



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Le tassement des sols forestiers



*Pourquoi implanter et maintenir un réseau de cloisonnements pérennes?*

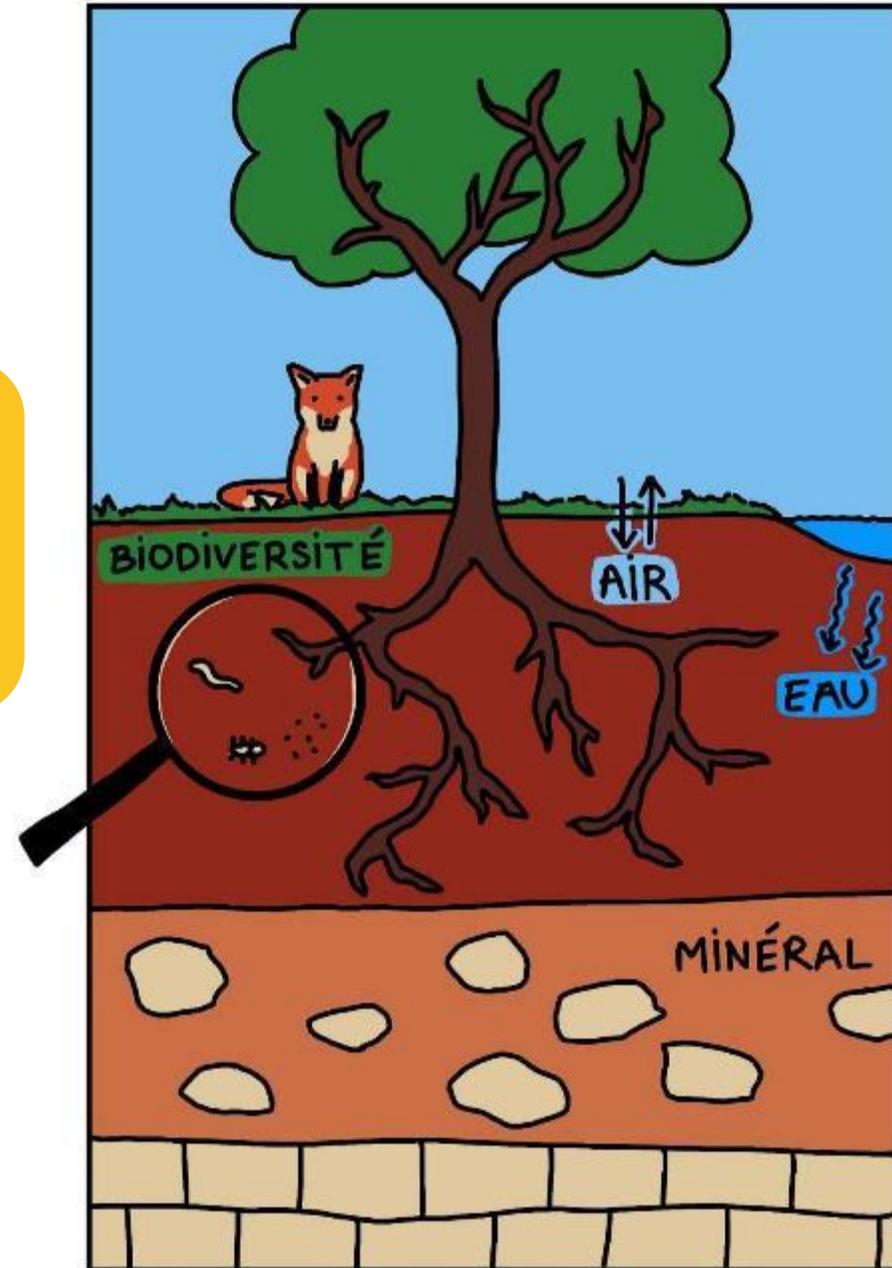
Décembre  
2022

# Qu'est-ce qu'un sol?

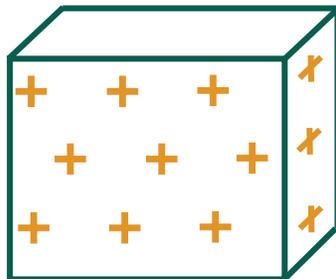
Couverture pédologique

Volume qui s'étend de la surface de la terre à une roche peu altérée

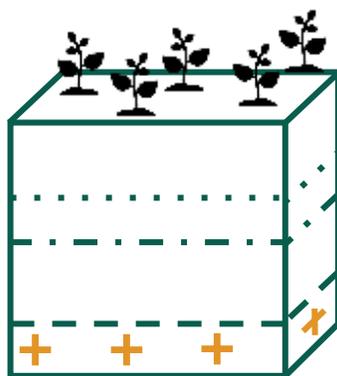
Milieu triphasé en interaction avec activité biologique



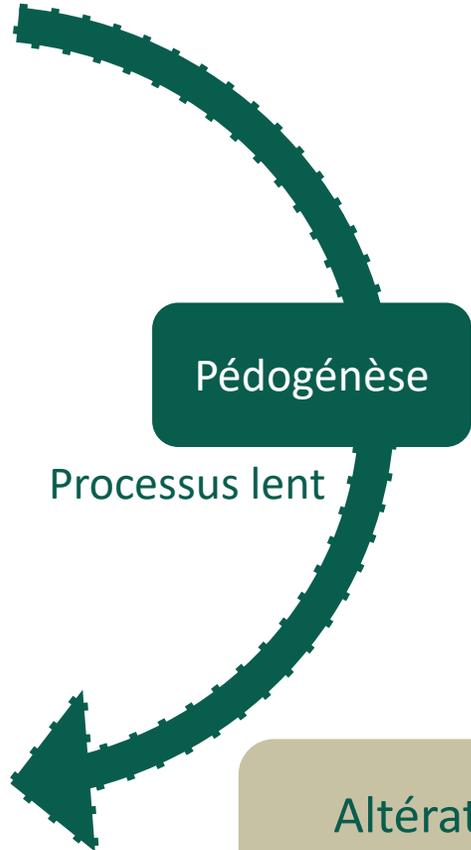
# Qu'est-ce qu'un sol?



