerischen Landesforstinventars - LFI Analyse (MAWA AP 1.1) - Zwischenbericht. Projektbericht der HAFL für das AWN und die WA.
- ▶ Vuaridel M., N. Hollard, P. Perona, M. Schwarz (2023). Calcul du potentiel de bois flottant et priorisation du rôle protecteur de la forêt : cas d'étude « la Serine ». BFH report for the canton of Vaud.



# References

- ▶ Cohen D., and M. Schwarz (2017). Tree-roots control of shallow landslides. *Earth Surf. Dynam.*, 5: 451-477.
- ▶ Dazio E., M. Conedera, M. Schwarz (2018). Impact of different chestnut coppice managements on root reinforcement and shallow landslide susceptibility. *For. Ecol. and Manag.*, 417: 63-76.
- ▶ Gasser E., M. Schwarz, A. Simon, P. Perona, C. Phillips, J. Hübl, L. Dorren (2019). A review of quantitative modeling approaches of large woody debris recruitment processes in mountain catchments. *Earth Science Reviews*, ISSN 0012-8252.
- ▶ Gehring E., M. Conedera, J. Maringer, F. Giadrossich, E. Guastini, M. Schwarz (2019). Shallow landslide disposition in burnt European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. *Nature - Scientific reports*. 9(1), 1-11.
- ▶ Giadrossich F., M. Schwarz, D. Cohen, A. Cislighi, C. Vergani, T. Hubble, C. Phillips, A. Stokes (2017). Methods to measure the mechanical behaviour of tree roots: A review. *Ecol. Eng.*, 109 (B): 256-271.
- ▶ Schwarz, M., D. Cohen, D. Or (2010). Soil-root mechanical interactions during pullout and failure of root bundles. *JGR: Earth Surface*, 115, F04035.

# References

- ▶ Schwarz, M., F. Preti, F. Giadrossich, P. Lehmann, D. Or (2010). Quantifying the role of vegetation in slope stability: the Vinchiana case study (Tuscany, Italy). Ecol. Eng., 36(3): 285-291.
- ▶ Schwarz, M., D. Cohen, D. Or (2011). Pullout tests of root analogs and natural root bundles in soil - experiments and modeling. JGR: Earth Surface, 116, F02007.
- ▶ Schwarz, M., F. Giadrossich, D. Cohen (2013). Modeling root reinforcement using root-failure Weibull survival function. HESS, 17: 4367-4377.
- ▶ Schwarz M., L. Dorren, J.-J. Thormann (2014). SlideForNet. International conference „Analysis and Management of Changing Risks for natural Hazards“, 18-19.11.2014, Padua, Italy.
- ▶ Schwarz M., D. Cohen, F. Giadrossich, et al. (2015). Quantification of Compressed rooted soil. JGR: Earth Surface, 120(10): 2103-2120.
- ▶ Schwarz M. (2019), <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/Fallstudie%20ProtectBio%20Hangmuren.pdf.download.pdf/Fallstudie%20ProtectBio%20Hangmuren.pdf>



# References

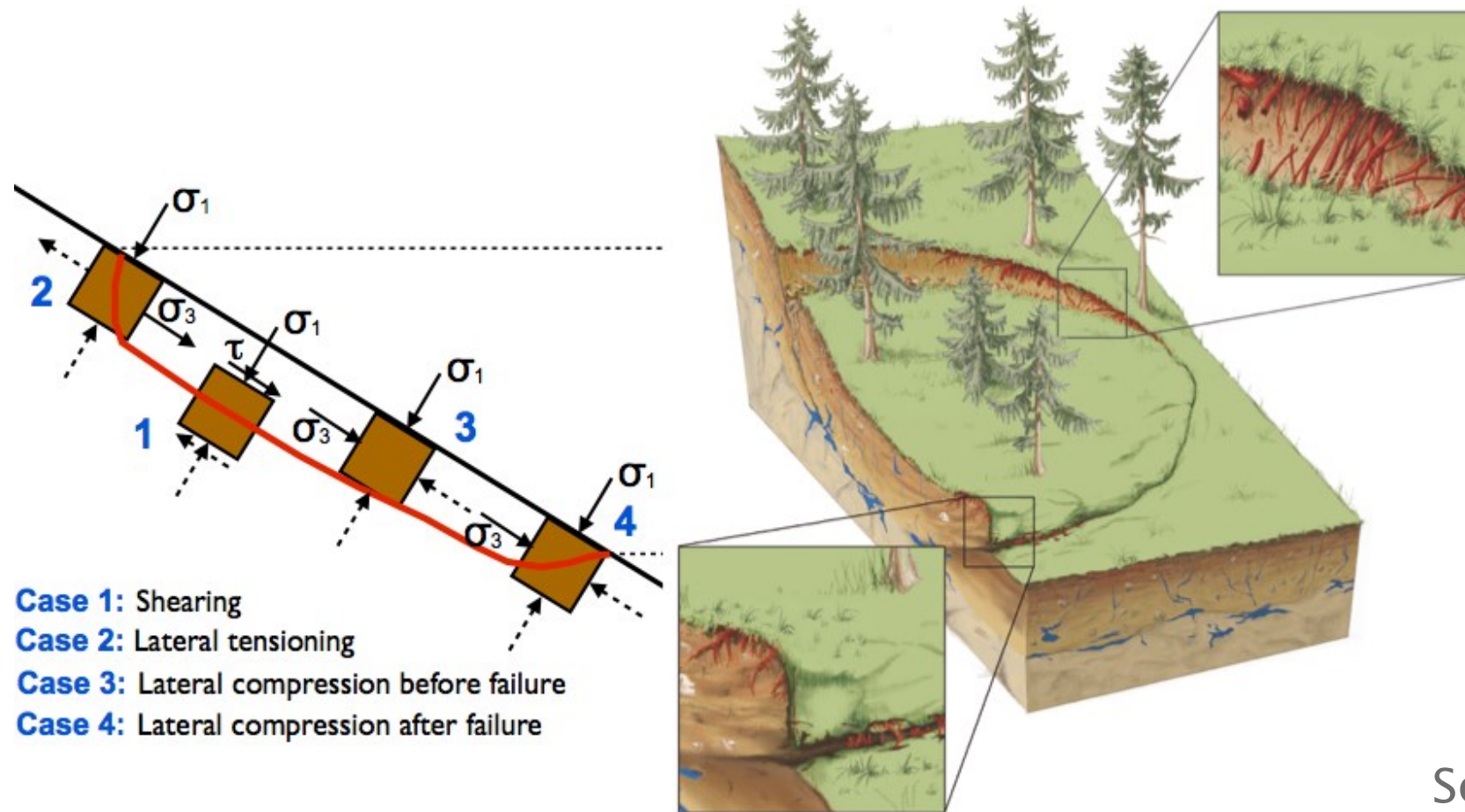
- ▶ Schwarz M., J.J. Thormann, V. Brühwiler, N. Hollard (2022). Priorisierung der Schutzwaldpflege unter Berücksichtigung der Schutzwaldwirkung in rutschgefährdeten Hängen: Fallstudie Bressonnaz VD/FR – Schlussbericht. Bericht SBB.
- ▶ Schwarz M. (2023). Perizia frane superficiali e rinforzo radicale dopo disturbi (incendi e tagli). Rapporto interno del canton Grigioni.
- ▶ van Zadelhoff F. B., A. Albaba, D. Cohen, C. Phillips, B. Schaefli, L. Dorren, M. Schwarz (2021). Introducing SlideforMap: a probabilistic finite slope approach for modelling shallow landslide probability in forested situations. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 1-33.
- ▶ Vergani C., M. Schwarz, M. Soldati, A. Corda, F. Giadrossich, E. Chiaradia, C. Bassanelli, P. Morando (2016). Root reinforcement temporal dynamics in spruce protection forests after ecological disturbances: a case study in Canton Schwyz, Switzerland. Catena, 143: 275-288.
- ▶ Vergani C., M. Werlen, M. Conedera, D. Cohen, M. Schwarz (2017). Investigation of root reinforcement decay after a forest fire in a Scots pine (*Pinus sylvestris*) protection forest. For. Ecol. and Manag., 400: 339-352.



Experiment of the IGT Group of the ETHZ, Prof. S.Springman; TRAMM Project



# 1. Mechanisms of root reinforcement in shallow landslides.



Schwarz et al., 2015, JGR

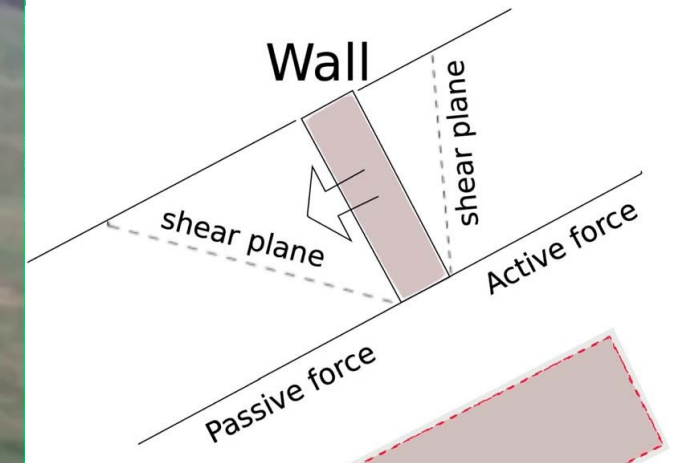




0.5 m



# 1. Mechanisms of root reinforcement in shallow landslides.

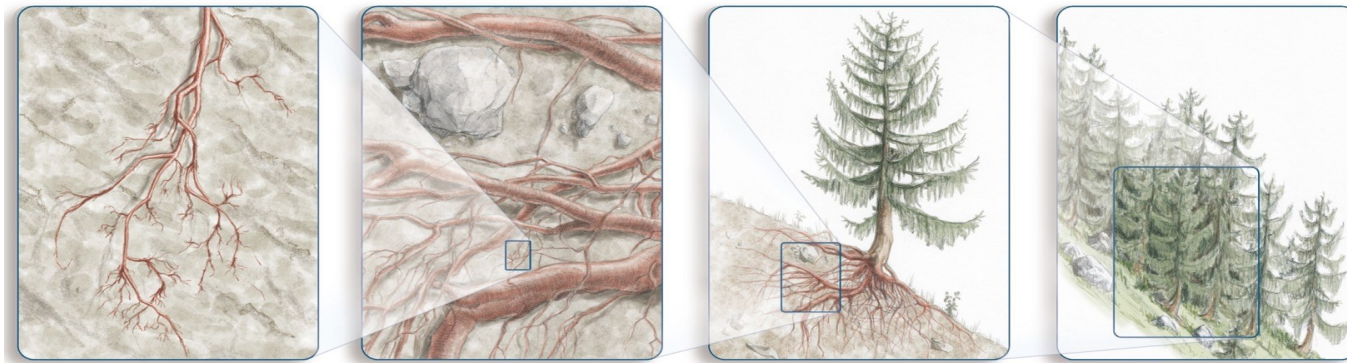


Schwarz et al., 2015, JGR



## 2. Upscaling of root reinforcement.

Schwarz et al., 2010, ESPL



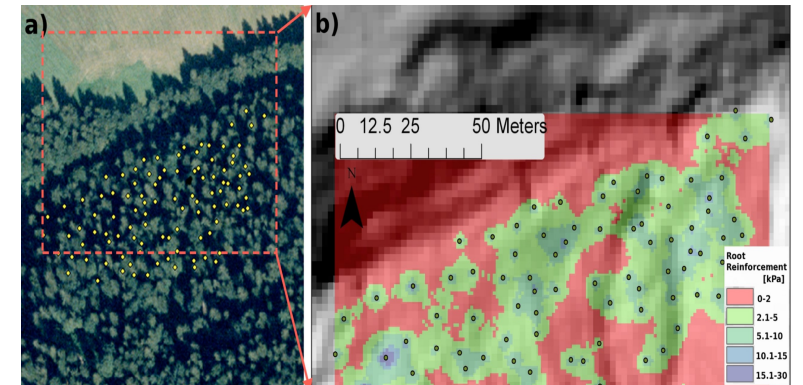
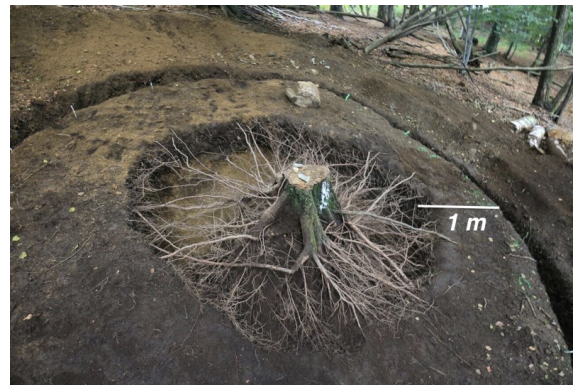
Field Pullout  
tests

RBMw

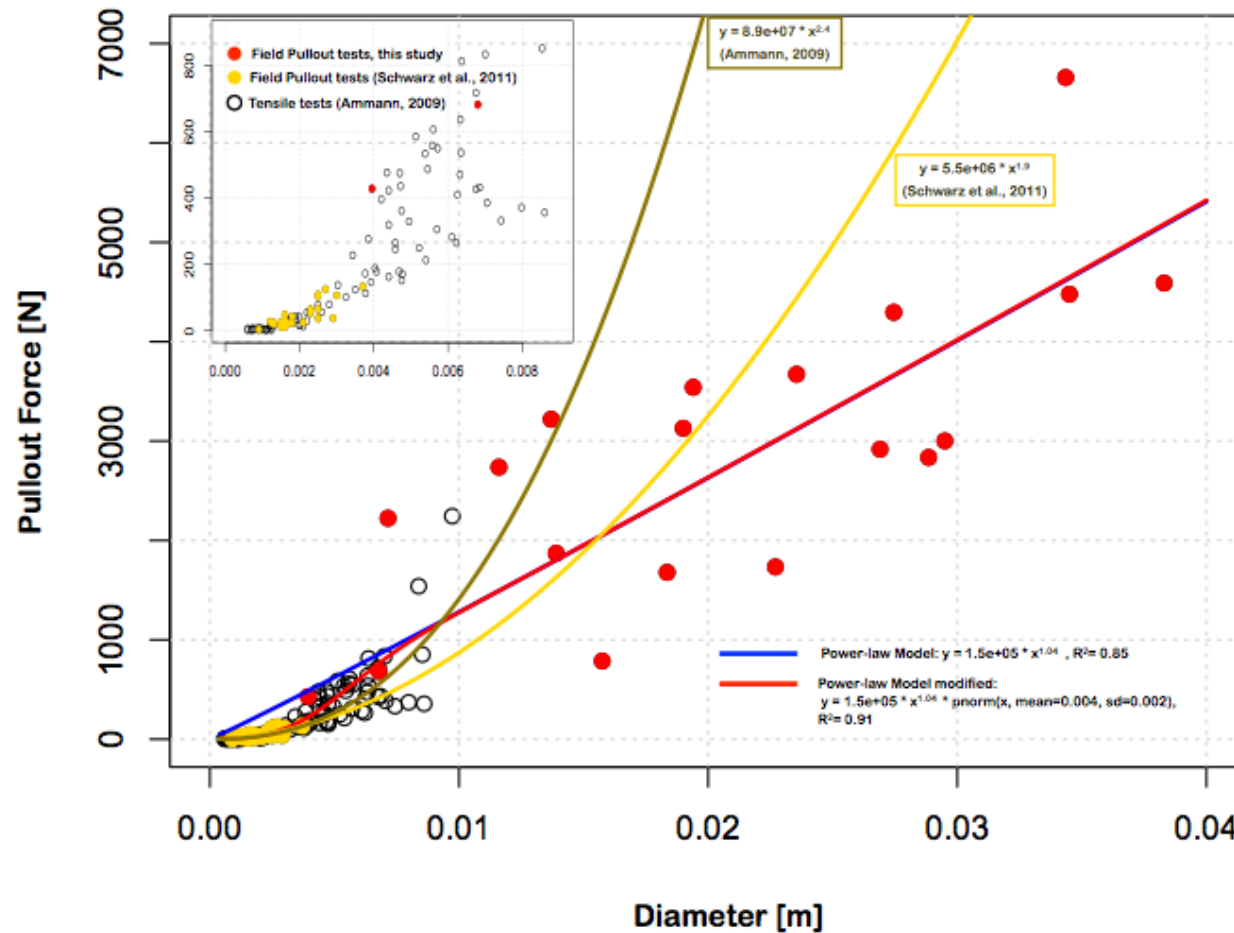
Root  
distributions

Spatio-temporal  
distribution of RR

Tools



## 2. Upscaling of root reinforcement: Field pullout tests



Giadrossich et al., 2017, ESR  
Dazio et al., 2018, For. Ecol. & Man.  
Gehring et al., 2019, Scin. Reports



## 2. Upscaling of root reinforcement: Field pullout tests

Some advantages of field pullout experiments

1. Test large diameters
2. Consider soil conditions (moisture, stones,
3. Test Species
4. Tortuosity of roots (A)
5. Type of breakages (single vs multiple) (B)
6. Position of breakage in the soil
7. Orientation



