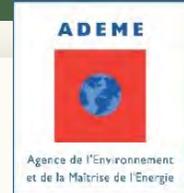




forêt méditerranéenne



# VSoilForOAD

13/11/2025

Pousse Noémie – ONF chargée de R&D pédologie et stations  
en climat changeant

Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 12-13 novembre 2025

# Sommaire

- > Contexte et objectifs du projet.
- > Le modèle et sa simplification.
- > Test sur le terrain du prototype de service climatique.
- > Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements.
- > Perspectives.

# Contexte et objectifs du projet



témoin

Impact fort, immédiat et à long terme de la circulation des machines sur le fonctionnement des sols

Pour tous les sols et toutes les machines => perte en moyenne de 20% de la biomasse aérienne et 30% de la profondeur d'enracinement (Mariotti et al 2020)

Solutions :  
-câble-mât ou traction animale  
-circulation restreinte à des **voies de circulation pérennes**, y compris pour les travaux sylvicoles



tassé

N.Bottinelli et B.Fotrè (2011)



tassé

témoin



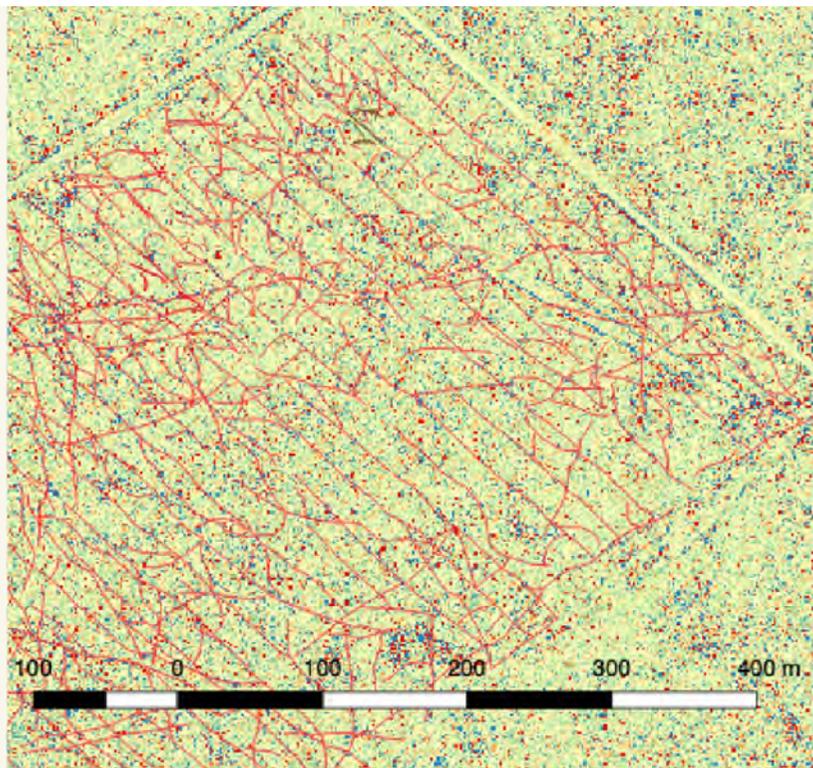
forêt méditerranéenne

Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 13 novembre 2025

[www.foret-mediterraneenne.org](http://www.foret-mediterraneenne.org)