Pas de sol différencié



Sol différencié



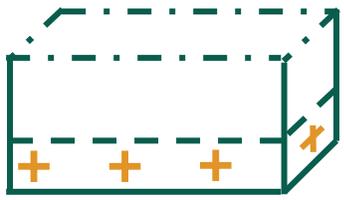
Pédogénèse

Processus lent

Altération du matériau parental > érosion

# Qu'est-ce qu'un sol?

Erosion > Altération du matériau parental

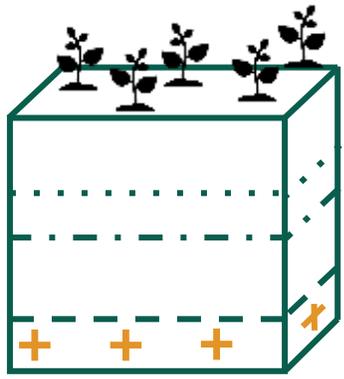


Sol érodé

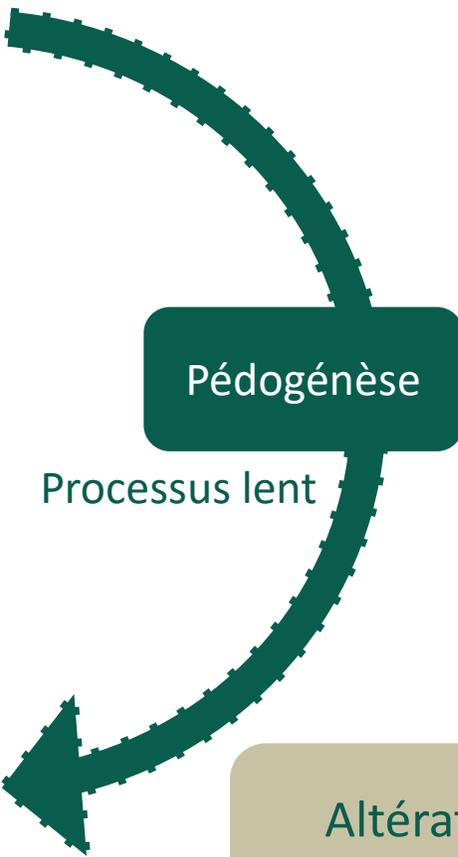
Érosion

Processus qui peut être très rapide

Action humaine



Sol différencié



Pédogénèse

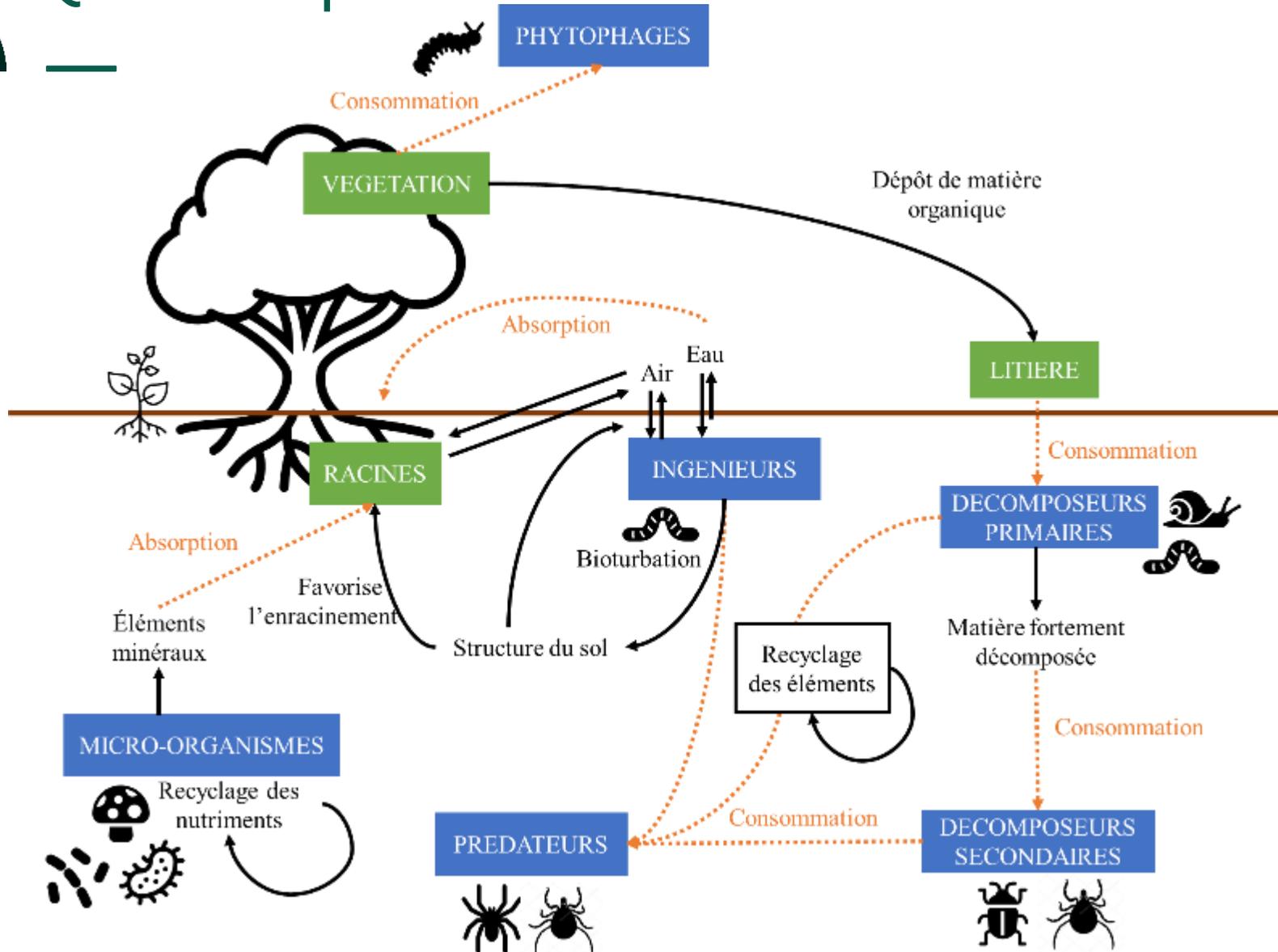
Processus lent

Altération du matériau parental > érosion

5 facteurs de formation

-  Climat
-  Matériau parental
-  Topographie
-  Êtres vivants
-  Temps

# Qu'est-ce qu'un sol?



Services fournis :

-approvisionnement ou support aux activités humaines (fourniture aliments, bois...)

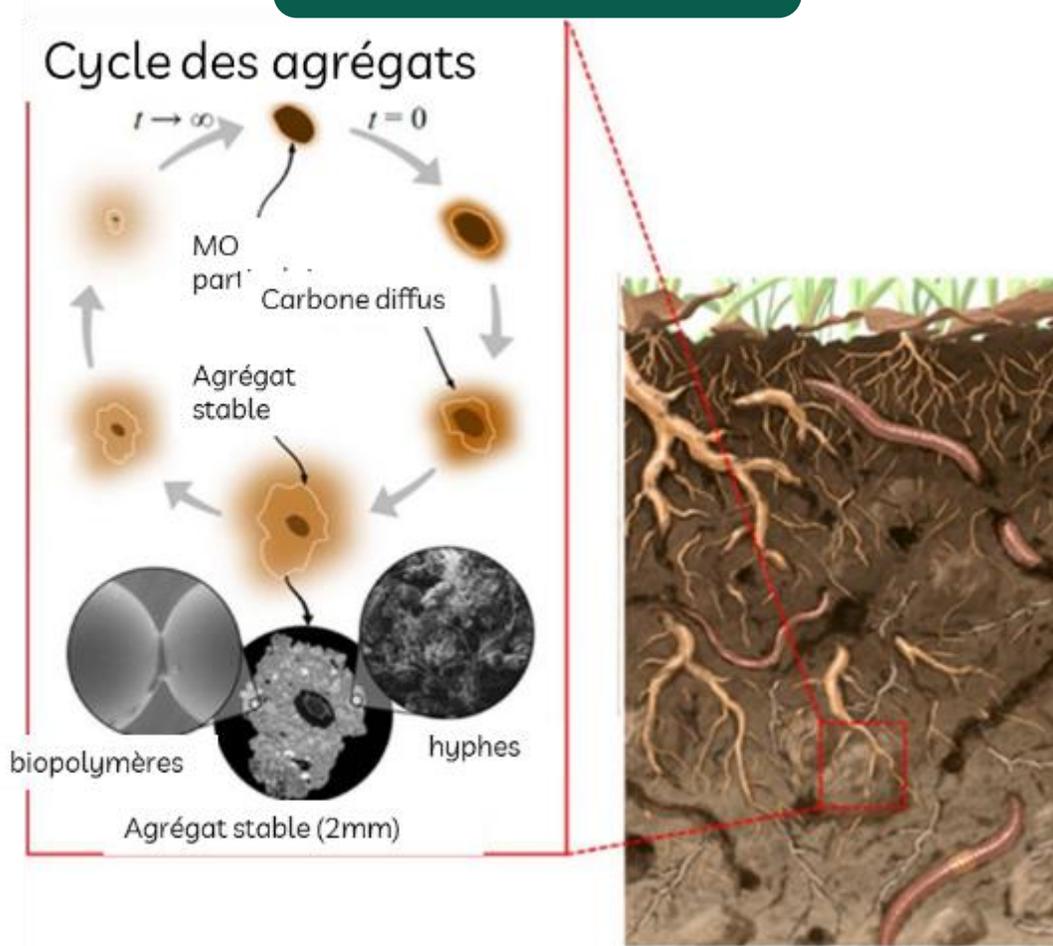
-régulation (qualité de l'air et des eaux, pouvoir tampon face aux sécheresses et aux crues...)

-d'auto-entretien (cycles des éléments nutritifs)