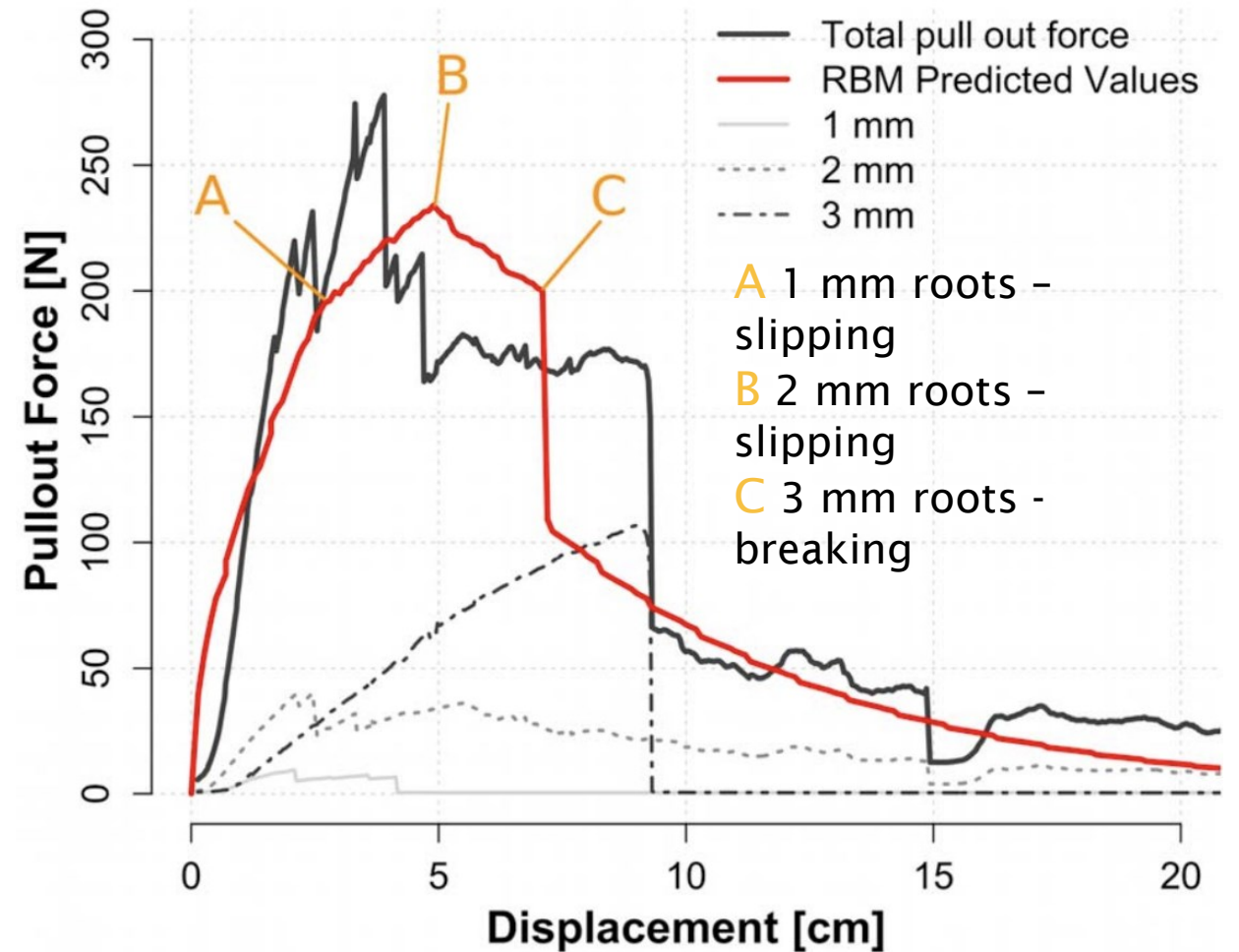
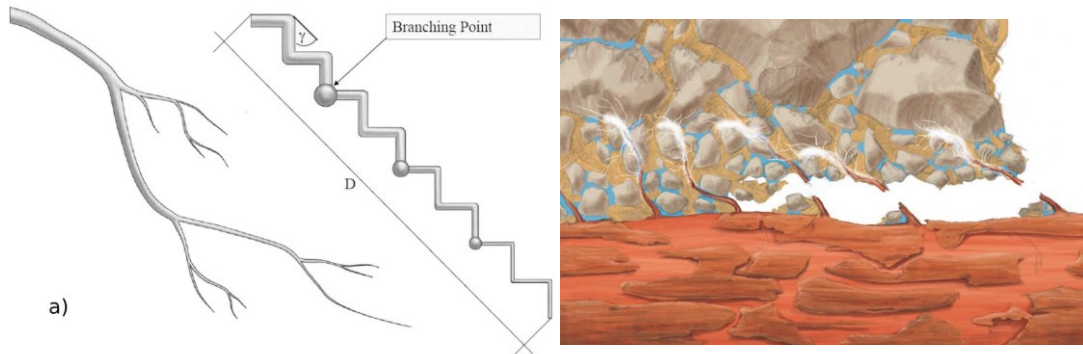
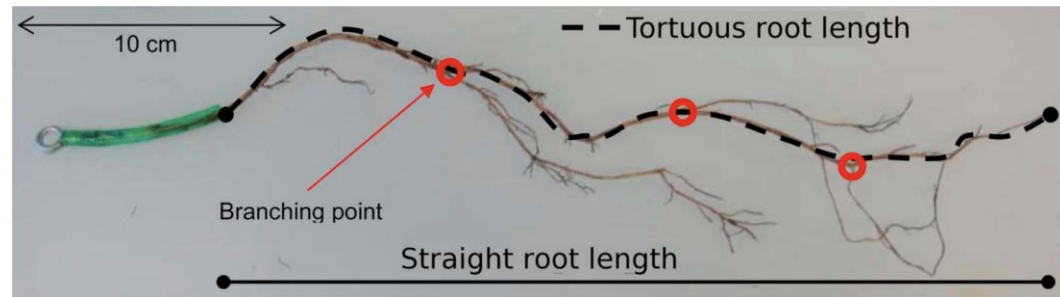
Giadrossich et al., 2017, ESR



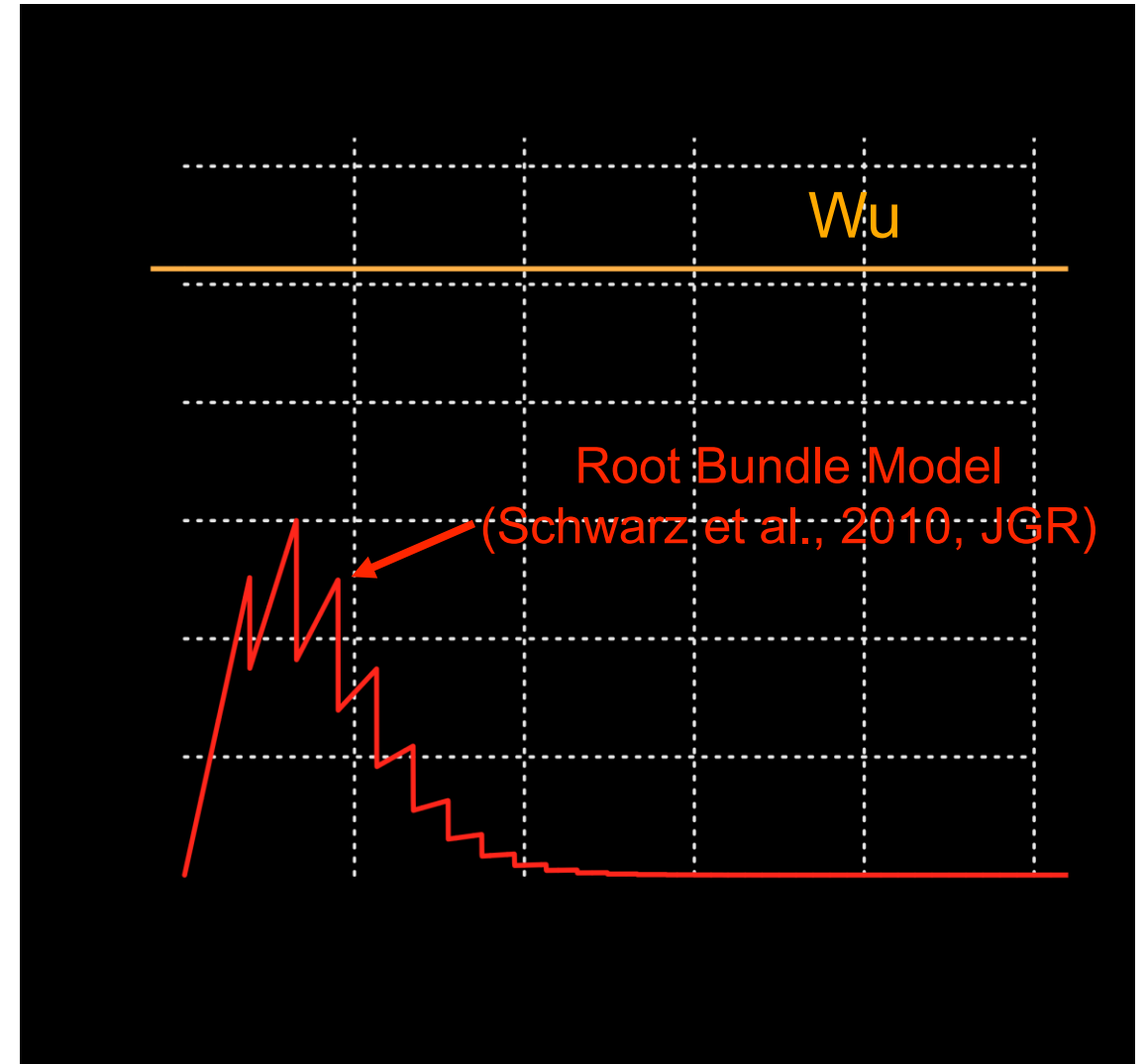
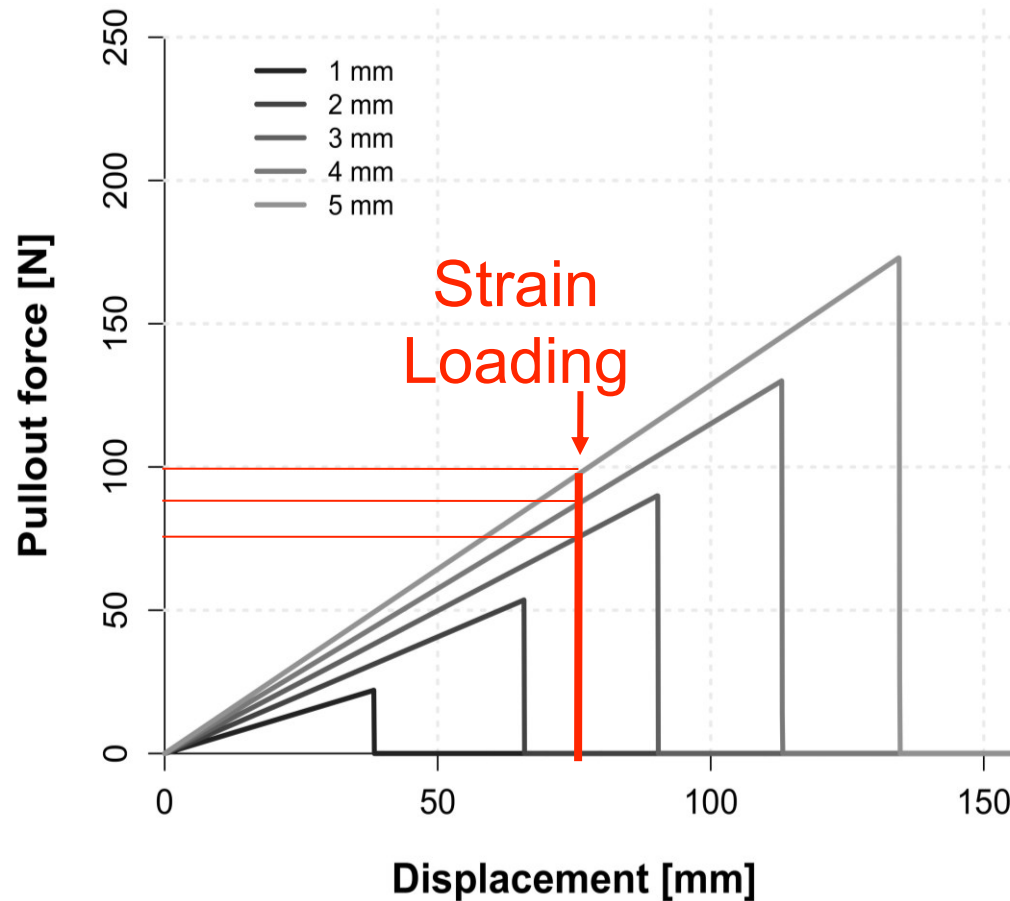
## 2. Upscaling of root reinforcement: Root Bundle Model (RBM)

Schwarz et al., 2010, JGR

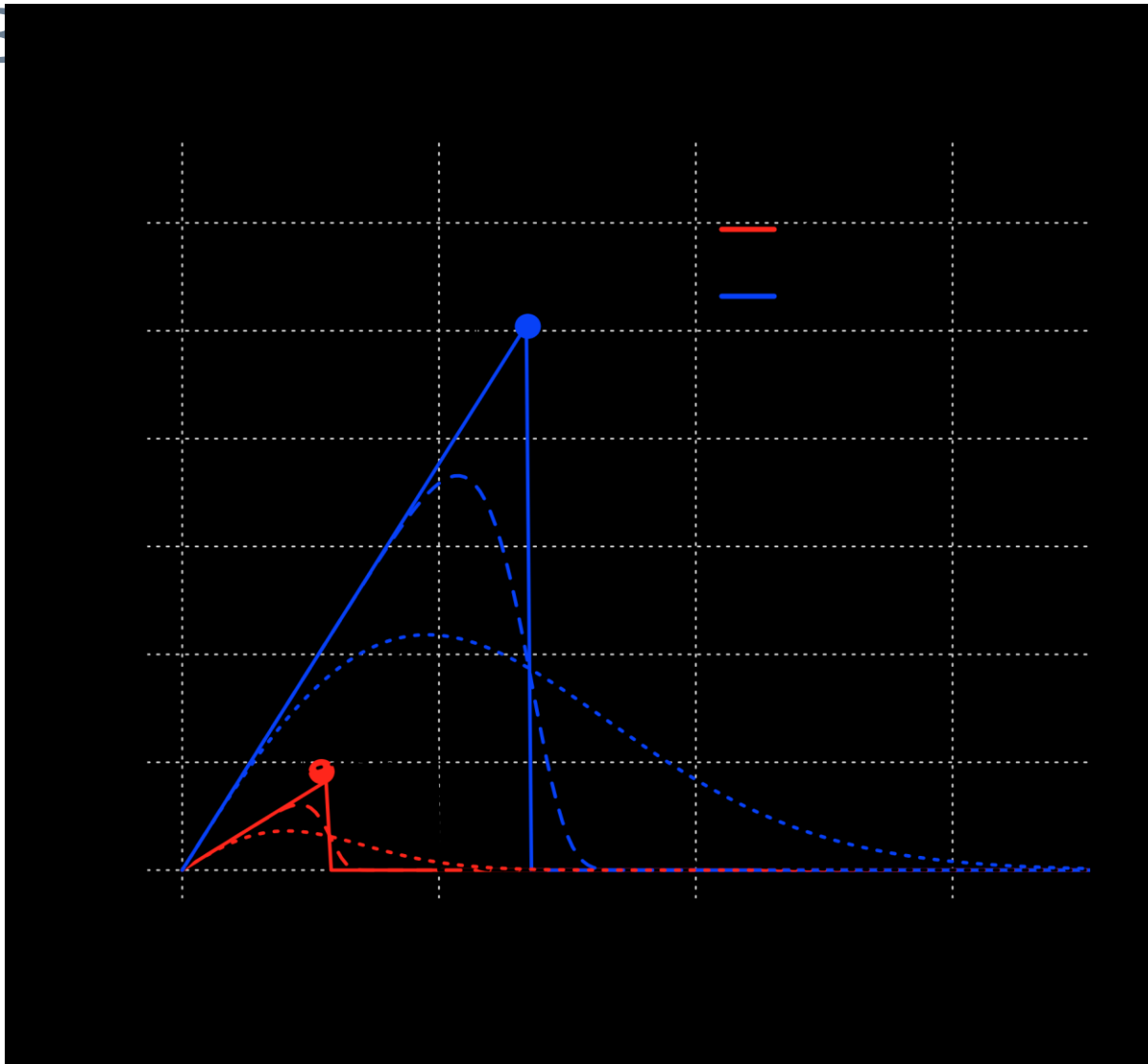
Schwarz et al., 2011, JGR



## 2. Upscaling of root reinforcement: Root Bundle Model (RBM)



## 2. Upscaling of root reinforcement: Root B



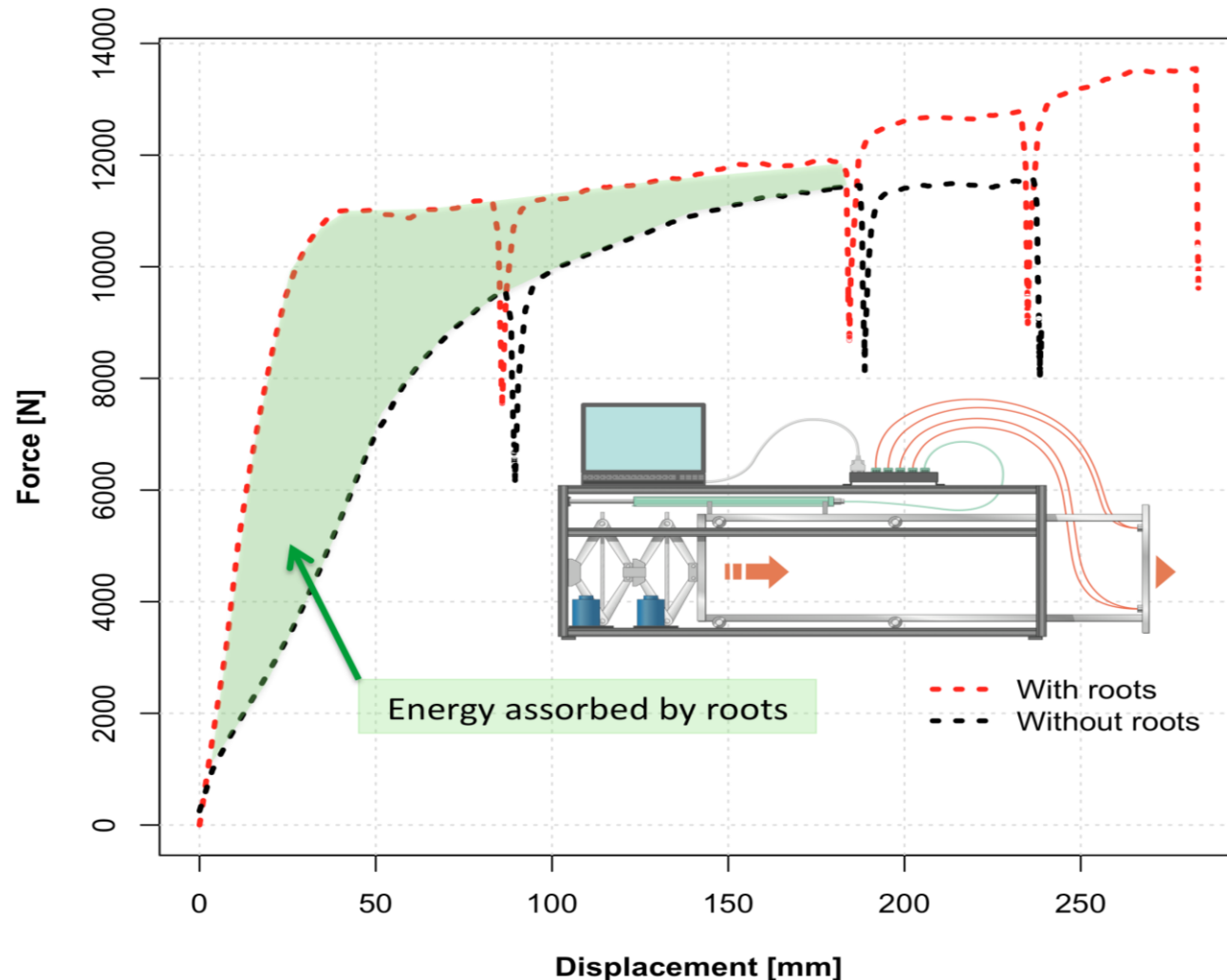
► Weibull exponent,  $\omega$ :