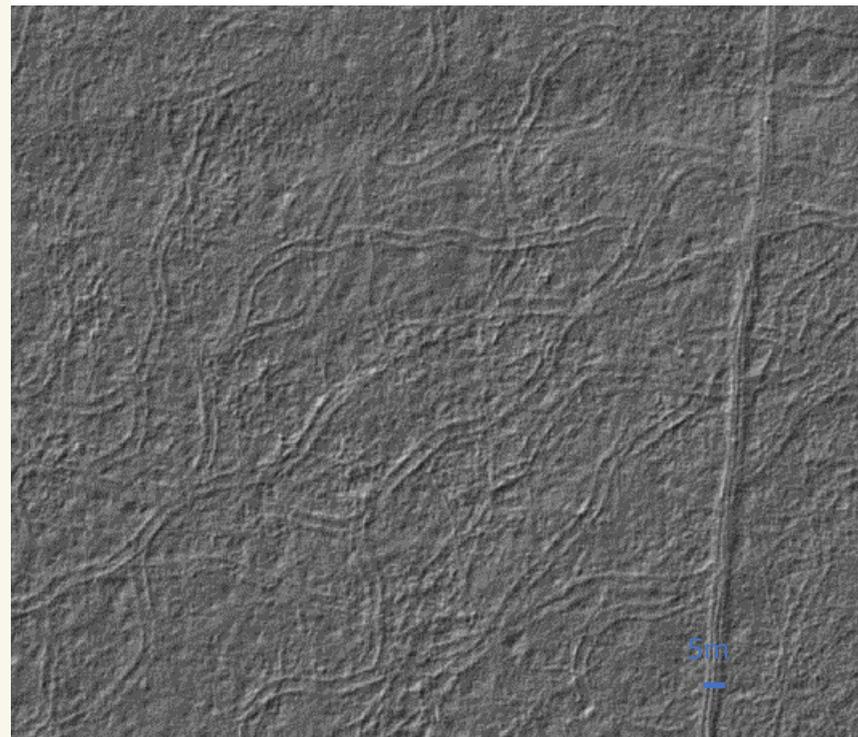
# Contexte et objectifs du projet

% circulé avec cloisonnements : en théorie 20% (4m tous les 20m)



FD Compiègne, traitement images LIDAR : Mohieddine, 2019

% circulé sans cloisonnements : moyenne par chantier = 34%, jusqu'à 60% pour certains chantiers + **CUMUL**



FD Chantilly, traitement images LIDAR : Bock, 2022



# Contexte et objectifs du projet

Guide pratique  
Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt « PROSOL »

- Aménager la parcelle pour la circulation des engins
- Adapter l'organisation des chantiers en fonction de l'humidité
- Envisager des systèmes de débardage alternatifs des grumes lorsque c'est possible

FCBA  
Onis - Réseau des Forêts

ADEME Les clés pour Agir 2021

| 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%) | Blue                            | Blue      | Blue       | Orange                                     |
| Sol très sableux (sable > 70%)                  | Blue                            | Blue      | Yellow     | Orange                                     |
| Argile dominante                                | Blue                            | Yellow    | Yellow     | Orange                                     |
| Limon dominant et sable limoneux                | Blue                            | Yellow    | Orange     | Orange                                     |

 Sol non sensible au tassement

 Sol sensible = précautions nécessaires pour le passage d'engins

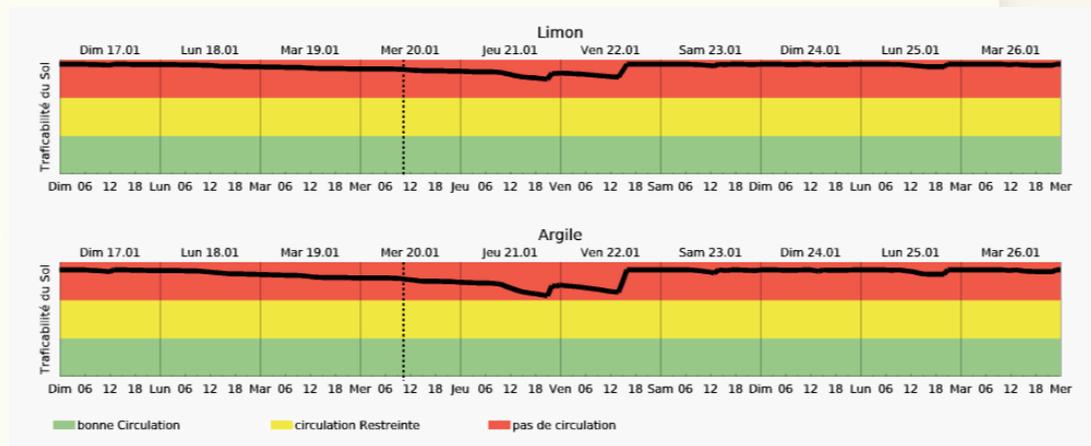
 Sol très sensible et impraticable pendant une période de l'année = passage d'engins impossible