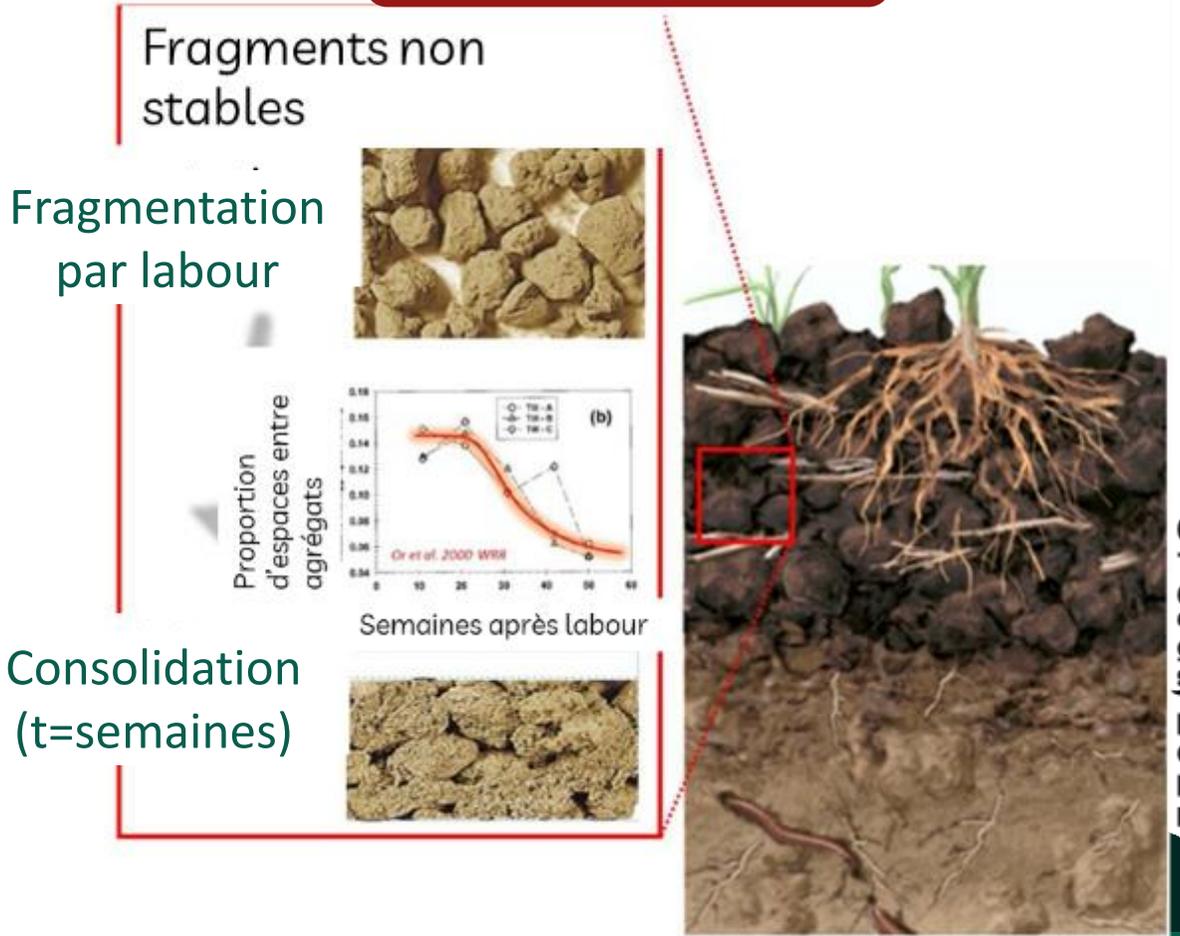
-culturels

# Qu'est-ce qu'un sol?

Sol naturel

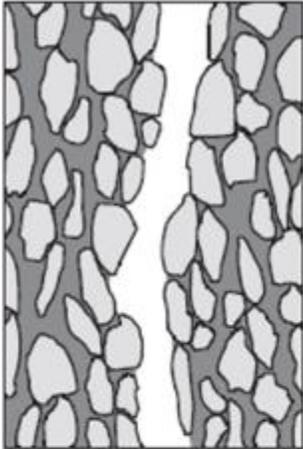


Sol tassé et labouré



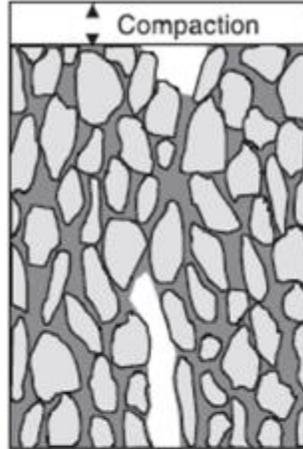
# Qu'est-ce que le tassement?

①



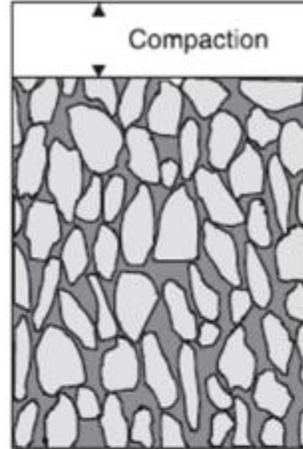
Etat initial

②



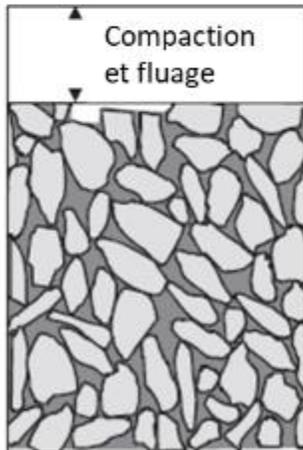
Diminution du diamètre des pores et augmentation de la saturation du sol en eau => les flux de gaz sont réduits

③



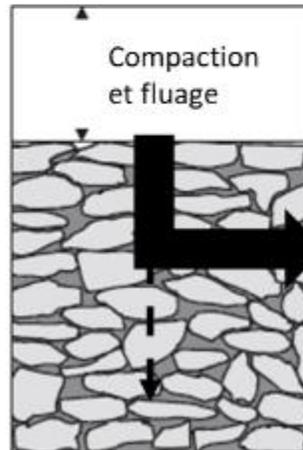
Les flux d'eau sont diminués proportionnellement à la réduction du diamètre des pores

④



Réarrangement des particules et/ou des pores

⑤



Anisotropie perméabilité à l'eau horizontale >> verticale



# Qu'est-ce que le tassement?

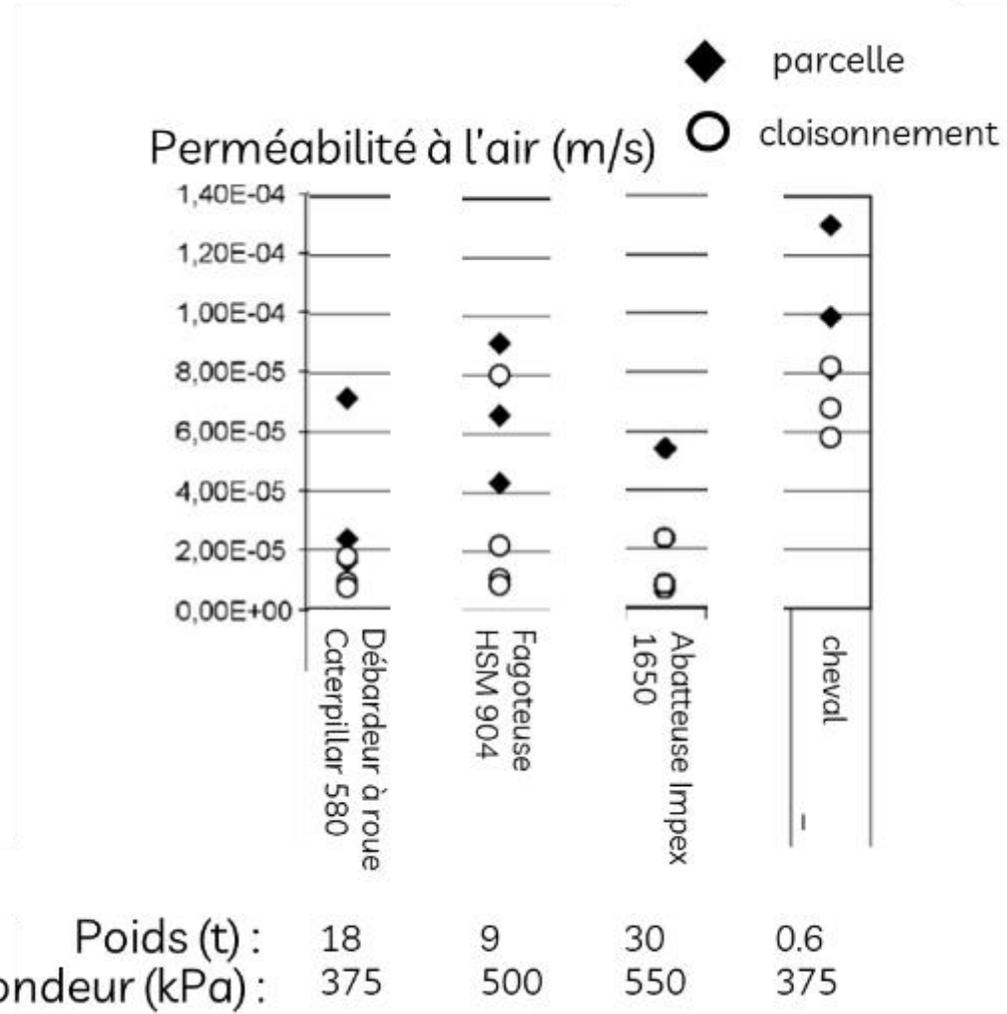
Horn et al., 2007 (Allemagne) :

Pressions exercées par des engins forestiers à 20cm de profondeur : **3 – 5,5 kg/cm<sup>2</sup>** (poids de 0,6 à 45t)

>> Résistance interne des sols forestiers à 20cm de profondeur: **0,2 – 0,5 kg/cm<sup>2</sup>**

Pour le cloisonnement : 0,2 à 0,9 kg/cm<sup>2</sup>

=> **Risque de déformation** du sol sous passage d'engins forestiers est très élevé quelque soit le type d'engin