—	100
- - -	10
.....	2

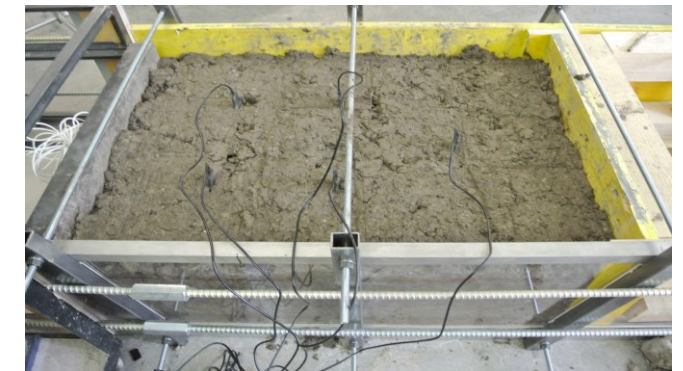
Schwarz et al., 2013, HESSD



## 2. Upscaling of root reinforcement: Root reinforcement under compression



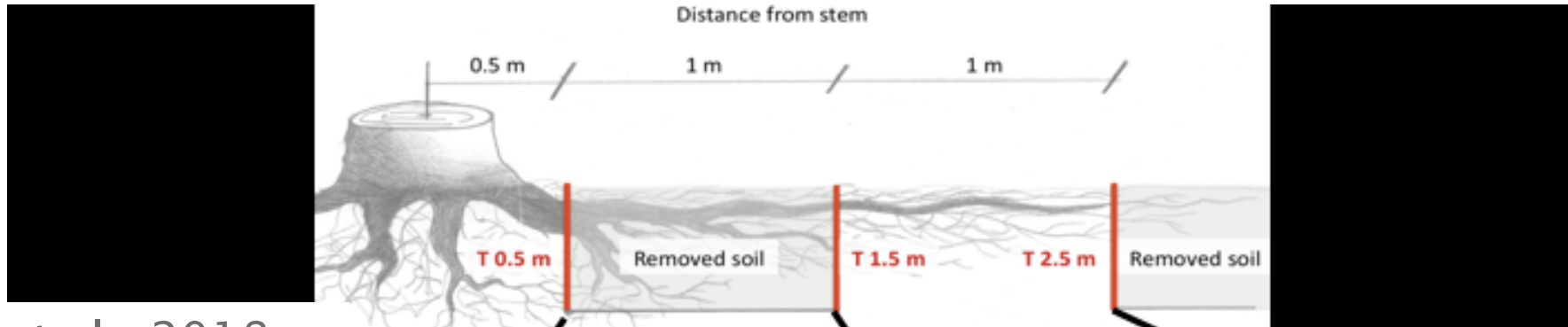
*Detail of compressed rooted soil*



*Box used for the lab. experiments*

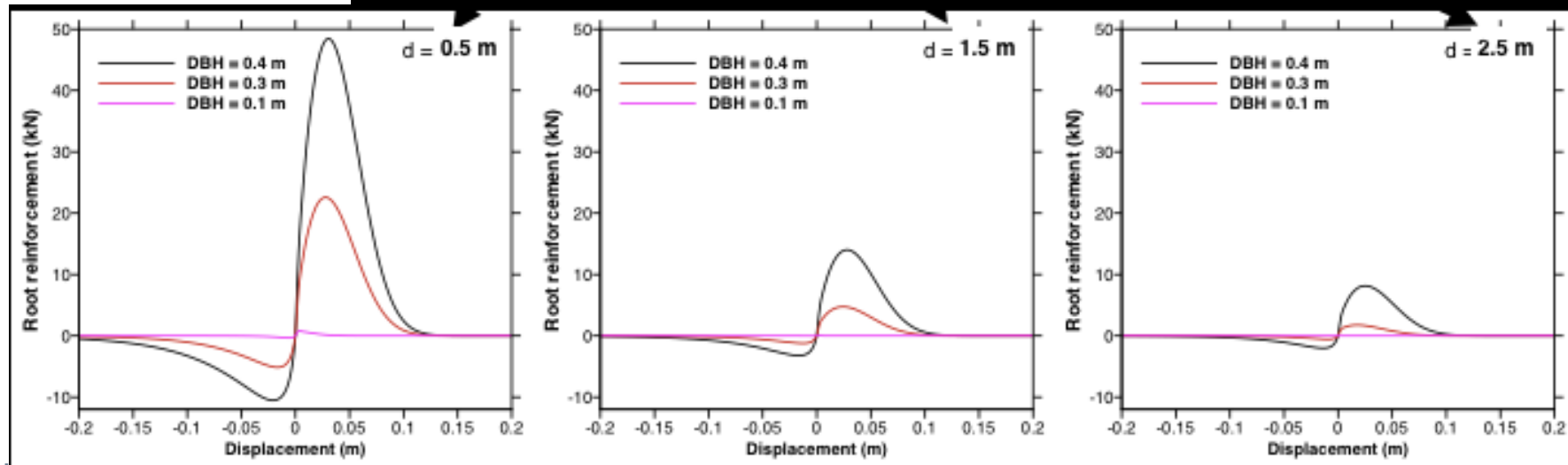
Schwarz et al., 2015, JGR

## 2. Upscaling of root reinforcement: Root Bundle Model Weibull (RBMw - simplified)

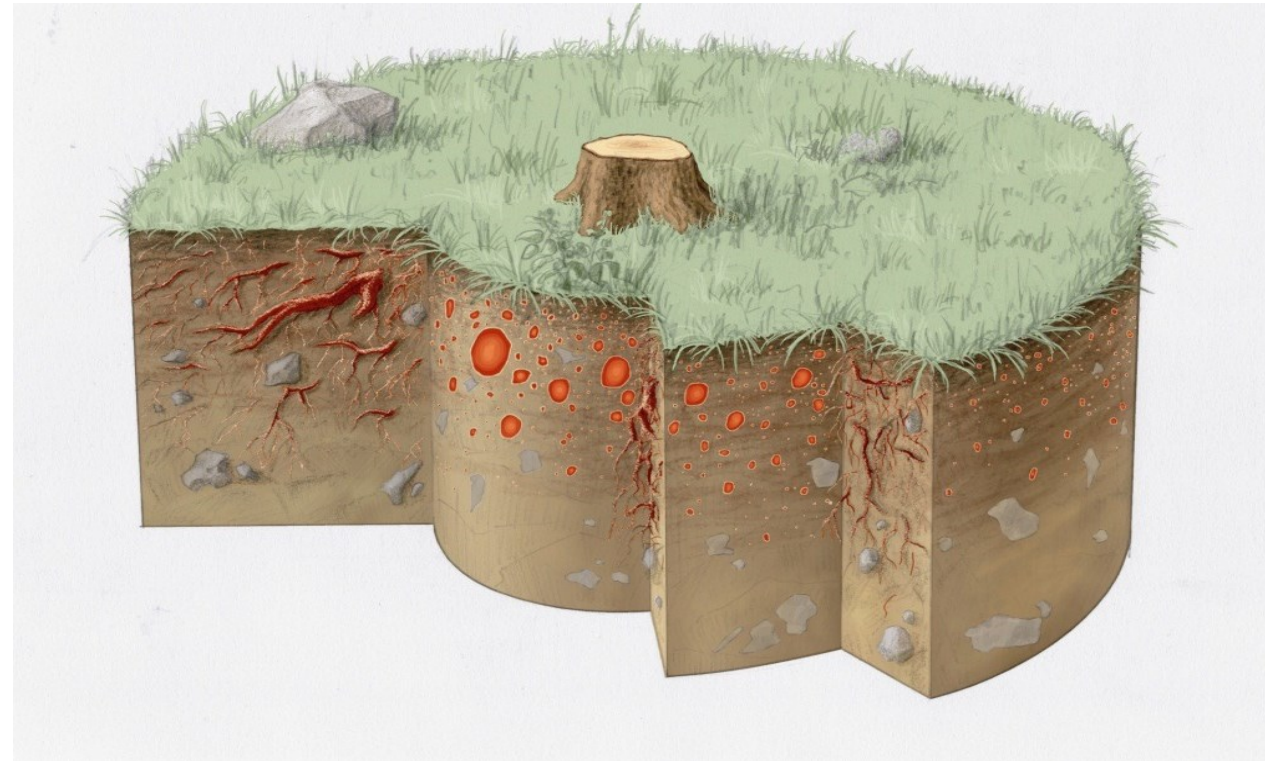
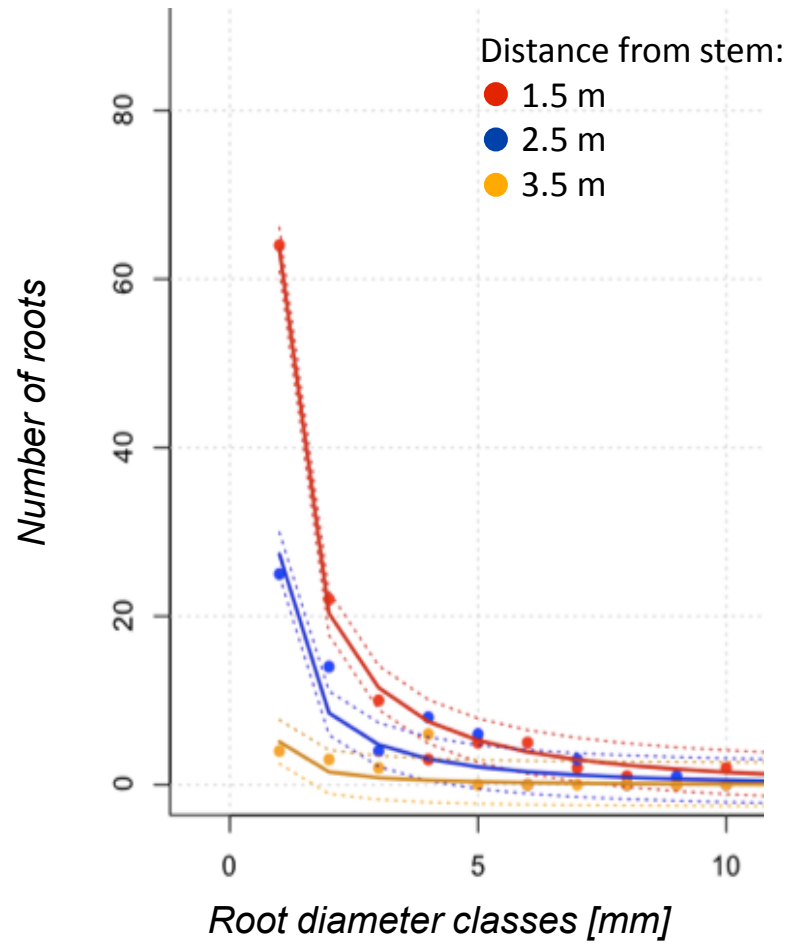


Dazio et al., 2018

Gehring et al., 2019

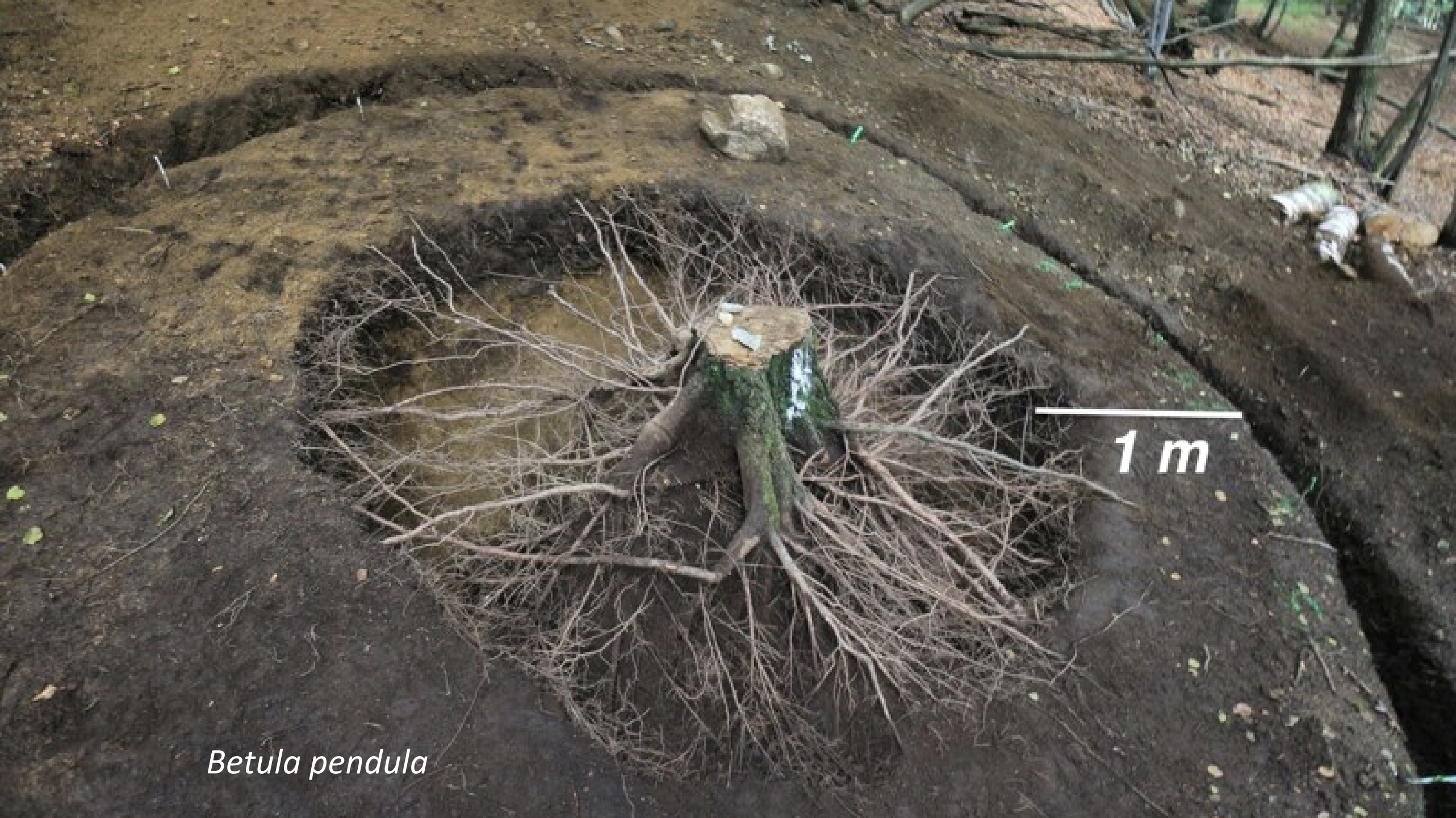


## 2. Upscaling of root reinforcement: Root distributions



Schwarz et al., 2010, ESPL





*Betula pendula*



1 m

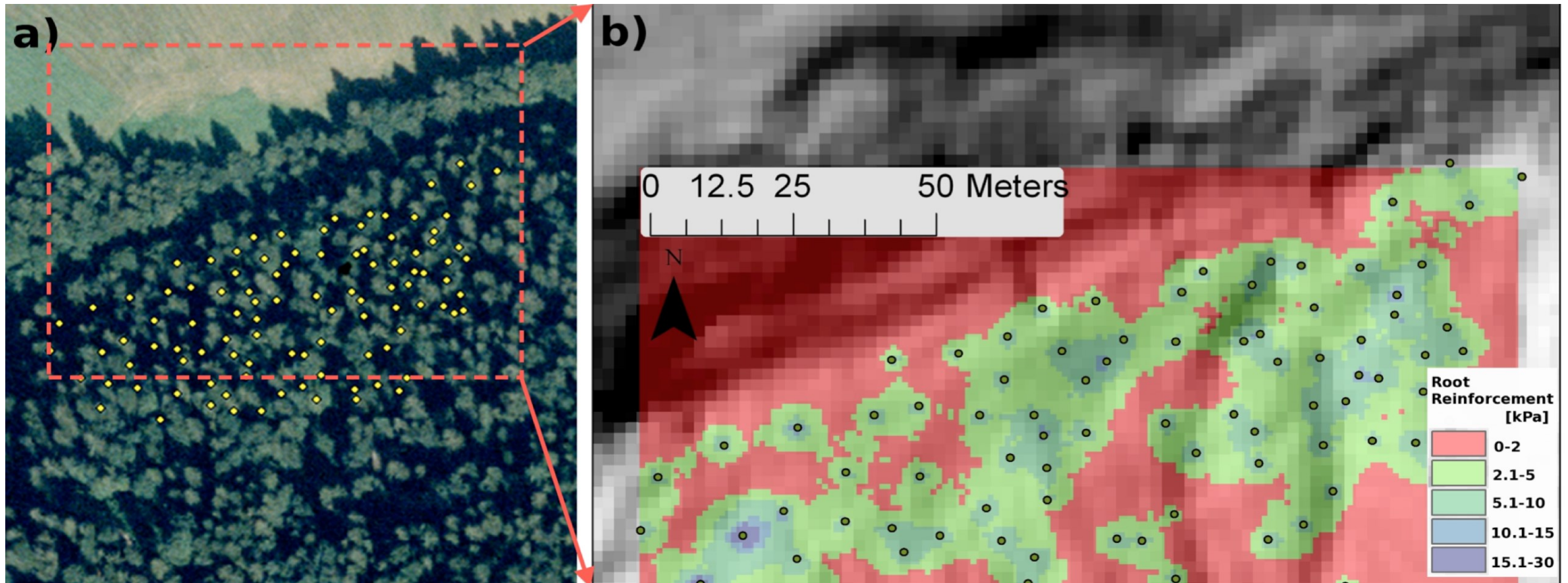
*Ailanthus altissima*



*Castanea sativa*

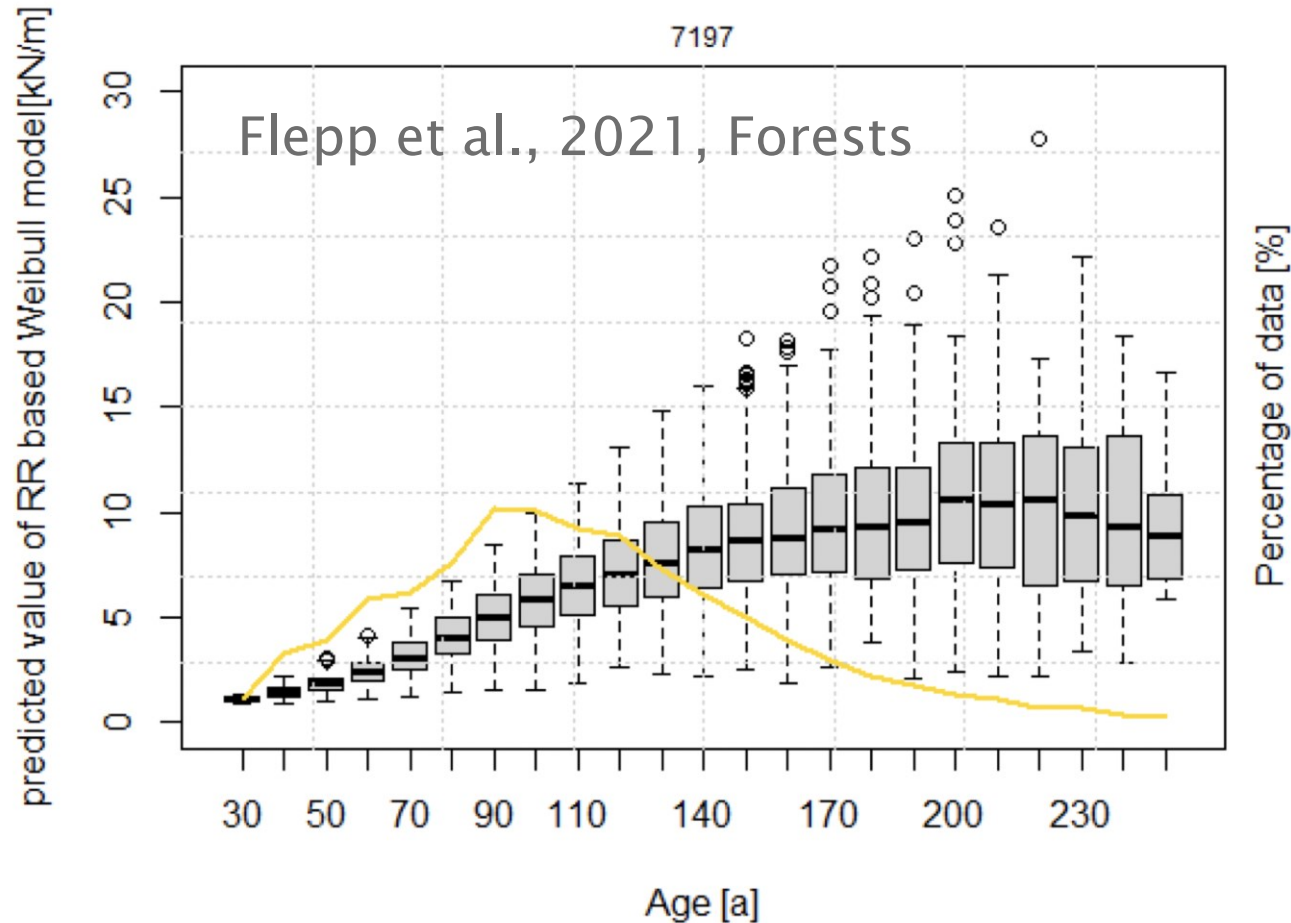


## 2. Upscaling of root reinforcement: Spatio-temporal distribution of RR



Schwarz et al., 2012, Geosciences

## 2. Upscaling of root reinforcement: Spatio-temporal distribution of RR



2013



2015

Vergani et al., 2016, For.Ecol. & Man.