# Contexte et objectifs du projet

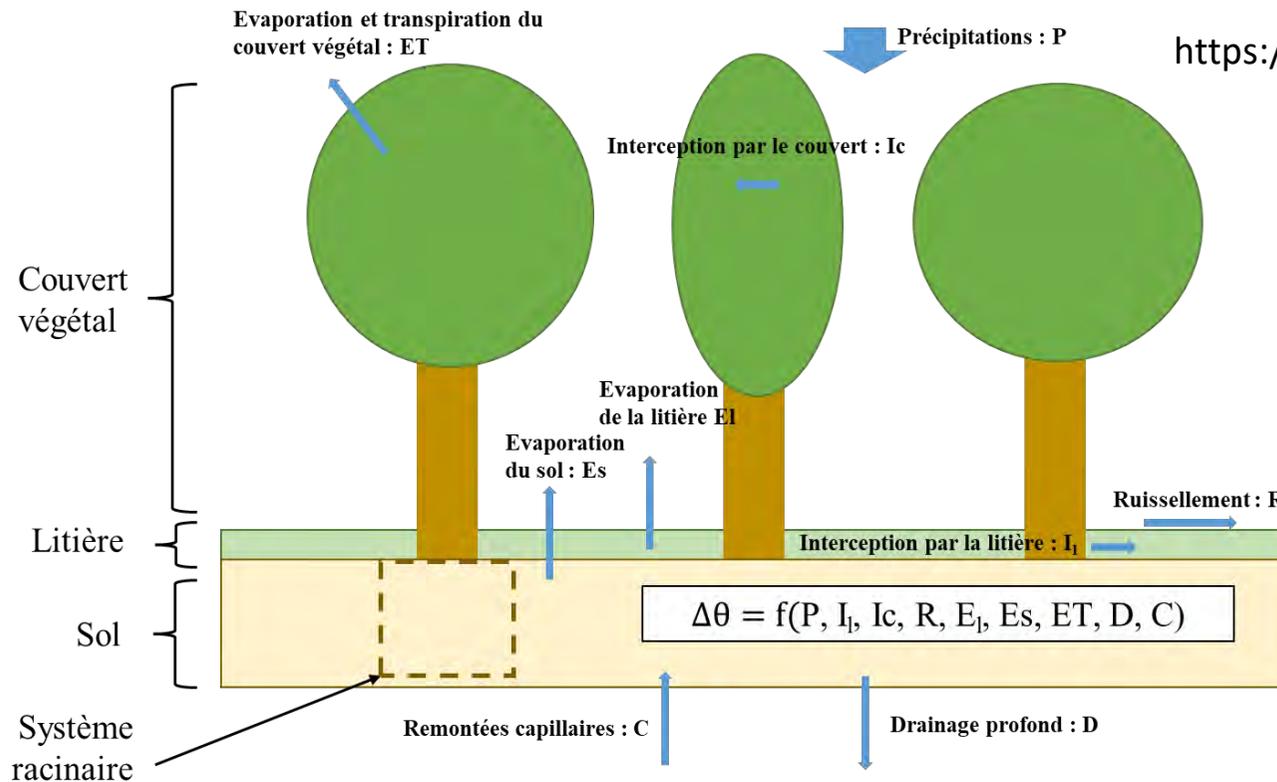
Objectif du projet VSoilForOAD :  
Développer et tester un prototype de service climatique de prédiction en temps réel de la dynamique hydrique des sols forestiers tassés, au grain de la parcelle de gestion, à partir d'informations à la portée des gestionnaires forestiers.