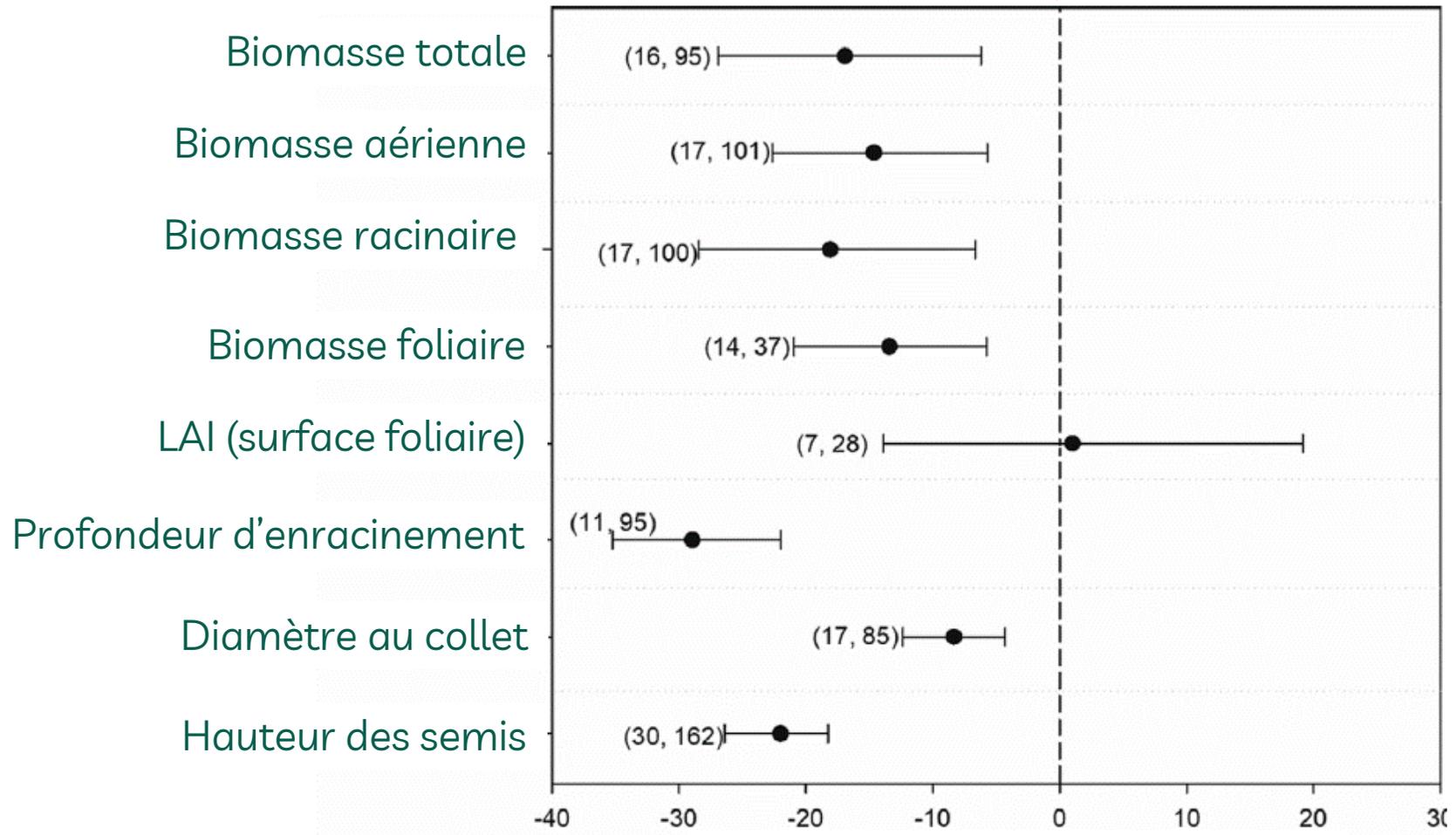


# Qu'est-ce que le tassement?



Effet négatif du tassement

Effet positif du tassement



Mariotti et al. 2020

Pourcentage de changement  
(circulé - témoin) / témoin × 100



# Qu'est-ce que le tassement?

Sites de suivi à long terme des effets du tassement : **2 passages (un aller-retour)** d'un porteur 20t sur sols frais



**traitement témoin** : coupe rase et débardage par câble mât



**traitement tassé** : coupe rase, débardage par câble mât puis 2 passages d'un porteur



**Création d'ornières de 5 cm en moyenne**

INRAE



# Qu'est-ce que le tassement?

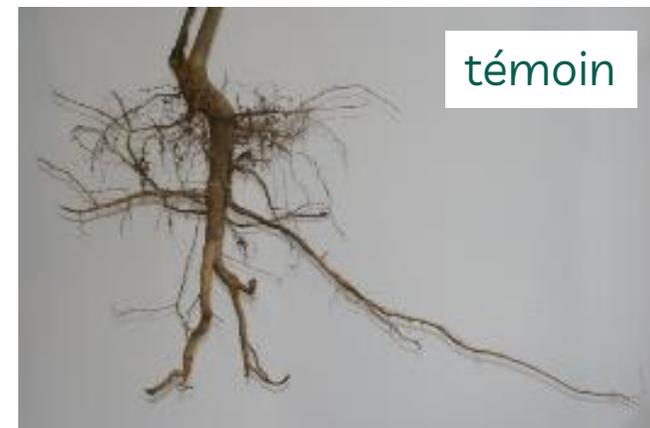
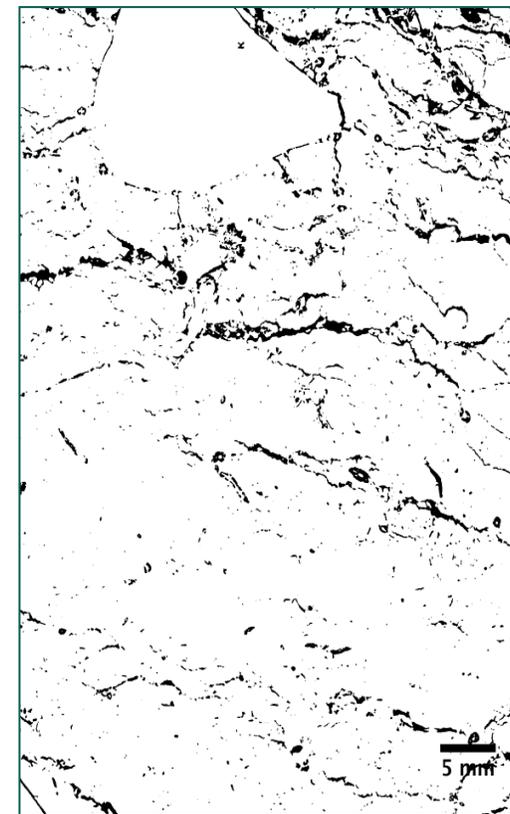
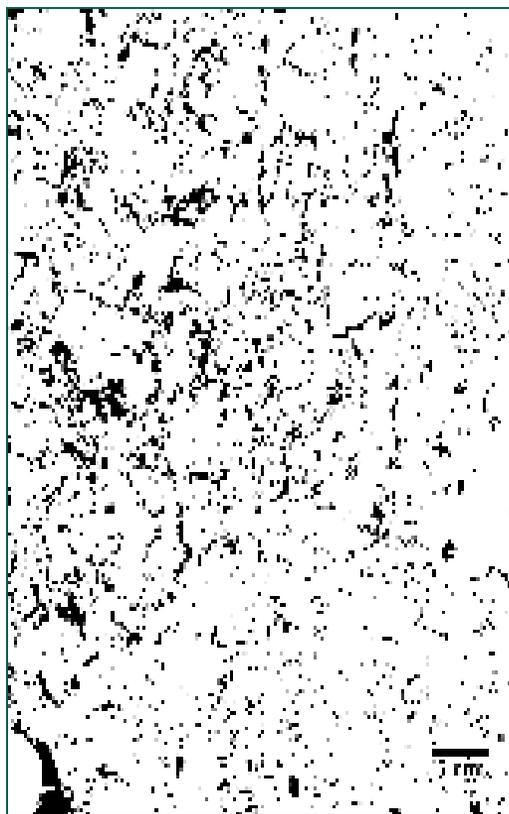
Analyse d'image sur lames minces de sol :  
espaces vides en noir

témoin

tassé t0

tassé t+2ans

0



Bottinelli et al. (2014)

N. Bottinelli et B. Fatré (2011)

15cm

# Qu'est-ce que le tassement?

INRAE



tassé

témoin

11 ans après  
les 2  
passages du  
porteur

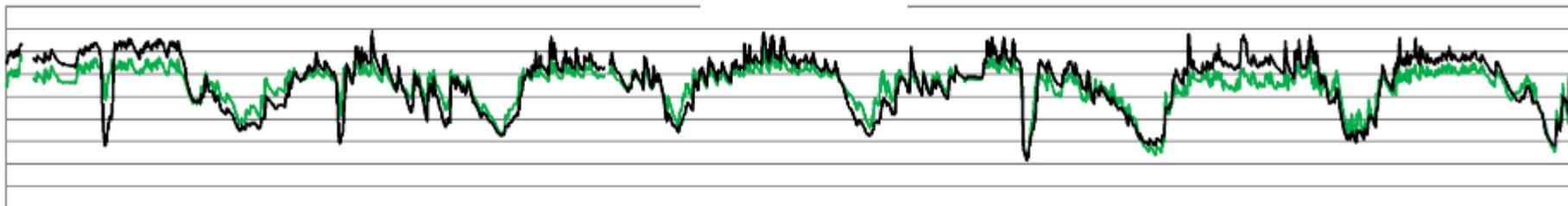


# Qu'est-ce que le tassement?

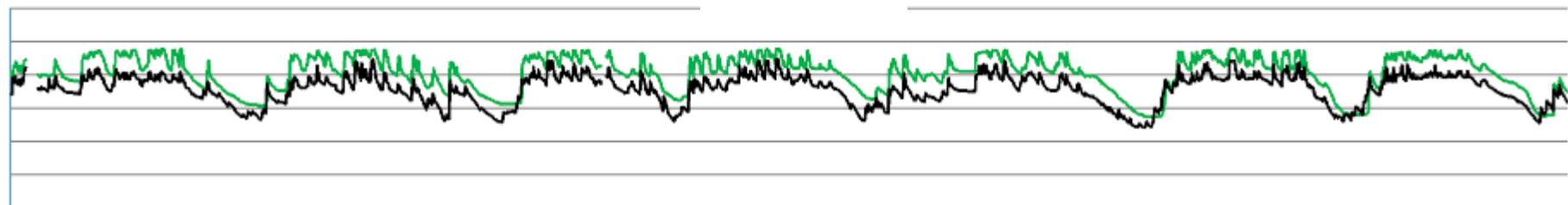
teneur en eau /%v

10-15 cm

— sol non perturbé  
— + 2 passages porteur 20 t



55-60 cm

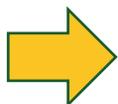


16/07/2007

16/07/2014



INRAE



Augmentation du risque  
d'engorgement en surface  
(zone plane)...