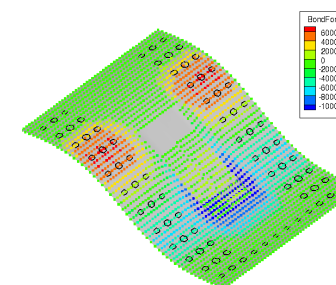
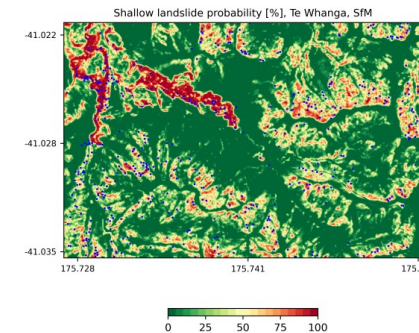
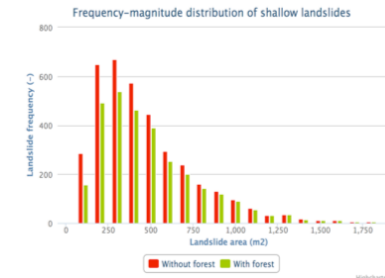
Vergani et al., 2017, Catena

Gehring et al., 2019, Scien. Reports



# 3. Tools and practical applications: overview

- ▶ **SlideforNET**: WebApp, 3D force-balance probabilistic model with partial factors. Used for quick assessment of a forest Stand.  
(<https://www.ecorisq.org/slidefor-net-en>)
- ▶ **SlideforMAP**: Desktop free software, 3D force-balance probabilistic model. Used for catchment/regional modelling.
- ▶ **SOSlope**: Spring-Block Model that considers the spatial heterogeneity of force-displacement root reinforcement. Used for few hectars.



Schwarz et al., 2010,  
Ecol.Eng.

Schwarz et al., 2014

Schwarz et al., 2015,  
Wildbach & Lawinenver.

Van Zadelhoff et al.,  
2022, NHESS

Gasser et al., 2022, Earth  
Sc. Reviews

Cohen and Schwarz,  
2017, Earth Surf. Dyn.



# Examples of applications

- ▶ **Hazard mapping** (commune -> SOSlope, region -> SlideforMAP).
- ▶ Quantification of the **ecosystem-services** of protective forests. (SOSlope). (**Schwarz et al., 2019, BAFU-report**)
- ▶ Development of **guidelines** for the management of protective forests and planning of bio-engineering measures (SlideforNET).
- ▶ **Prioritization of silvicultural measures and bio-engineering measures** (catchment-regional scale) (SOSlope, SlideforMAP). (**Schwarz et al., 2022, SBB-report**)
- ▶ Management of **forests along infrastructures** (railways, roads, electric-lines, ..) (all tools, depending on the scale). (**Schwarz et al., 2023, report for the canton of Grisons**).
- ▶ Management of hazards after **forest disturbances** (wildfire, diseases,..) (SlideforNETdyn)

# Examples of applications

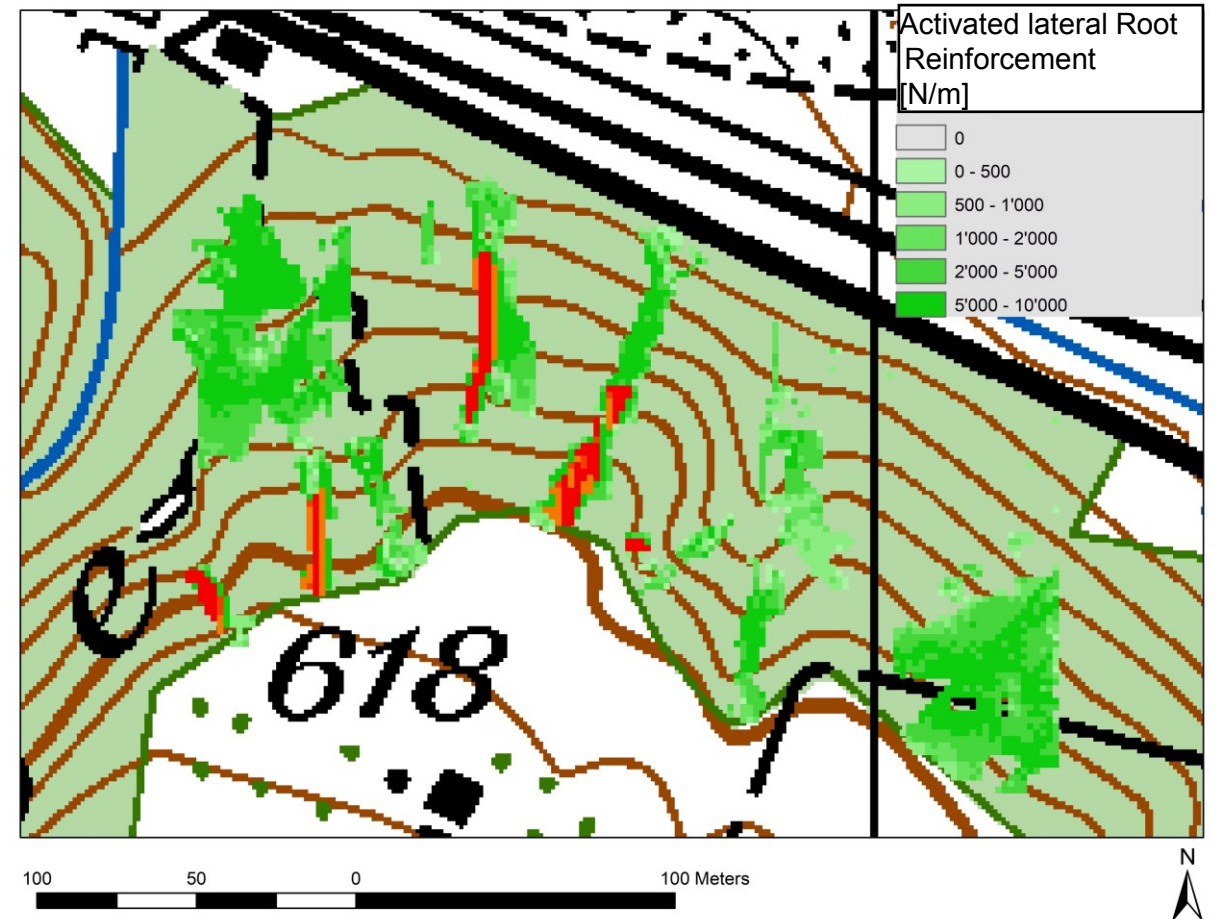
- ▶ **Hazard mapping** (commune -> SOSlope, region -> SlideforMAP).
- ▶ **Quantification of the ecosystem-services of protective forests. (SOSlope).** (Schwarz et al., 2019, BAFU-report)
- ▶ Development of **guidelines** for the management of protective forests and planning of bio-engineering measures (SlideforNET).
- ▶ **Prioritization of silvicultural measures and bio-engineering measures** (catchment-regional scale) (SOSlope, SlideforMAP). (Schwarz et al., 2022, SBB-report)
- ▶ Management of **forests along infrastructures** (railways, roads, electric-lines, ..) (all tools, depending on the scale). (Schwarz et al., 2023, report for the canton of Grisons).
- ▶ Management of hazards after **forest disturbances** (wildfire, diseases,..) (SlideforNETdyn)

# 3. Tools and practical applications:

## SOSlope – Quantification of ecosystem services of protective forests



SOSlope, 100J, mit Wald, IST (Buche), aktivierte Wurzelverstärkung





# 3. Tools and practical applications:

## SOSlope – Quantification of ecosystem services of protective forests

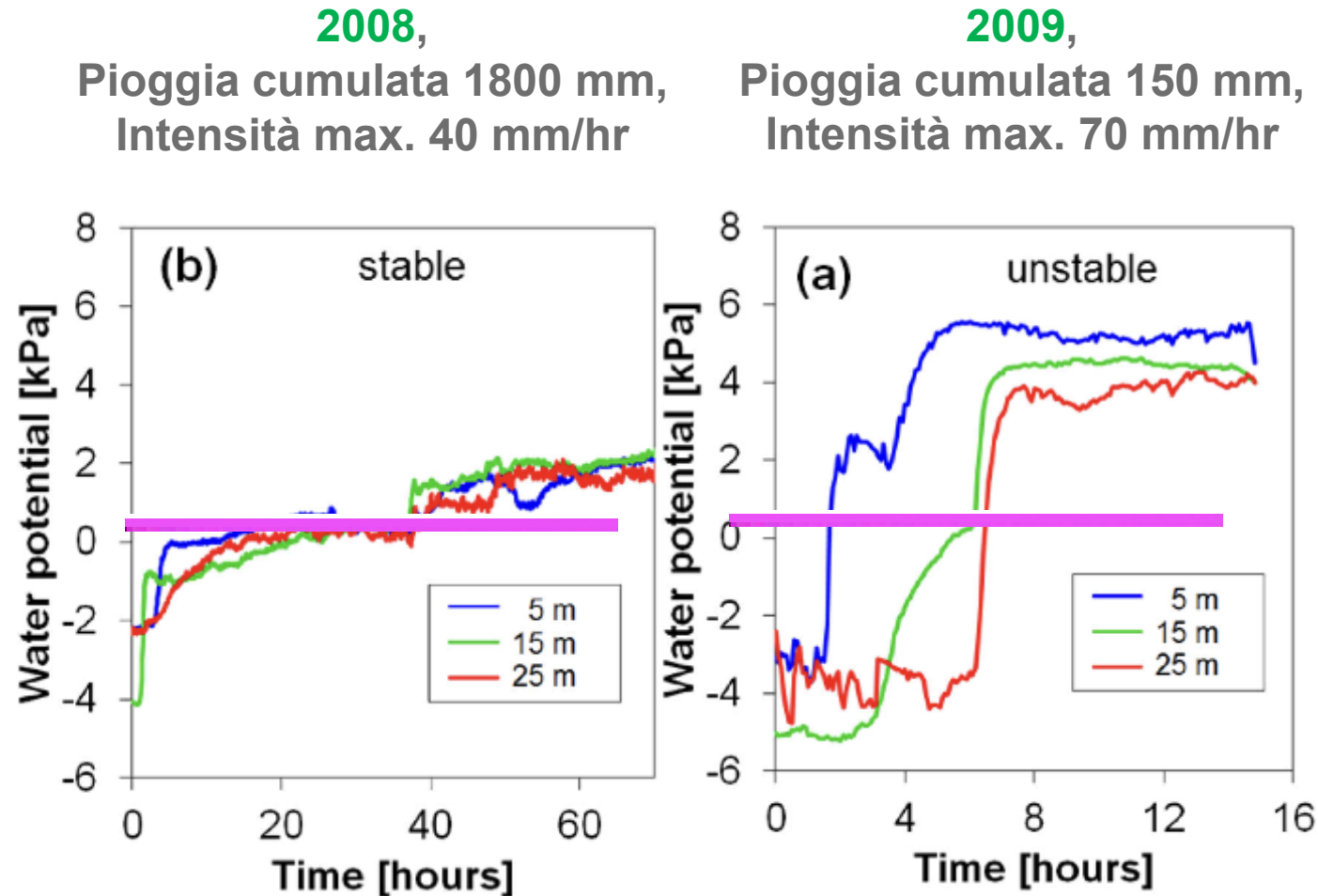
### Szenario 100 y, without forest

Langnauerwald - 100J (ohne Wald)



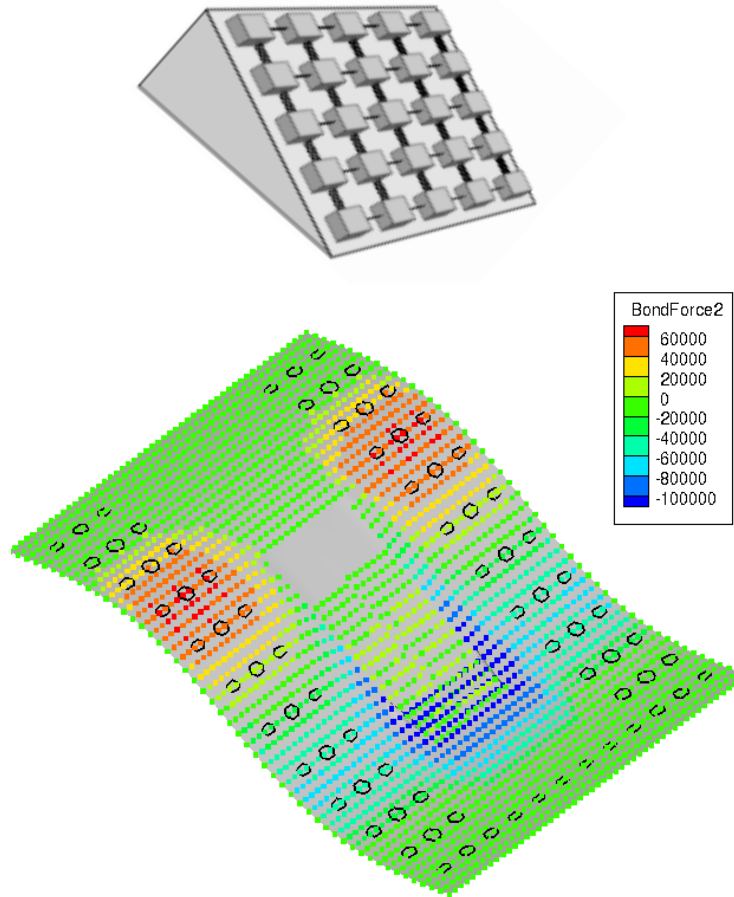
Langnauerwald	Without measures	With biological measures (forest scenarios)	
	Without forest	Beech forest - minimal (NaiS)	Actual conditions
Risk	73'911 CHF/y	73'911 CHF/y	25'869 CHF/y
Risik reduction	-	0 CHF/y	48'042 CHF/y
Cost/Benefit	-	0	20.3

# Innesco delle frane superficiali: Effetto della pressione dell'acqua nei pori



# SOSlope

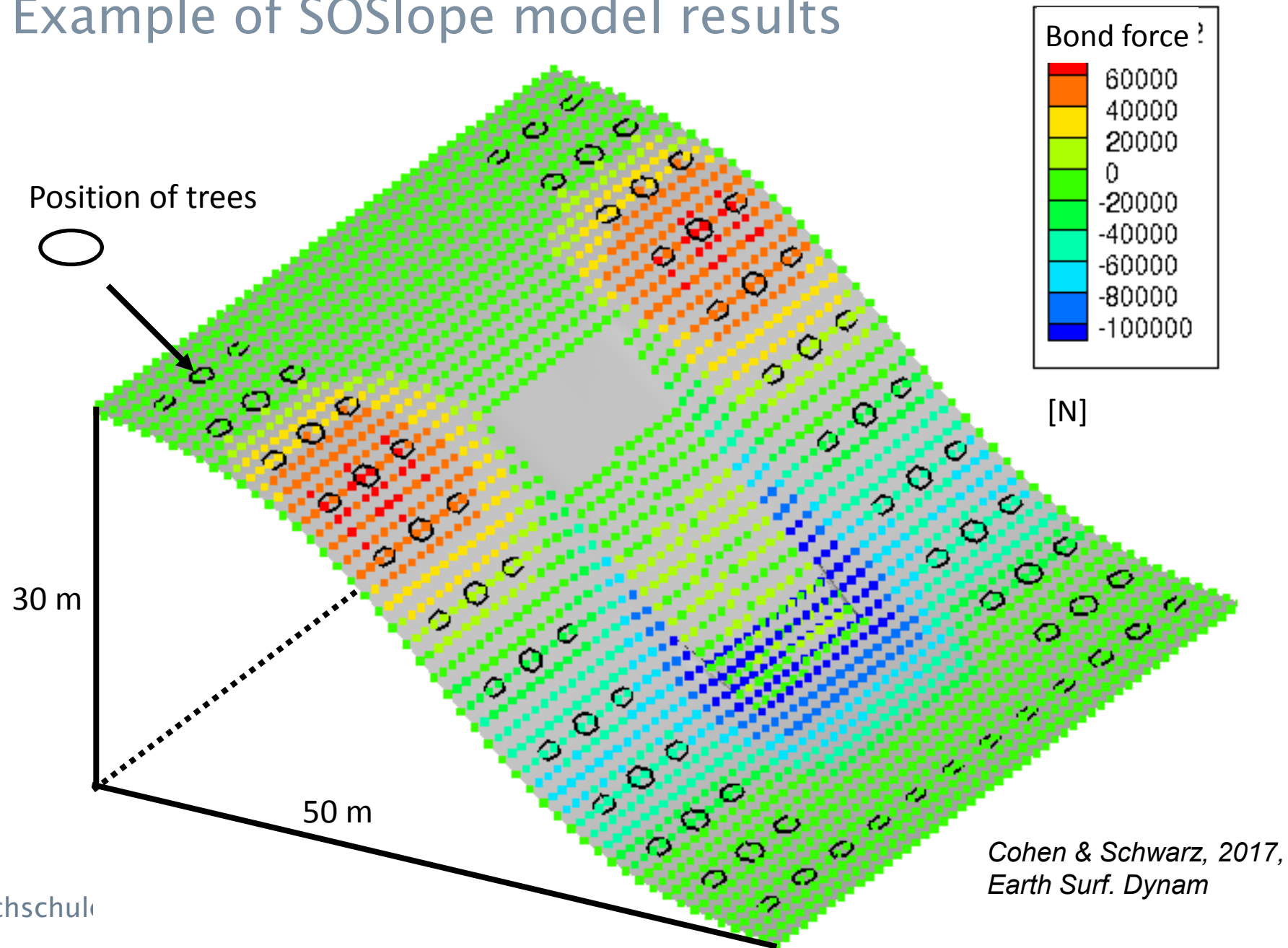
Cohen & Schwarz, 2017,  
*Earth Surf. Dynam*



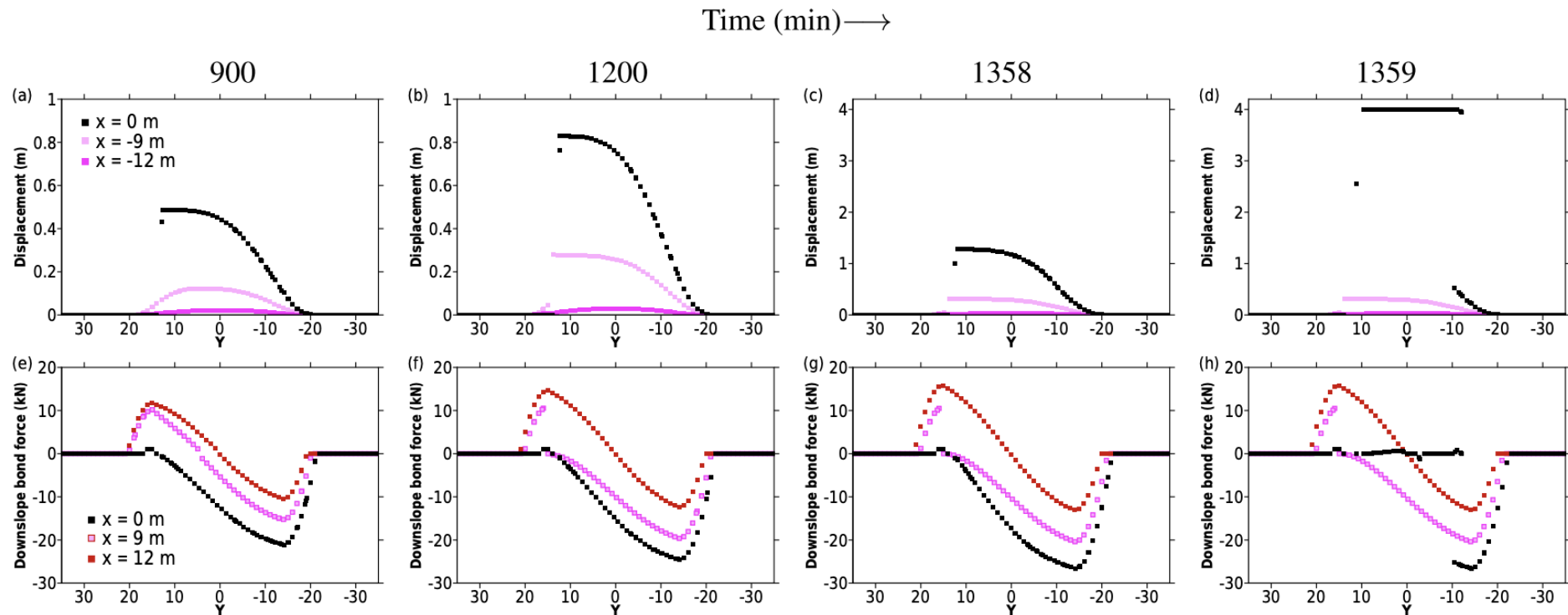
- **Spring-Block Model**
- **Lateral interactions between blocks include tensile and compressive forces**
- **Shear forces in bonds between blocks and slip surface**
- **Bond forces include root reinforcement**
- **Strain step loading to solve force distribution in bonds including force-displacement relationship**
- **Soil mechanical properties depends on hydrological conditions**



# Example of SOSlope model results

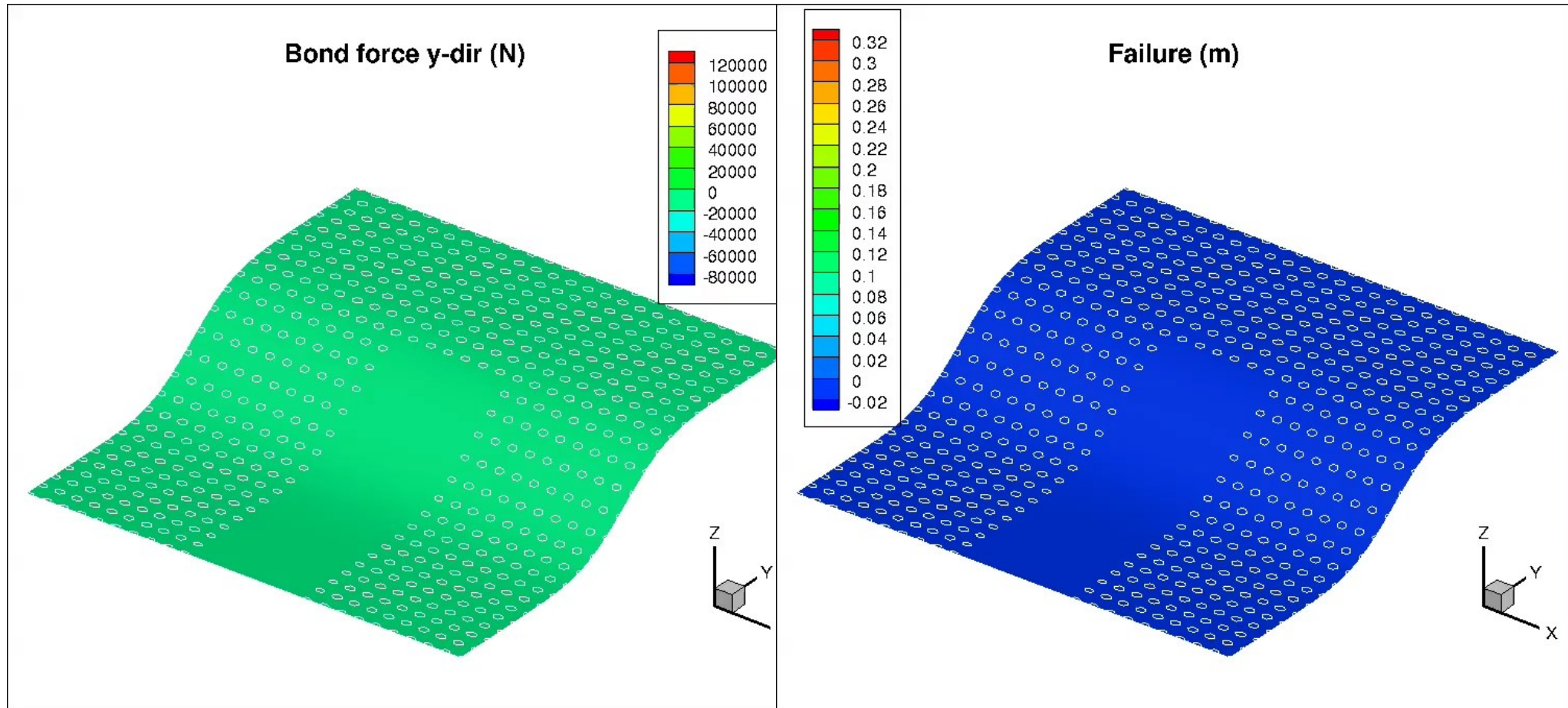


# Example SOSlope: Protect-Bio




*Cohen & Schwarz, 2017,  
Earth Surf. Dynam*

# Example of SOSlope model results





SOSlope



[About SOSlope](#)

DEM

v

Browse

TWI

v

Browse

Soil type

v

Cohesion  kPa

Friction angle  °

Density  kg/m³

Porosity

Initial water content  m³/m³

van Genuchten parameters: α  kPa⁻¹

n

Hydrology

☒ Rainfall event:

intensity  mm/hr, duration  hr, centennial rainfall intensity (1 hr)  mm/hr

☐ Fixed saturation:

m

☒ Use trees

☐ File

v

Browse

☒ Uniform stand

trees/ha, DBH  cm

☐ Random stand

trees/ha, DBH  cm, DBH std dev  cm

Specie

v

☒ Print probe at x =  m, y =  m

```

>>> Load step 60. Time = 1.000000 hours Rainfall rate = 80.000000 mm/hr Rainfall cumul = 80.000000 mm
Move # 9010 Max moves = 15717 Max displ = 1.999718 Min SF = 1.000025 => Slope is stable
#####
TOTAL LANDSLIDE AREA = 36594.111397 m^2 (62.747105 %)
#####
Results written to MyProject
End program SOSlope

```

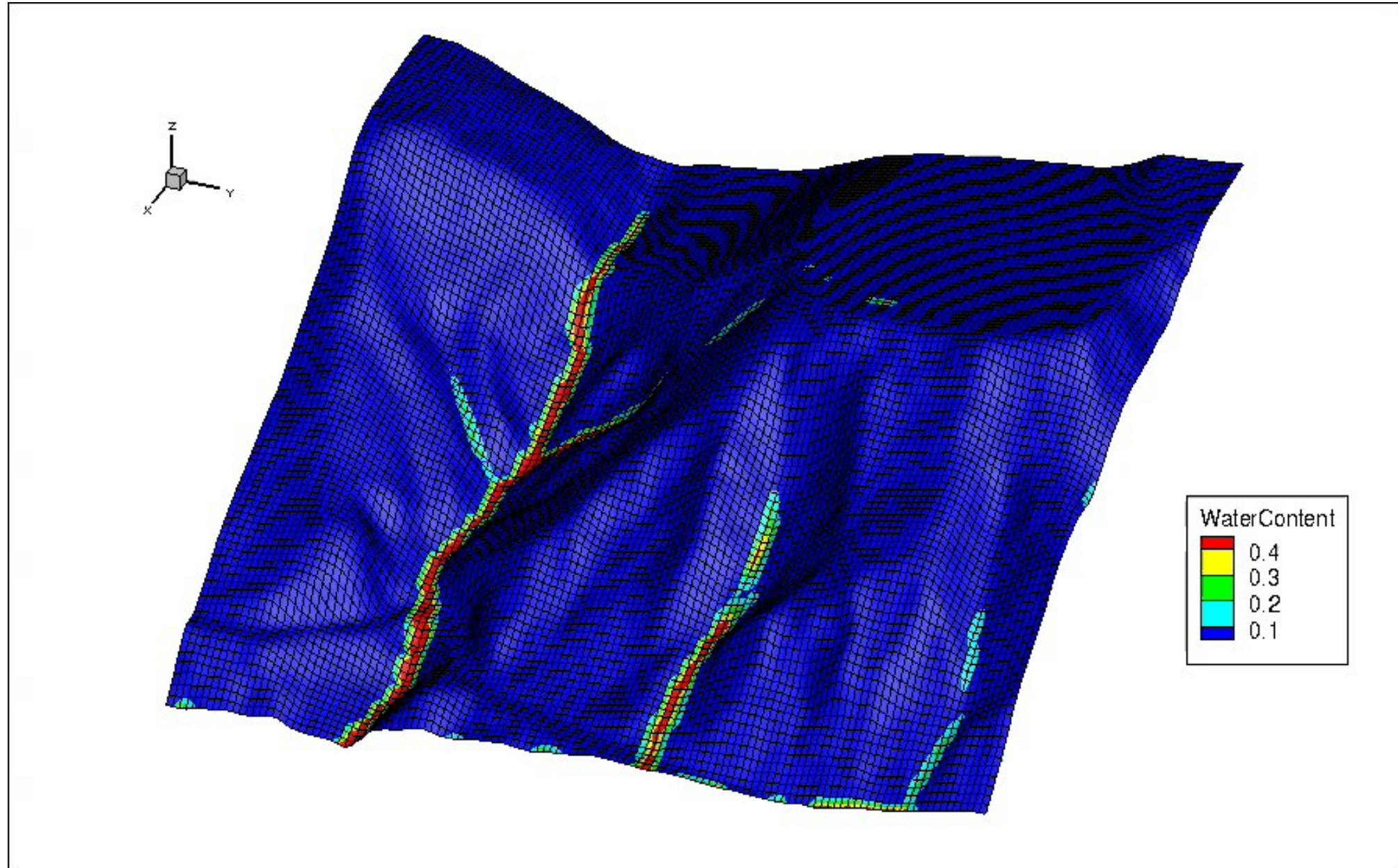
Done!