... ou du **risque**  
d'érosion (pente)

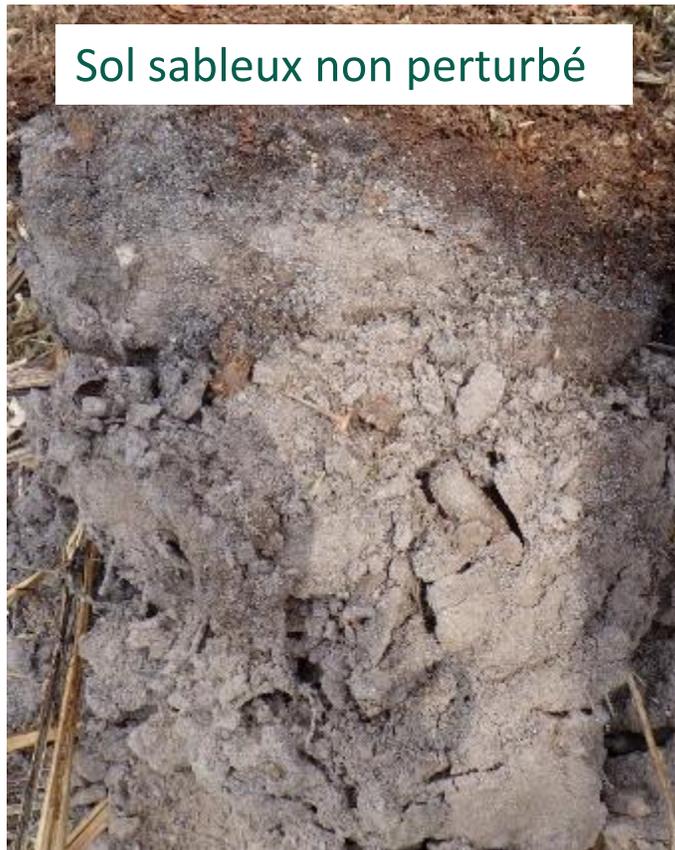






# Qu'est-ce que le tassement?

—



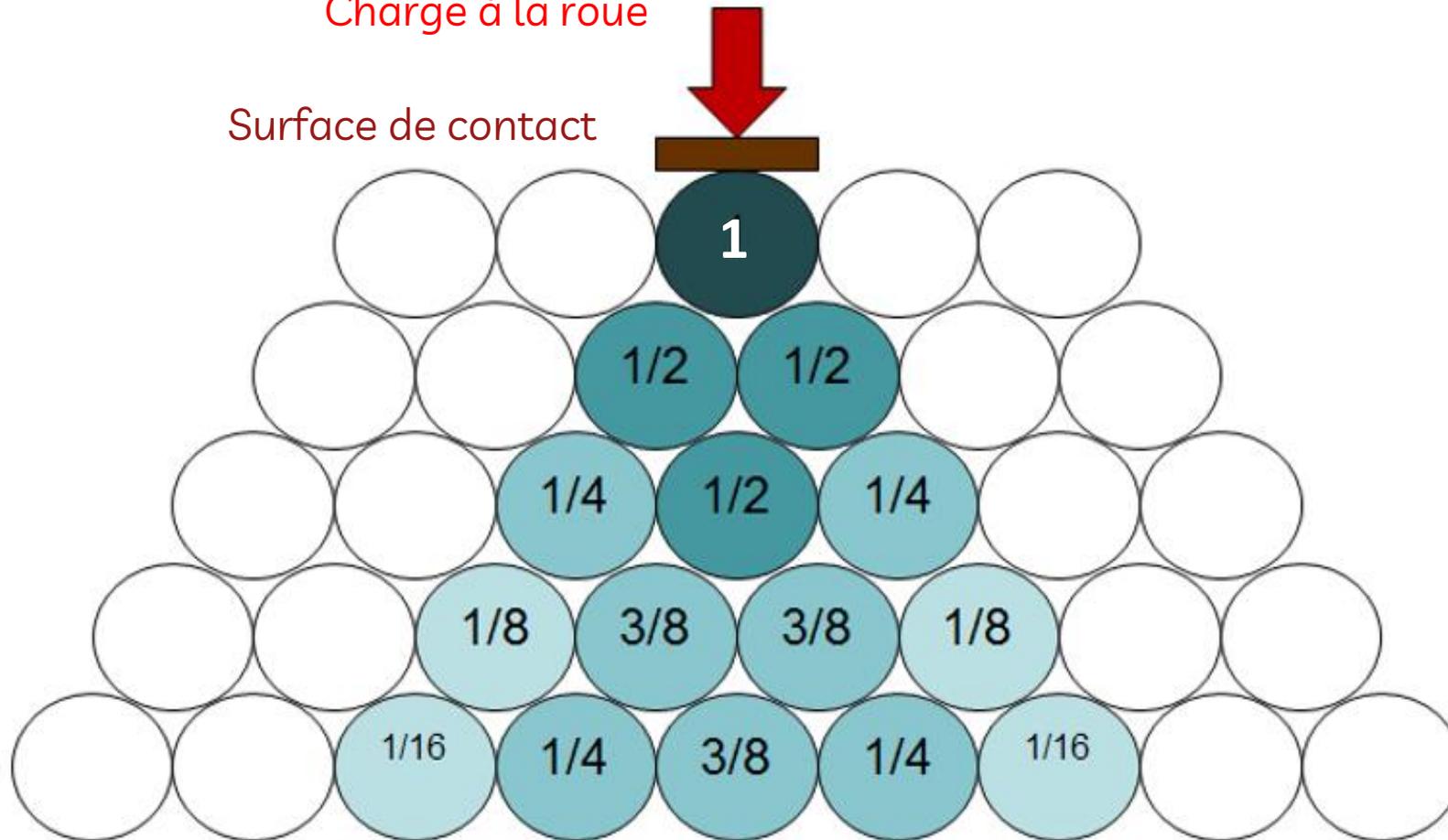


# Interactions machines -sol

Pression = intensité de la force par unité de surface

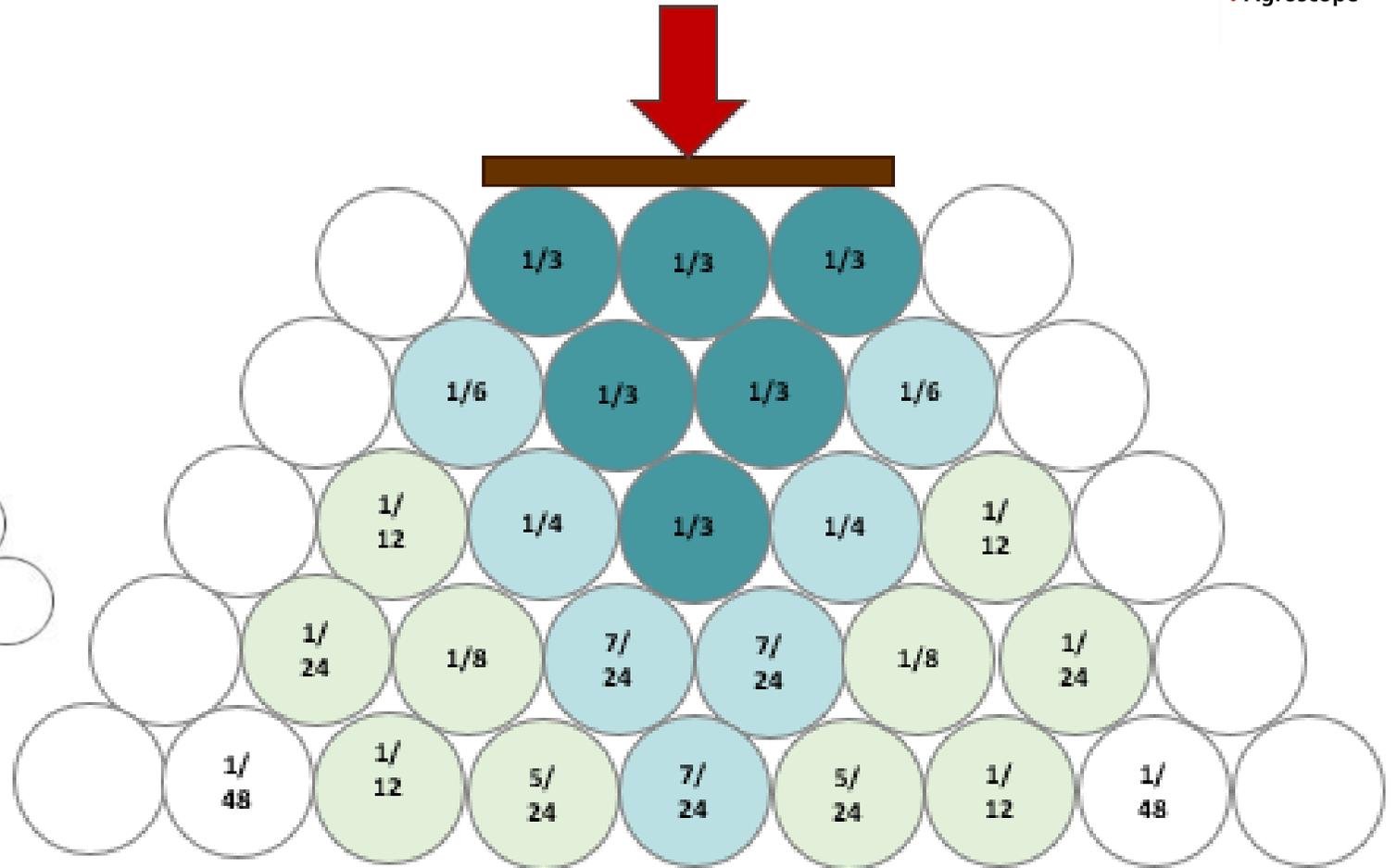
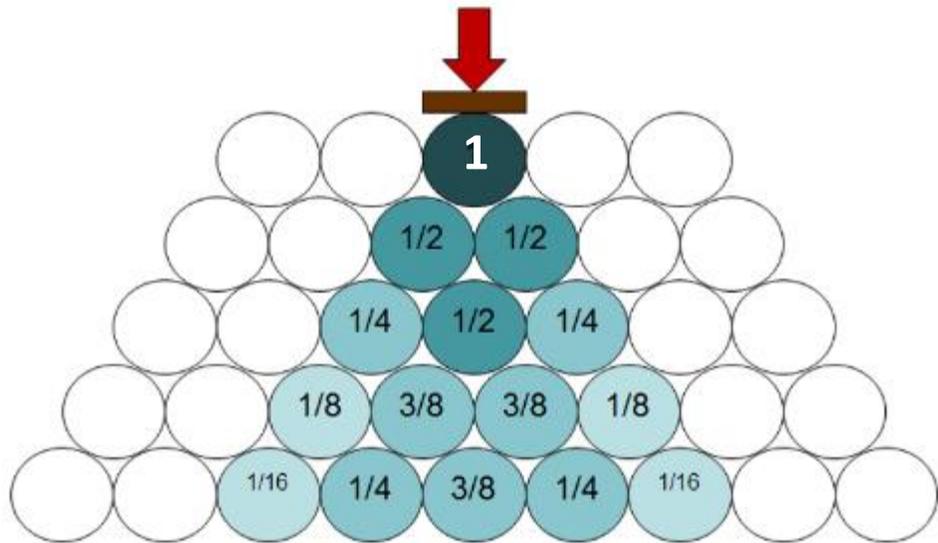
Charge à la roue