Run

Stop

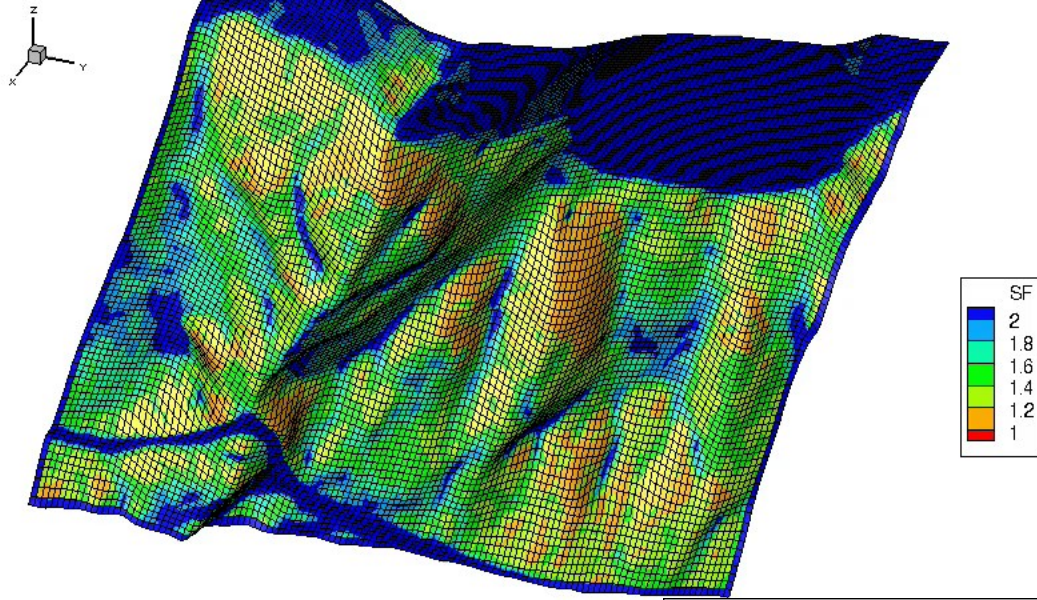
66

## Example of SOSlope model results

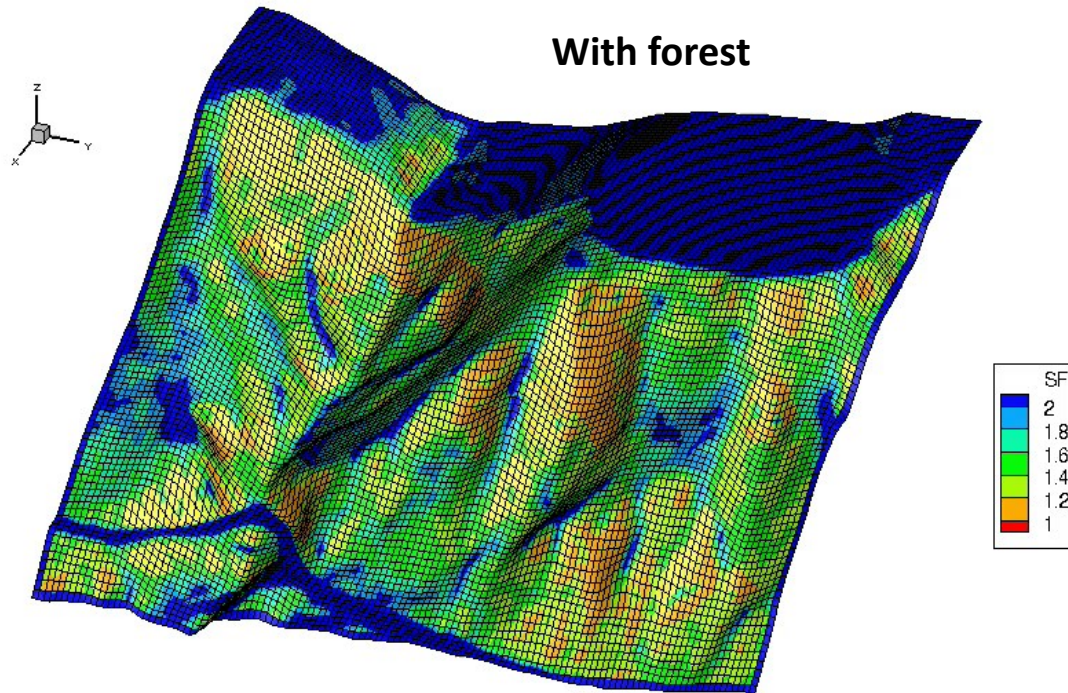




Without forest



With forest

















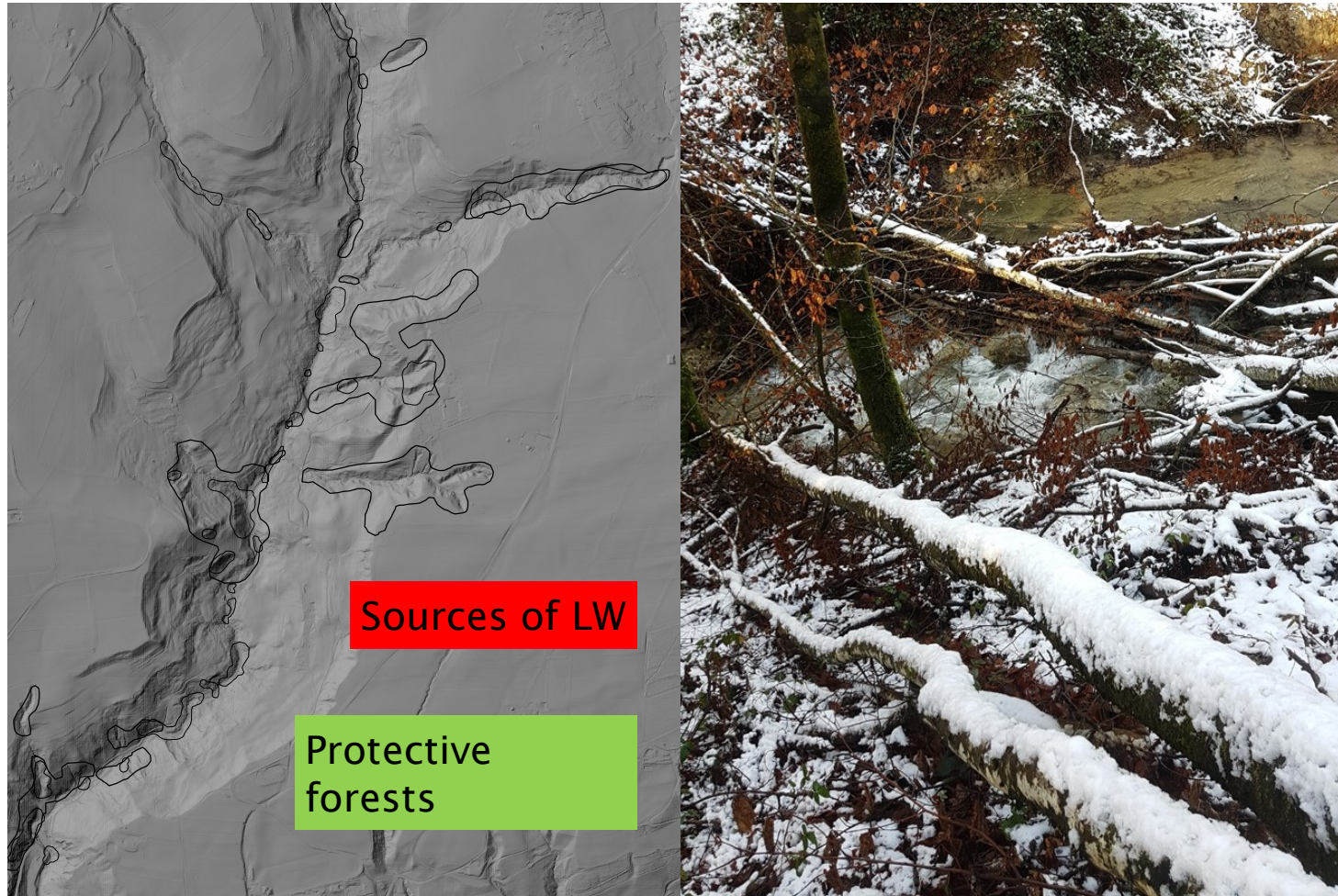


# Example SlideforMAP: Large Wood recruitment





# Example SlideforMAP: Large Wood recruitment







1930



1933



1953



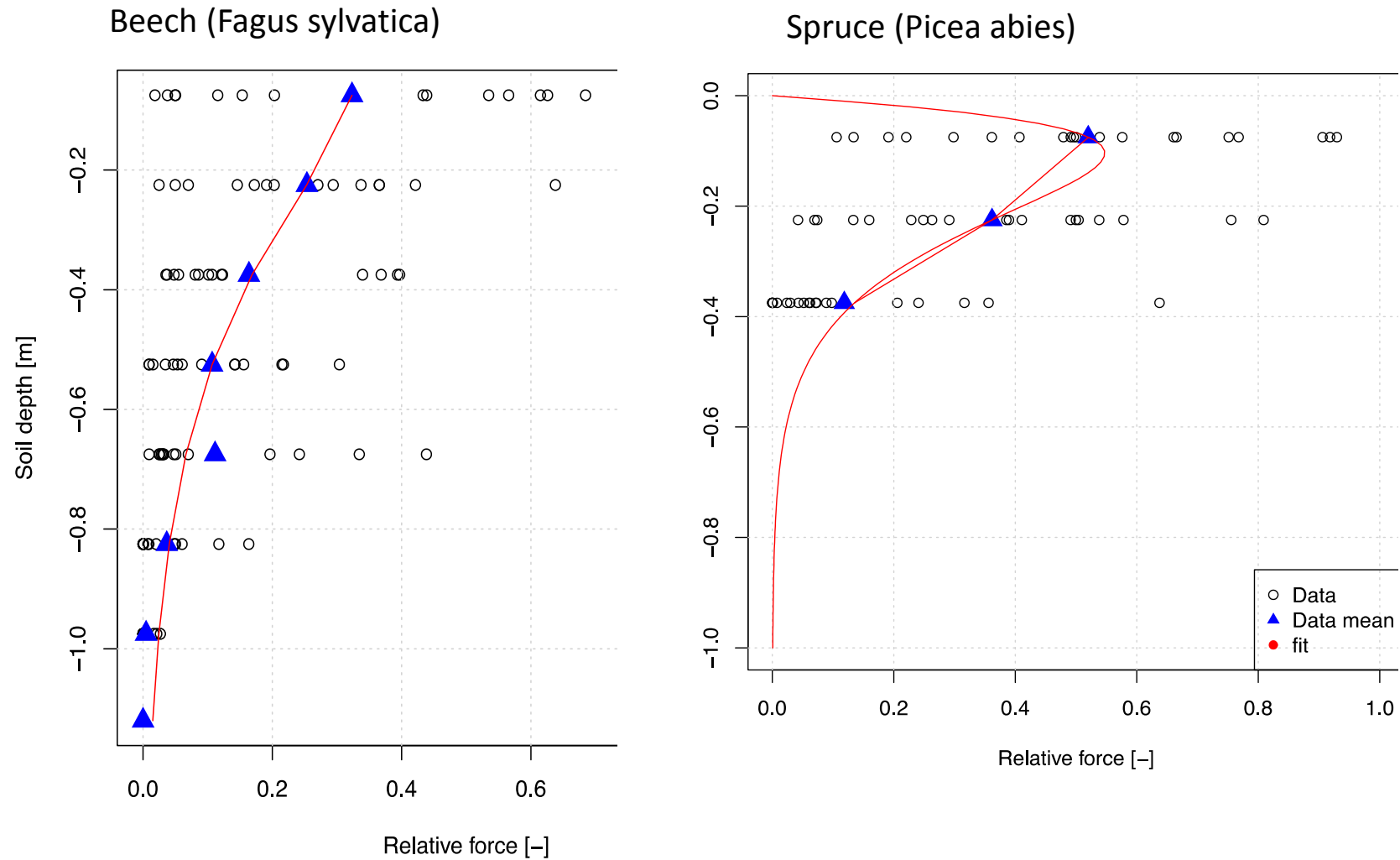
1983



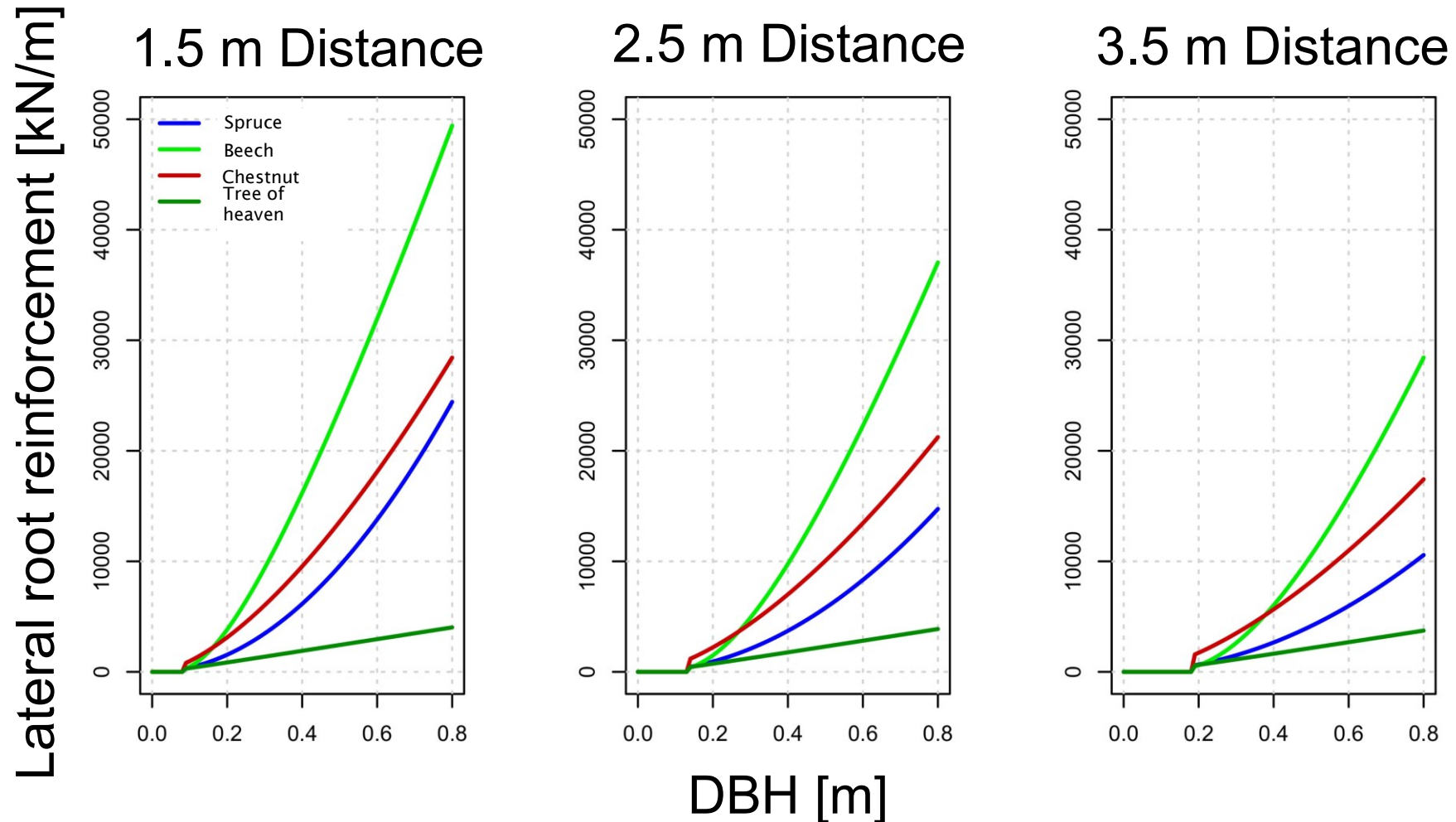
2010

# Distribution of root reinforcement:

vertical distribution of root reinforcement



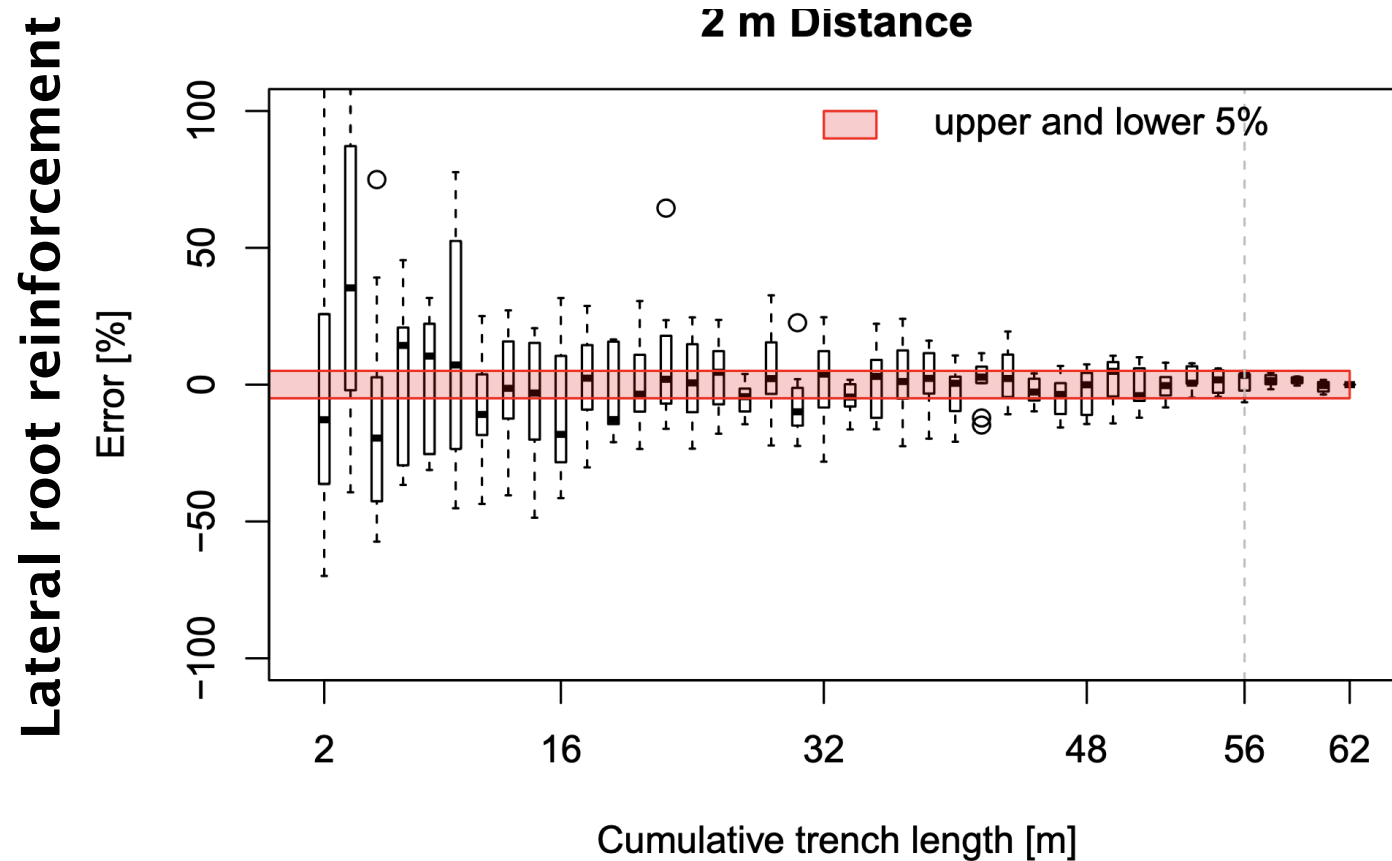
# Distribution of root reinforcement: Comparison between species





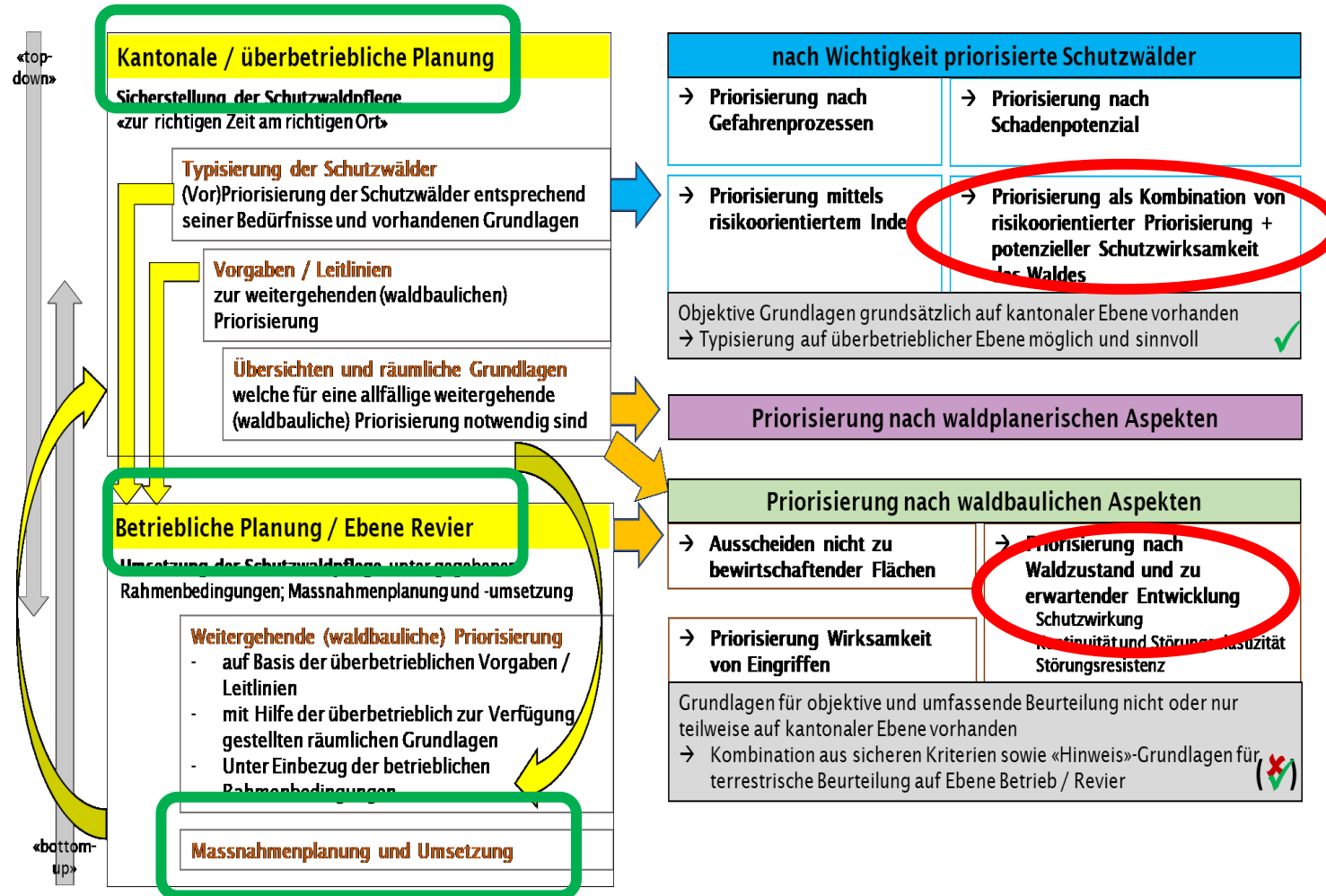
# Root reinforcement: Minimal representative sample

*Giadrossich et al., 2020, New Zealand Journal of Forestry Science*

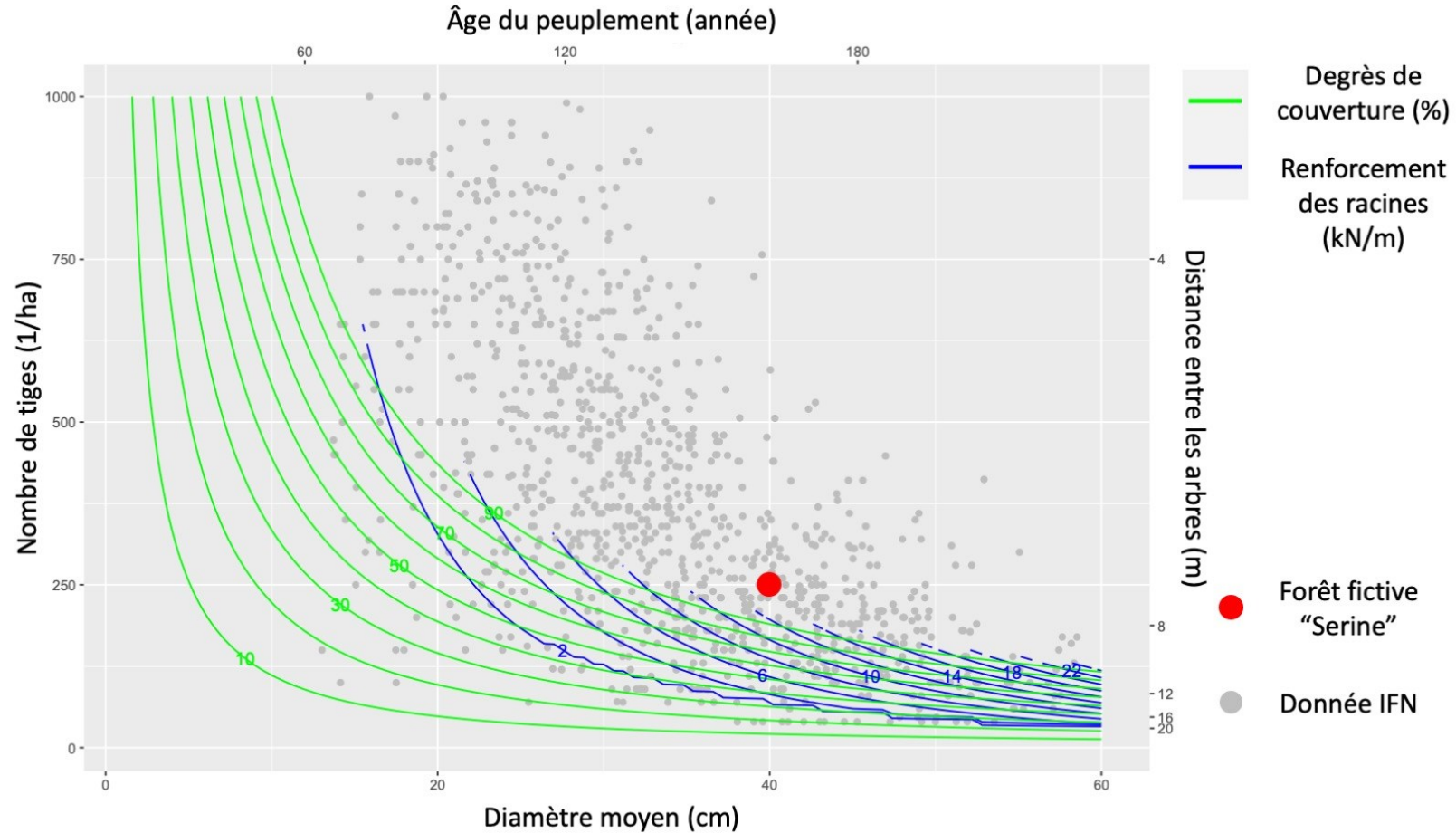


- **4-5 Trees** are needed to quantify the characteristic value of root reinforcement
- **Characteristic value** can be estimated = **Mean\*0.15**