Surface de contact



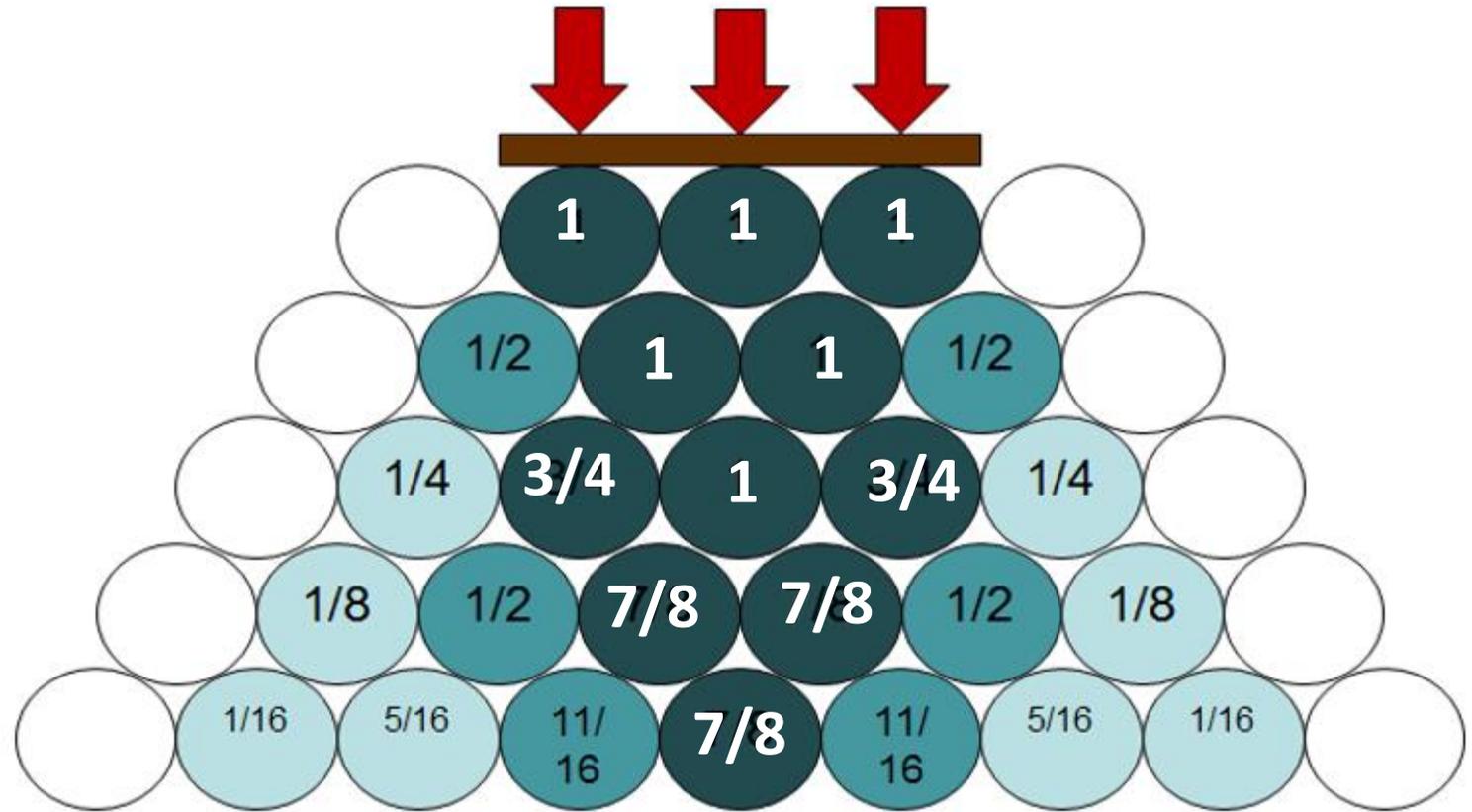
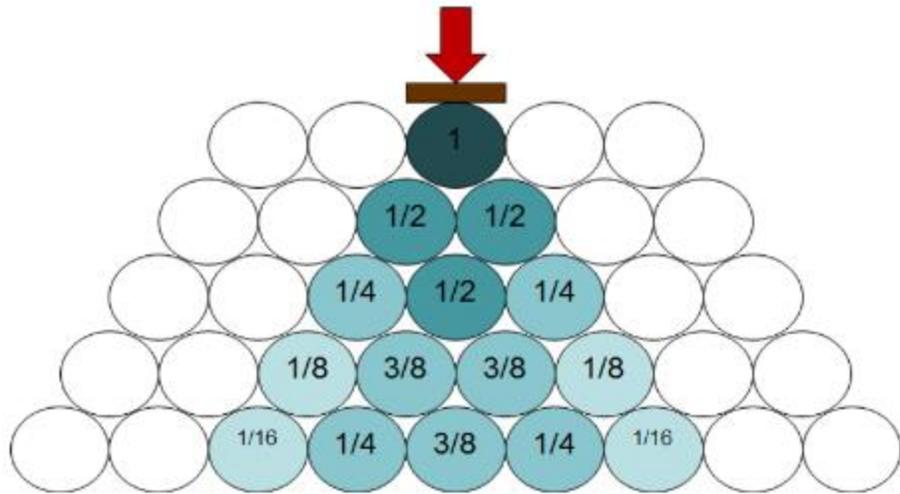