# . Priorisation et décision

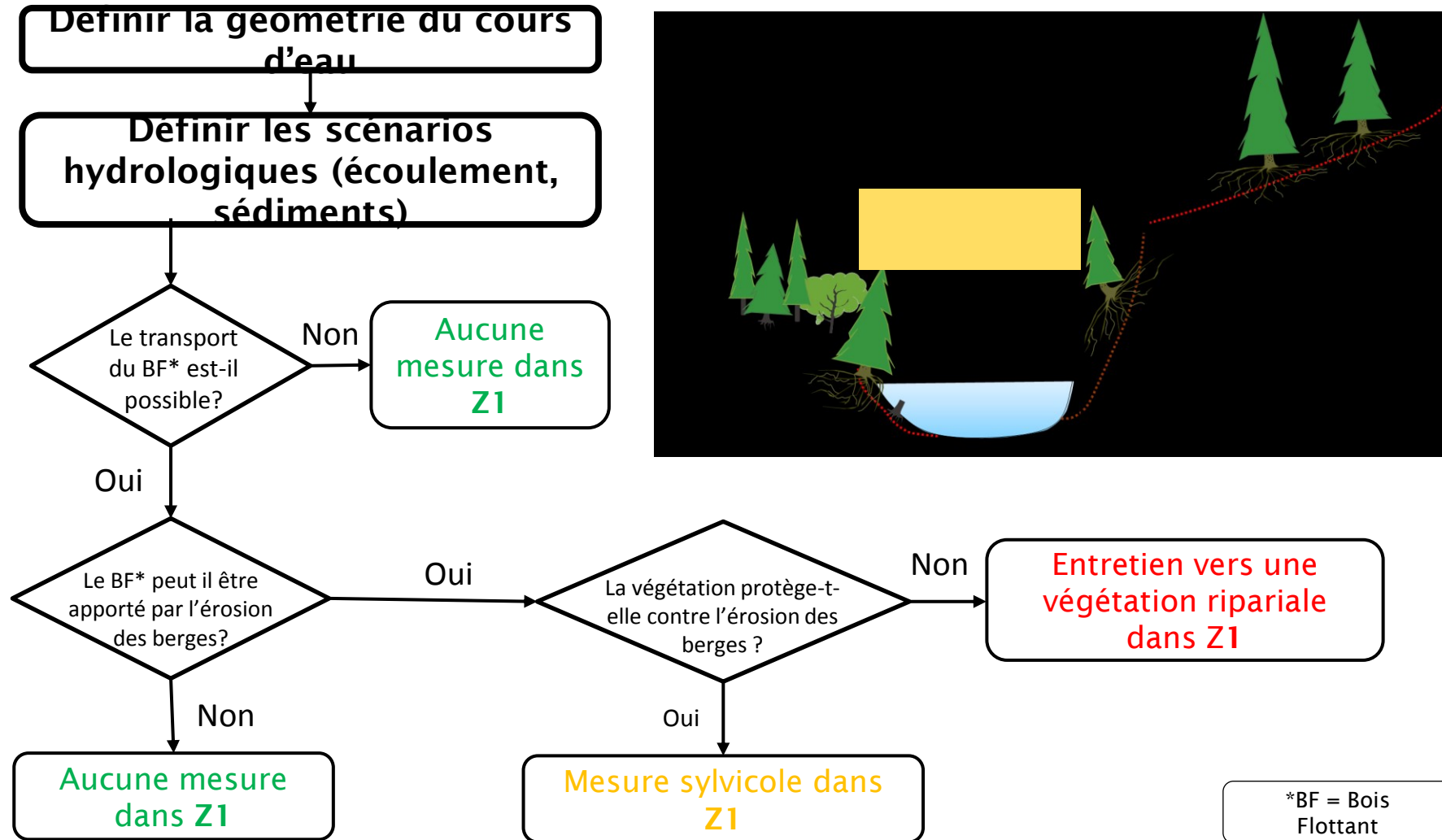


# 1. Priorisation et décision

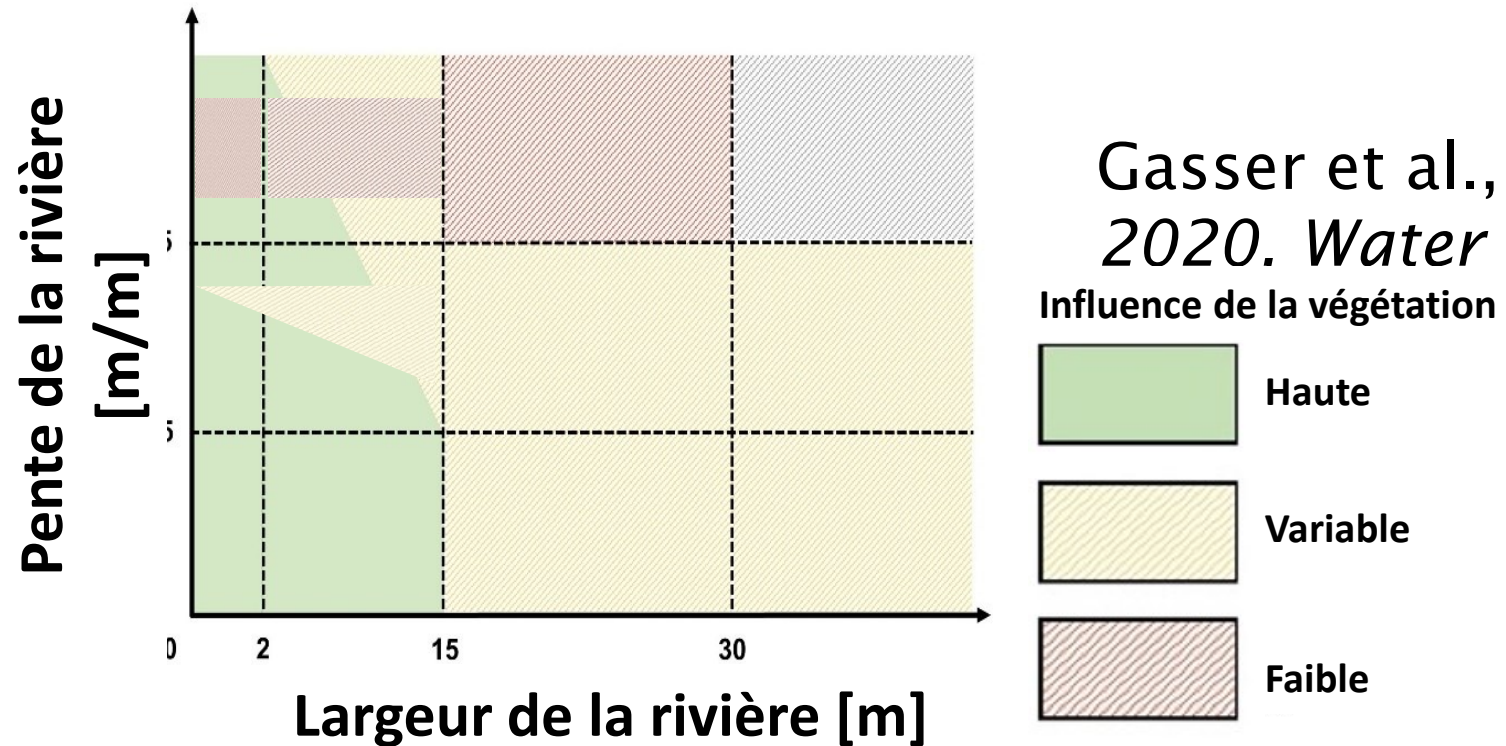




## 2. schéma décisionnel : érosion des berges



## 2. schéma décisionnel : érosion des berges

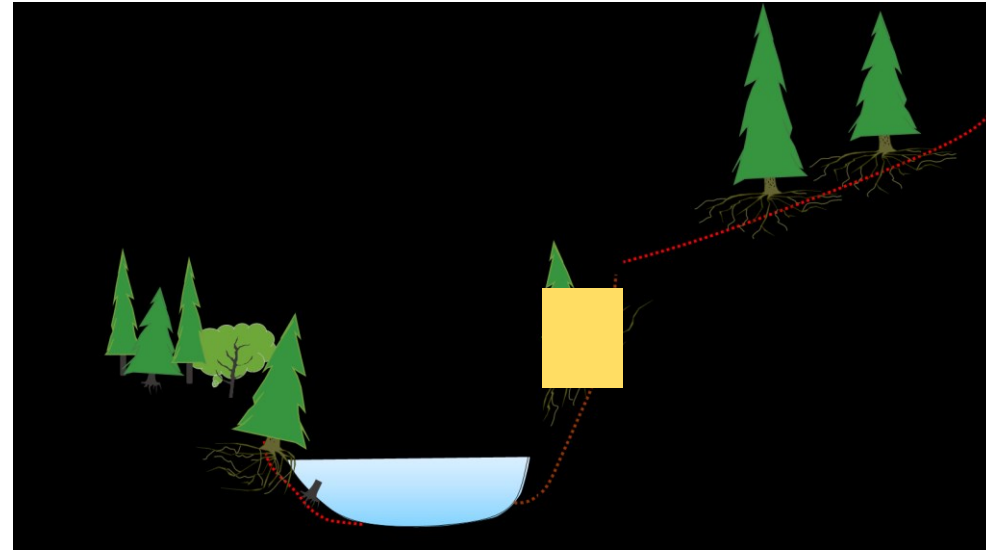
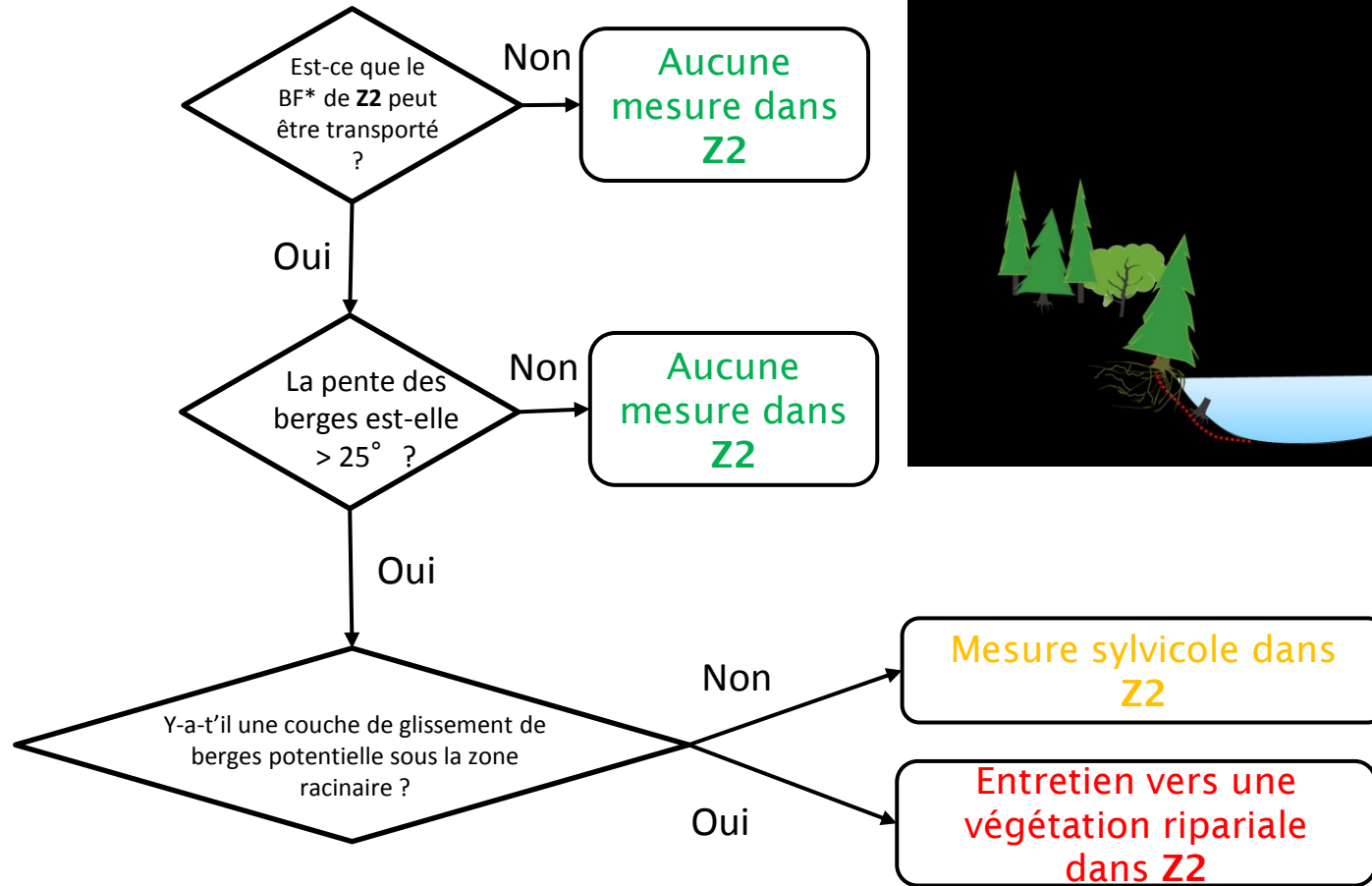








# 3. schéma décisionnel : glissements de berges



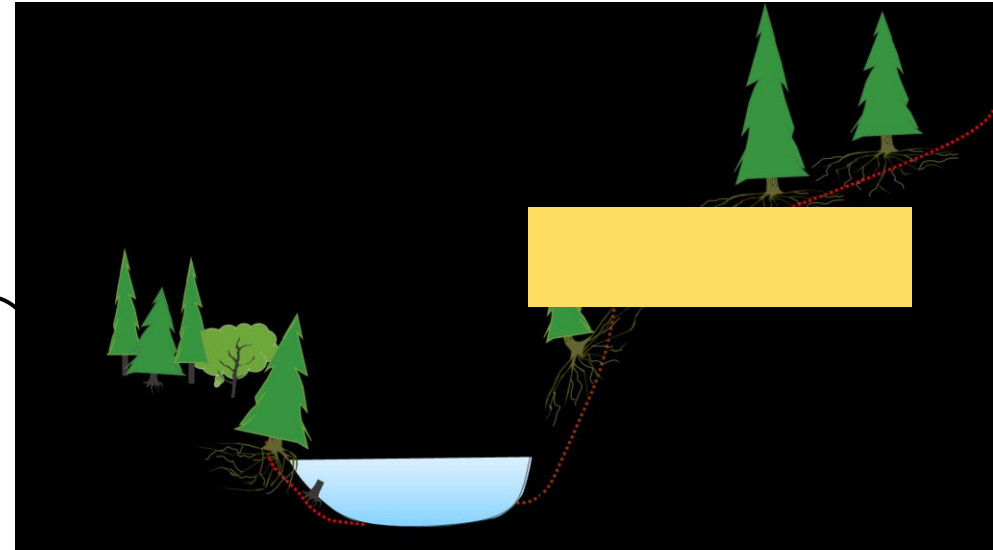
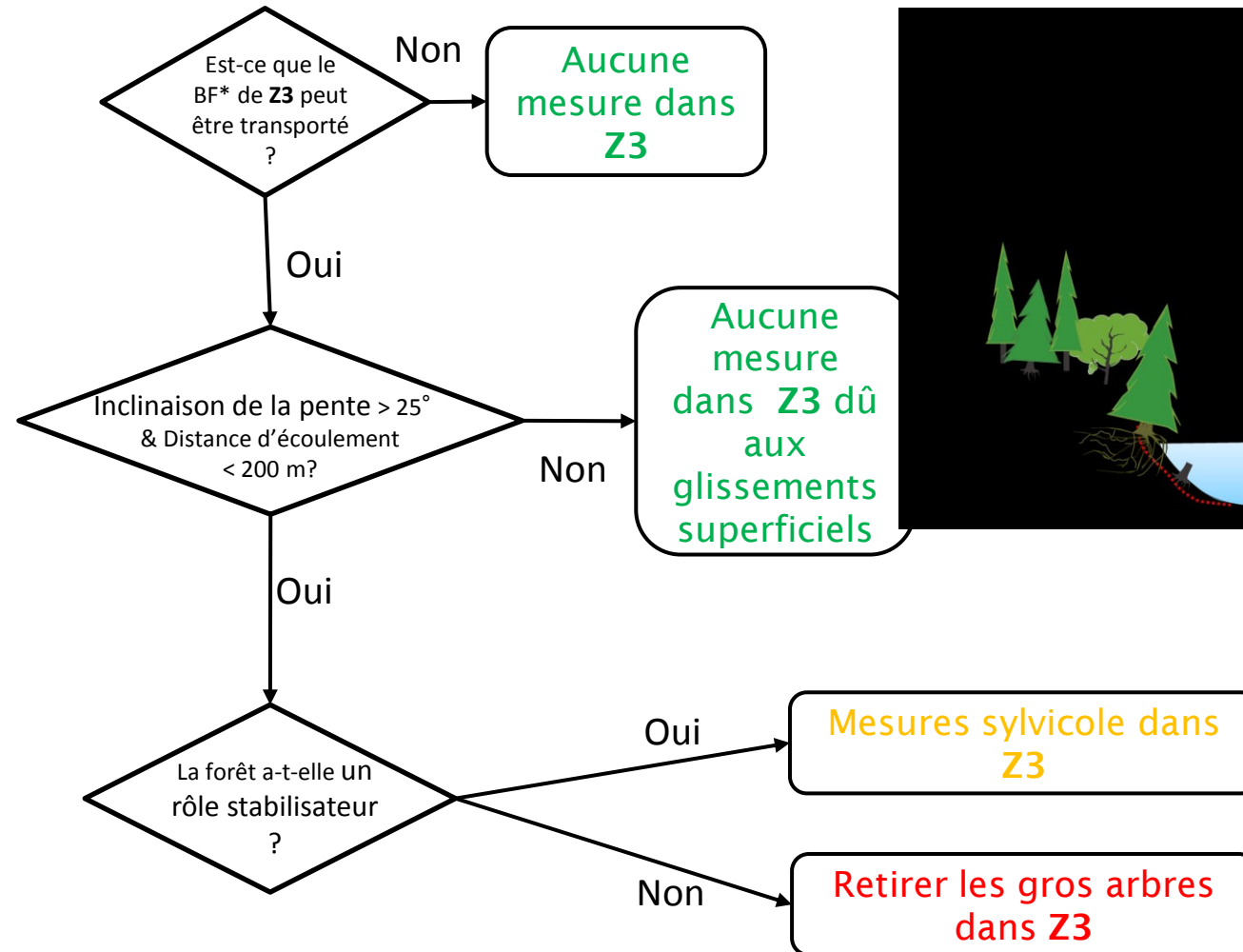
\*BF = Bois Flottant







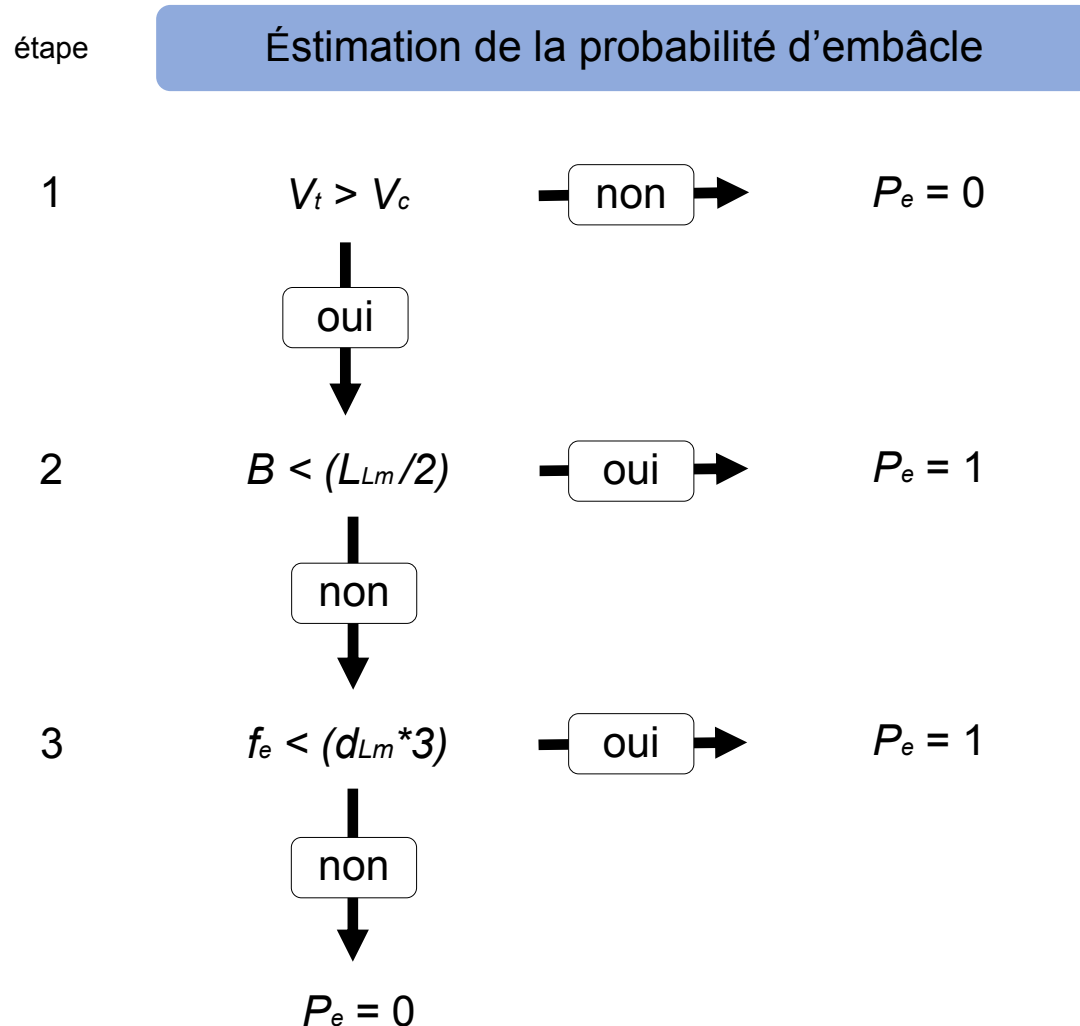
# 4. schéma décisionnel : glissements superficiels de terrain



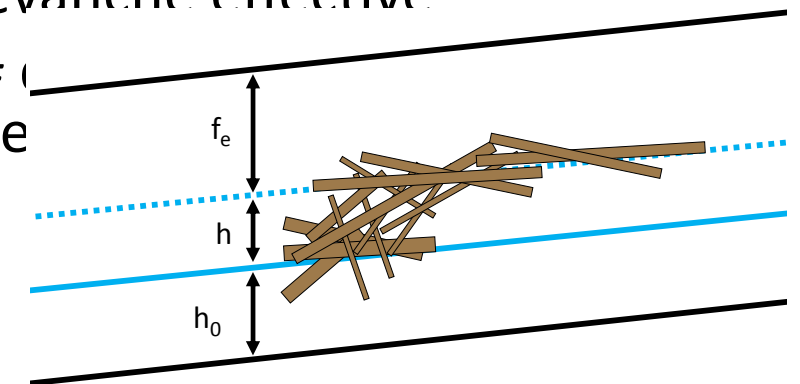
\*BF = Bois Flottant



# Probabilité d'embâcle



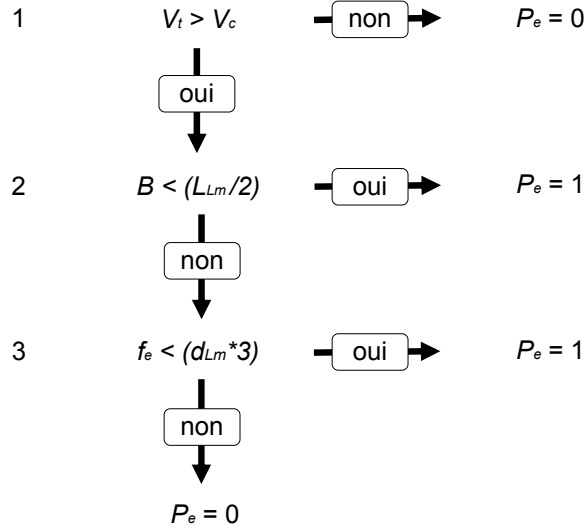
- $V_t$  = volume de bois transporté lors de l'événement étudié
- $V_c$  = volume de bois critique : volume maximum qui peut passer sous le pont sans créer d'embâcle
- $B$  = largeur intérieure du pont étudié
- $L_{Lm}$  = longueur moyenne des troncs dans le bassin versant
- $f_e$  = revanche effective
- $d_{Lm}$  = diamètre moyen des troncs dans le



# Probabilité d'embâcle dans la Serine pour un événement centenaire

étape

Estimation de la probabilité d'embâcle

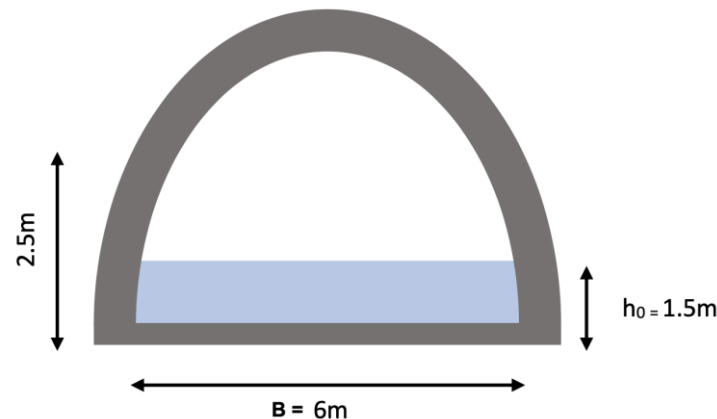


$$V_c = B * h_0^2 * 4.65$$

$$\Delta h = 0.076 * u^2$$

$$f_e = H - h - \Delta h$$

Pont cantonal



## étape 1

- ▶  $V_c = 6 * 1.52 * 4.65 = 62.78 \text{ m}^3$
- ▶  $V_t = 291 \text{ m}^3$
- ▶  $\rightarrow V_c < V_t \rightarrow \text{«oui»}$

## étape 2

- ▶  $B = 6m$ ;
- ▶  $L_{Lm}/2 = 1m$
- ▶  $B < L_{Lm}/2 \rightarrow \text{«non»}$

## étape 3

- ▶  $\Delta h = 0.076 * 52 = 1.9$
- ▶  $f_e = 2.4 - 1.5 - 1.9 = -1$
- ▶  $d_{Lm} = 0.3m$
- ▶  $d_{Lm} * 3 = 0.9$
- ▶  $f_e < d_{Lm} * 3 \rightarrow \text{«oui»} \rightarrow \text{embâcle (Pe = 1)}$

# Calcul des dommages et du risque

Matrice de la vulnérabilité des types d'objets en fonction de l'intensité			
Infrastructures	Dommages [CHF]		
	Faible	Moyenne	Forte
Pont sans infrastructures	50'000	62'500	425'000
Pont avec quelques infrastructures / Pont ferroviaire	300'000	500'000	2'750'000
Pont avec village	1'250'000	3'500'000	7'500'000
Pont avec ville	15'500'000	32'500'000	55'000'000

- si  $\frac{V_c}{V_t} < 0.2$ , l'intensité est forte
- si  $\frac{V_c}{V_t} = [0.2; 0.5]$ , l'intensité est moyenne
- si  $\frac{V_c}{V_t} > 0.5$ , l'intensité est faible

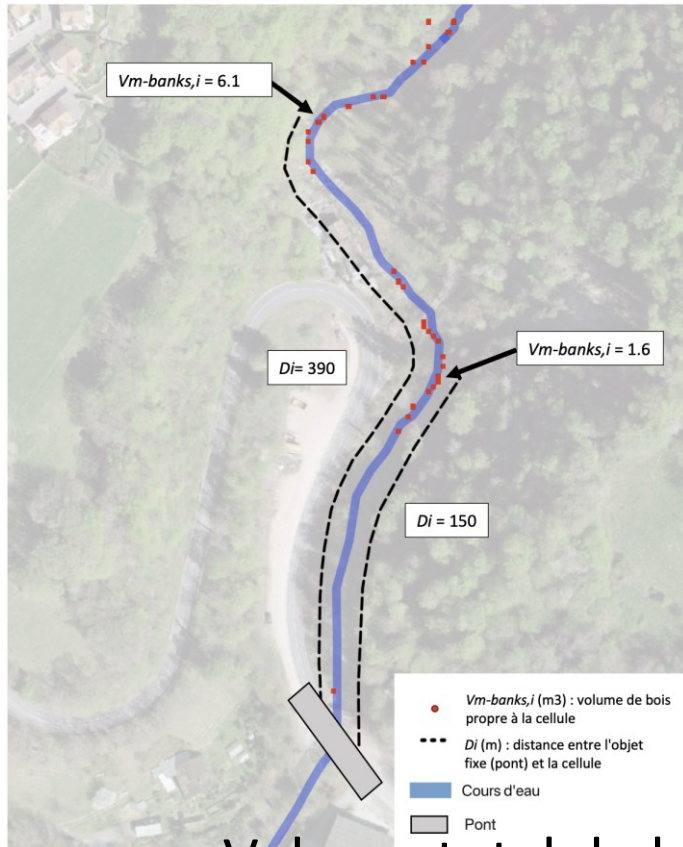
- $V_t$  = volume de bois transporté lors de l'événement étudié
- $V_c$  = volume de bois critique : volume maximum qui peut passer sous le pont sans créer d'embâcle

Période de retour (ans)	Volume transporté $V_t$ (m3)	Volume critique $V_c$ (m3)	Ratio $V_c/V_e$	Classe d'intensité	Dommages (CHF)	Risque $R$ (CHF/an)
30	236	63	0.267	moyenne	62'500	2'084
100	291	63	0.216	moyenne	62'500	625
300	322	63	0.196	forte	425'000	1'417
1000	429	63	0.147	forte	425'000	425
Risque total (CHF/an)	4'551					



# Une valeur de risque pour chaque cellule du bassin versant

$$A_i = \sum_{y=1}^j \frac{V_{e,i,y}}{V_{e,y}} * \frac{a}{D_i} * R$$



- Le risque propre à chaque cellule dépend du rapport entre le volume de bois recruté à cet endroit et le volume de bois total
- On additionne ces valeurs de bois obtenues pour les différents temps de retour pour obtenir le risque total (CHF/an)
- Le risque lié à chaque cellule diminue avec sa distance au pont
- Pour les glissements et l'érosion des berges ensemble, ou séparément

$$A_i = \frac{1.6}{15262} * \frac{a}{150} * 4551 = 0.003 \text{ CHF/an}$$

$$A_i = \frac{6.1}{15262} * \frac{a}{390} * 4551 = 0.005 \text{ CHF/an}$$

Risque total R (CHF/an)

Volume total de bois  $V_e$  (somme des valeurs des différents temps de retour) (m3)

Priorisation des forêts de protection et calcul du risque lié au bois flottant : utilisation d'outils informatiques pour une analyse à l'échelle d'un bassin versant

Guide destiné aux praticiens et praticiennes

Table des matières

1

Introduction : modèles et applications

3

2

Acquisition et traitement des données nécessaires à l'utilisation des logiciels

5

2.0.1

Données du sol

5

2.0.2

Données hydrologiques

6

2.0.3

Données de surface

6

2.0.4

Données de peuplement forestier

6

3

Utilisation des logiciels : entrées, produits et présentation des interfaces

8

3.0.1

SlideforMAP : Modélisation des glissement de terrain

8

3.0.2

SlideforMAP : résultats générés

8

3.0.3

SlideforMAP : entrées nécessaires

8

3.0.4

SlideforMAP : interface utilisateur

9

3.0.5

BankforMAP : Modélisation de l'érosion des berges et du transport de bois flottant

10

3.0.6

BankforMAP : résultats générés

10

3.0.7

BankforMAP : entrées nécessaires

10

3.0.8

BankforMAP : interface utilisateur

11

4

Interprétation des résultats

12

5

Calcul de la probabilité d'embâcle, des dommages potentiels et du risque

13

5.0.1

Calcul de la probabilité d'embâcle

13

6

Calcul du risque lié au bois flottant

17

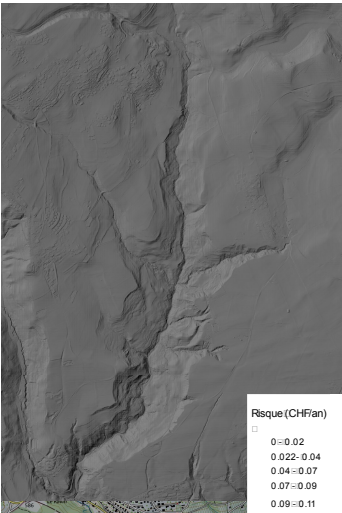
4 Interprétation des résultats

BankforMAP et SlideforMAP produisent plusieurs fichier .tif pour chaque temps de retour étudié. Parmi les résultats générés, certains sont destinés à être utilisés en l'état :

- Les cartes de probabilité d'occurrence des glissements superficiels de terrain en l'état actuel de la forêt permettent d'identifier directement les zones du bassin versant particulièrement exposées à ce processus.
- Les cartes de probabilité d'occurrence d'érosion des berges en l'état actuel de la forêt permettent d'identifier directement les zones du bassin versant particulièrement exposées à ce processus
- Les cartes de renforcement racinaire latéral et basal (SfM) ont une application limitée, mais elles permettent une première identification des zones où la forêt apporte un renforcement racinaire important.

D'autres résultats nécessitent une action supplémentaire avant d'être interprétées. C'est le cas de :

- Les cartes des forêts avec un haut degré de protection contre les glissements superficiels de terrain (SfM) et l'érosion des berges (BfM) sont obtenues par comparaison entre une modélisation avec la forêt actuelle et une modélisation en absence de végétation. Ces deux fichiers .tif sont générés séparément. En pratique, il s'agit de soustraire le premier fichier au second. Cette action peut être effectuée sur un logiciel de traitement de données ou SIG.
- Les cartes de l'effet de la forêt fictive (correspondant a un Profil NaiS minima/ideal) sont obtenues par comparaison entre une modélisation sans la forêt et une modélisation avec la forêt fictive. Pour obtenir cette seconde modélisation, il est nécessaire de créer un fichier tree.csv simulant la forêt fictive (répartition aléatoire de la densité d'arbres et attribution d'un DHP idéal) avant les modélisations BankforMAP et SlideforMAP.
- Les cartes des principales sources de bois flottant sont basées sur les valeurs de volume de bois flottant mobilisé par les glissements superficiels de terrain (SfM) et l'érosion des berges (BfM). Ces valeurs sont calculées pour chaque cellule du fichier .tif généré . Pour faciliter la lecture de ces cartes, on admet que les principales sources de bois flottant sont celles où la densité de cellules contenant ce type de valeurs est la plus élevée. Pour les obtenir, plusieurs outils sont à disposition, comme par exemple "Proximity (raster distance)", développé par la Geospatial Data Abstraction Library.
- Les valeurs de bois flottant recruté par les glissements superficiels de terrain et l'érosion des berges sont calculées pour chaque cellule du fichier .tif généré se trouvant dans le cours d'eau. Le géoréférencement de ces valeurs a une utilité limitée, mais l'addition de ces valeurs sert ensuite à l'analyse des dangers et risques. En effet, on obtient ainsi la charge de bois flottant attendue pour l'événement étudié.
- Les cartes du risque lié au bois flottant sont basées sur la formule 4 développée dans la section 6 et il s'agit de l'appliquer à toutes les cellules du bassin versant étudié pour attribuer une valeur de risque à chacune d'elles. La localisation et le volume de ces cellules sont générées dans un fichier .tif. La distance entre ces cellules et le ou les pont(s) étudiés, nécessaire à l'application de cette formule, doit être calculée au préalable. Cela peut être fait avec un logiciel SIG ou de traitement de données, en utilisant des outils type "least cost path" ou "shortest line".



BankforMAP

Output directory :

DEM file :

☒ FINT output (.tif) :

☐ No tree

☐ Ideal forest

Ideal banks critical shear stress (Pa)

75

☒ Banks average D50 (mm)

☐ Banks average critical shear stress (Pa)

Bed D50 at outlet (mm)

☐ Stream type :

☐ Slope/CA parameters:

Max discharge at outlet (m3/s)

Duration (min)

Catchment area at outlet (km2)

Erosion coeff.

6.699e-7

Manning coeff.

0.1

☒ LW values

Average length (m)

1

Average diameter (m)

0.1

SlideforMAP Landslide LW recruitment (.tif)

SlideforMAP Landslide LW tree cell (.tif)

6 Calcul du risque lié au bois flottant

La valeur du risque  $R$  (CHF/an) lié au bois flottant pour un objet fixe se calcule en 5 étapes :

1. Calcul du volume critique  $V_c$  propre à l'objet étudié (déjà obtenu lors du calcul de probabilité d'embâcle)
2. Calcul du volume transporté  $V_t$  propre au temps de retour étudié (déjà obtenu lors du calcul de probabilité d'embâcle)
3. Calcul du ratio  $V_c/V_t$  pour définir l'intensité de l'événement sur la base de la matrice de vulnérabilité (tableau 6)
4. Report de la valeur de dommage au temps de retour choisi pour obtenir une valeur annuelle

L'intensité de l'événement est évaluée ainsi :

- si  $V_c/V_t < 0.2$ , l'intensité est forte
- si  $V_c/V_t = [0.2; 0.5]$ , l'intensité est moyenne
- si  $V_c/V_t > 0.5$ , l'intensité est faible

Le tableau 6 est une matrice de vulnérabilité basée sur les valeurs EconoME. Les valeurs de dommages peuvent donc en être tirées directement en fonction de l'intensité pour différentes situations.

Matrice de la vulnérabilité des types d'objets en fonction de l'intensité			
Infrastructures	Dommages (CHF)		
	Faible	Moyenne	Forte
Pont sans infrastructures	50'000	67'500	425'000
Pont avec quelques infrastructures / Pont ferroviaire	300'000	500'000	2'750'000
Pont avec village	1'250'000	3'500'000	7'500'000
Pont avec ville	15'500'000	32'500'000	55'000'000

FIGURE 6 – Matrice de vulnérabilité basée sur les valeurs de EconoME