# Interactions machines -sol

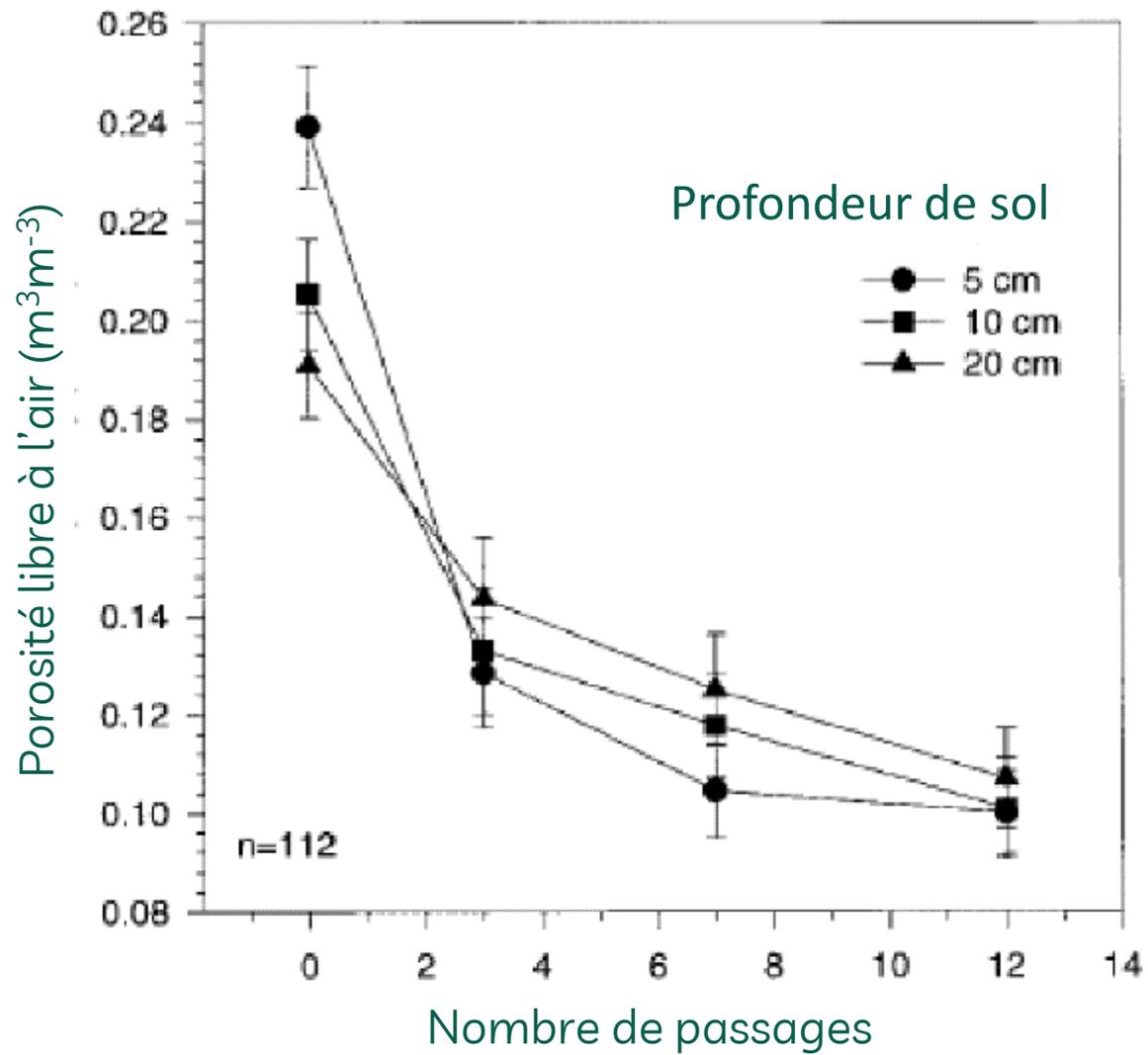




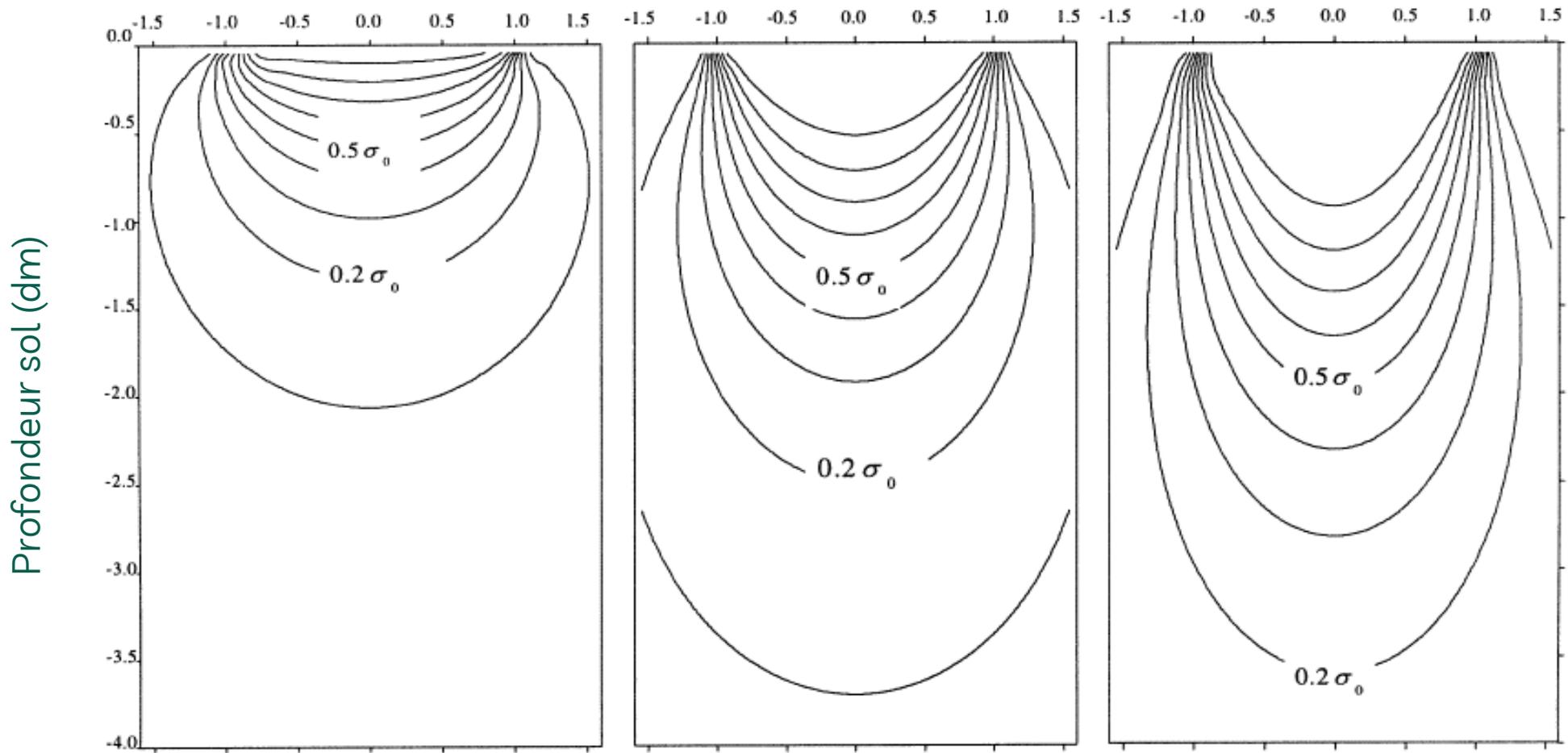
# Interactions machines -sol



# Interactions machines -sol



# Interactions machines -sol



Humidité  
du sol :

sec

moyennement  
humide

humide

Smith et al 2000





# Interactions machines -sol

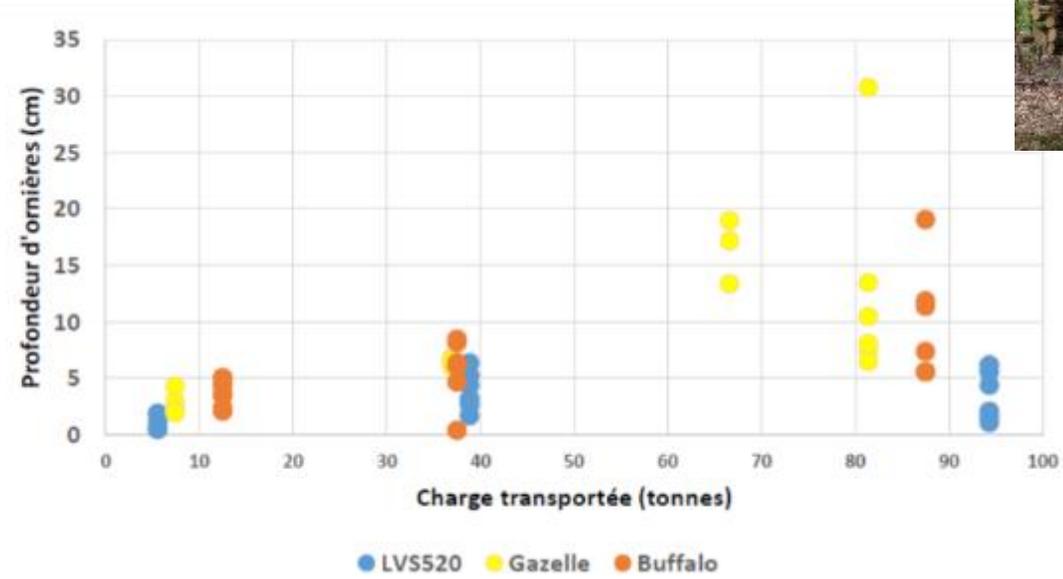
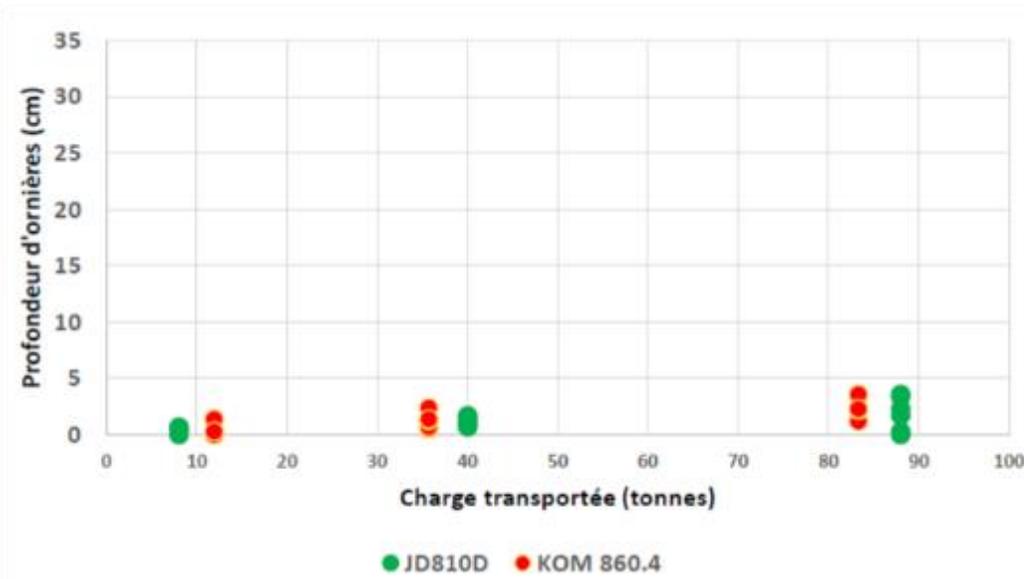
Exemples sur sols à dominance limoneuse entre 0 et 50 cm de profondeur

Azerailles - sol frais

Humidité: 26%v à 10 cm et 24%v à 30 cm

Arc-et-Senans : sol humide

42%v à 10 cm et à 30 cm



Poids en charge (t) :	<b>22</b>	<b>31</b>
Poids à vide (t) :	<b>14</b>	<b>19</b>
Pression maximum (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>

<b>14</b>	<b>24</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>16</b>	<b>18</b>
<b>1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>



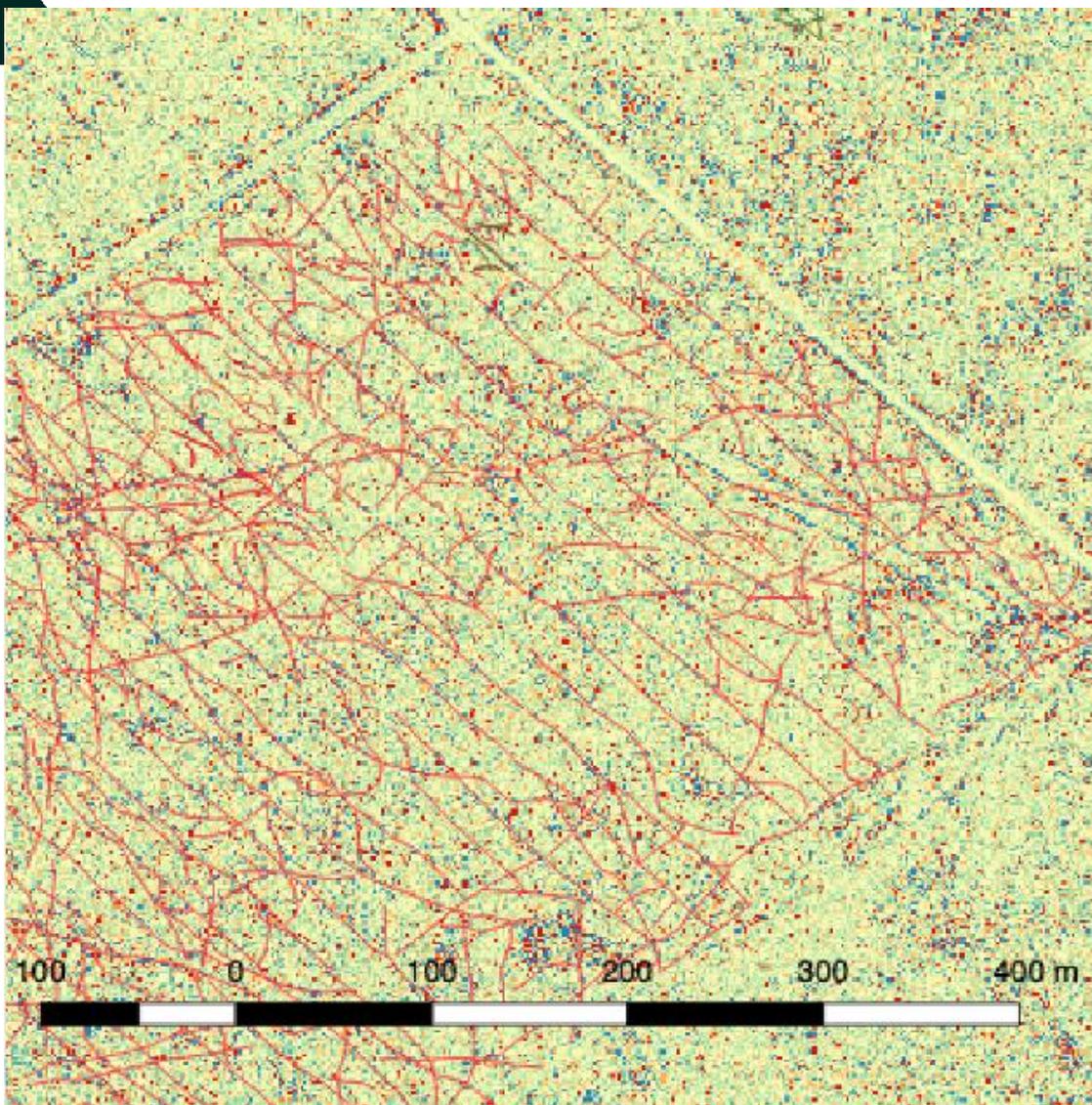
## Prévention

- Impact **maximal** après les **1-3 premiers passages pour toutes les situations**
- Impact fort sur le fonctionnement sol + peuplement forestier **même dans le cas d'impact visuel de faible intensité**
- Durée nécessaire à la restauration de la porosité sans intervention humaine = **plusieurs décennies**

Prévention indispensable et **circulation limitée** à des voies de circulation **permanentes (= cloisonnements)** qui doivent **rester praticables**



# Prévention



Bock, 2022



# Prévention



Texture	État d'humidité			
	Sol sec sur 50 cm de profondeur	Sol frais	Sol humide	Nappe d'eau à moins de 50 cm de la surface
Sol très caillouteux (Éléments grossiers >50 %)	Green			Yellow
Sol très sableux (sable >70 %)	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Argile dominante	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Limon dominant et sable limoneux	Green	Yellow	Yellow	Yellow

Débusquer et débarder uniquement depuis les cloisonnements, en cas de pente prévoir de laisser les rémanents sur les cloisonnements (diminue l'érosion)



Débusquer et débarder uniquement depuis les cloisonnements, protéger les cloisonnements par une couche de rémanents de 30-40cm minimum, utiliser des tracks à tuiles larges et des pneus larges, réduire la charge des engins

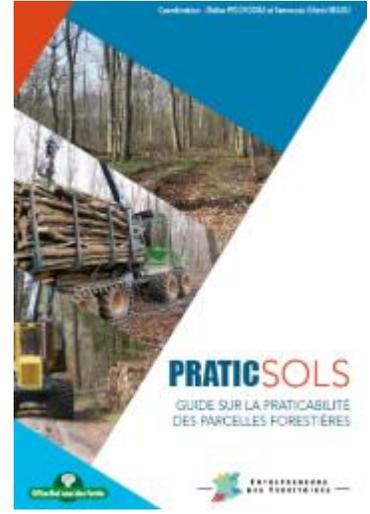
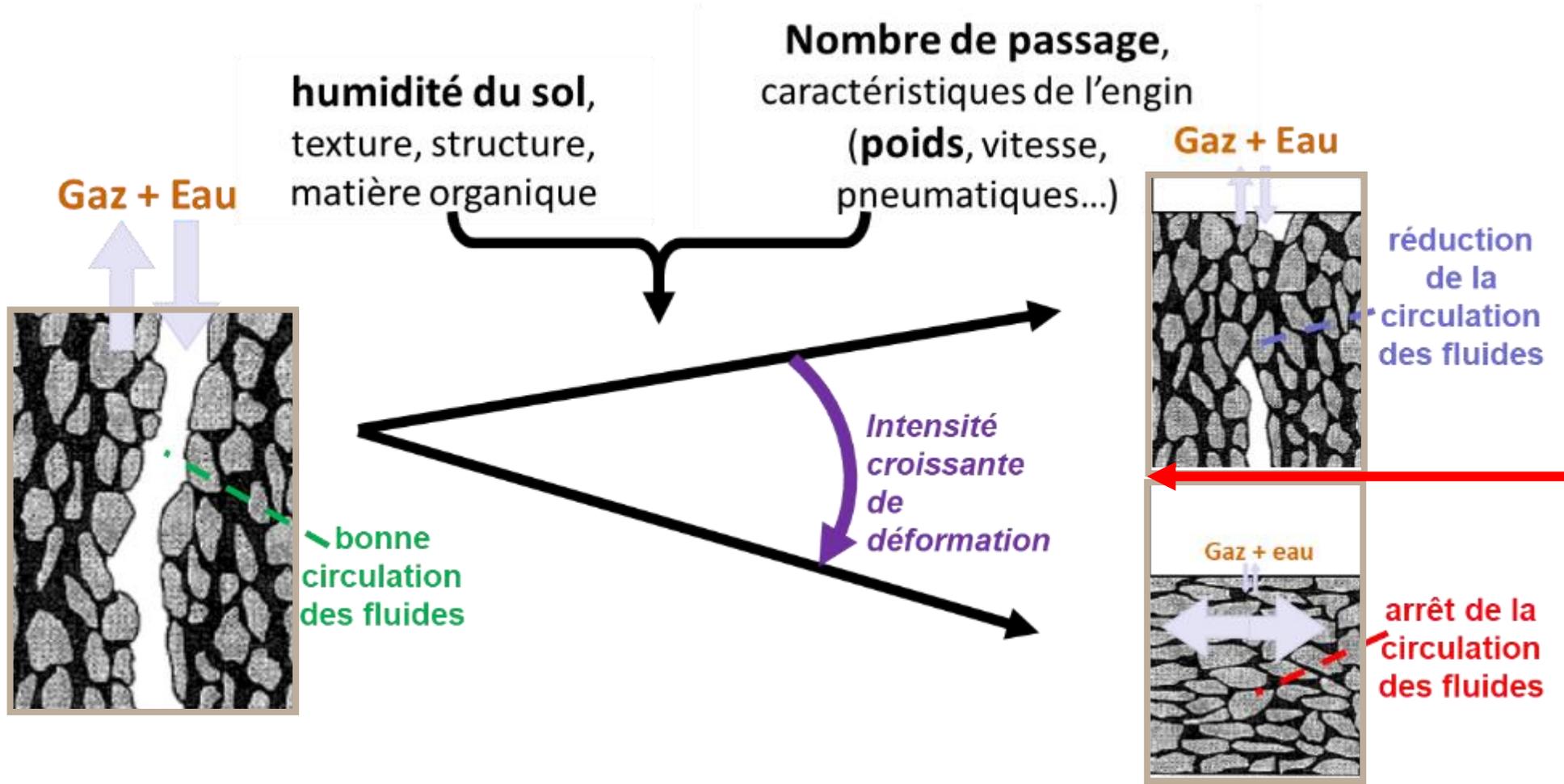


Aucune exploitation terrestre possible





# Prévention



Dès l'apparition d'ornières atteignant 20 cm sur les cloisonnements d'exploitation, il faut contacter son client/donneur d'ordre pour définir les mesures à adopter.  
 (hypothèse on reste <10cm sur le reste du cloisonnement)





# Prévention



/!\ la restauration de la praticabilité du cloisonnement = difficile





**Office National des Forêts**

Merci pour votre attention.