Le futur service climatique doit prédire l'humidité en temps réel sans avoir besoin de mesures d'humidité sur le terrain



# Le modèle et sa simplification

forest\_soil\_practicability\_prevision\_tool



<https://vsoil.hub.inrae.fr/>



Les transferts d'eau dans le sol sont modélisés avec **l'équation de Richards** qui combine la loi de Darcy avec l'équation de continuité (ce qui reste = [ce qui était présent] + [ce qui est entré] - [ce qui est sorti])

# Le modèle et sa simplification

forest\_soil\_practicability\_prevision\_tool



Longue période pour faire disparaître l'effet du choix de la teneur en eau initiale sur la dynamique hydrique durant la phase de chantier

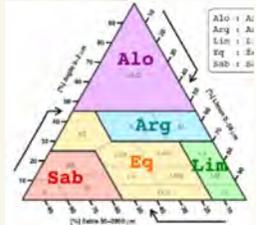
Période de chauffe : pour que l'utilisateur n'ait pas besoin de déterminer l'humidité du sol sur le terrain



# Le modèle et sa simplification

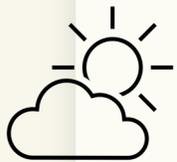


## Analyse de sensibilité :



Paramètres les plus influents du modèle sur les variables cibles :

- 1) Classe de texture
- 2) source de données météo,
- 3) répartition racinaire et condition de drainage à la base du profil



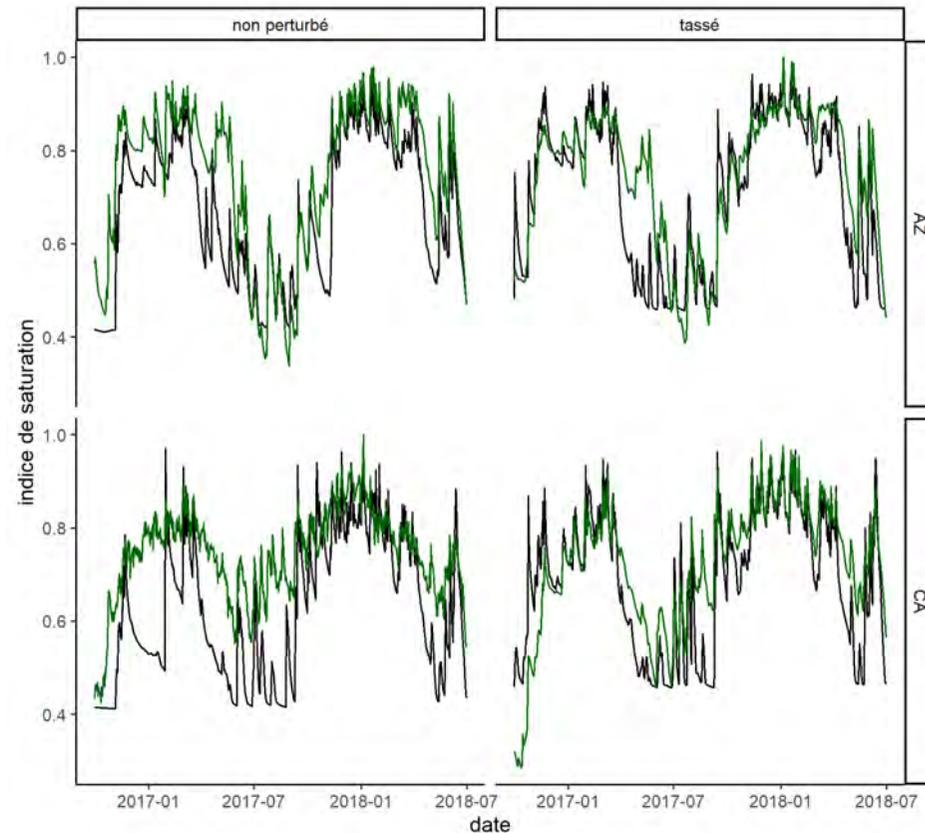
Choix de la fonction de pédotransfert (PTF) la plus fiable et détermination de l'effet tassement:

- PTF allemande avec triangle de texture à 5 classes
- effet tassement surtout sur la conductivité hydraulique à saturation.
- Impossible à mesurer sur le terrain pour des ornières > 10cm.



# Le modèle et sa simplification

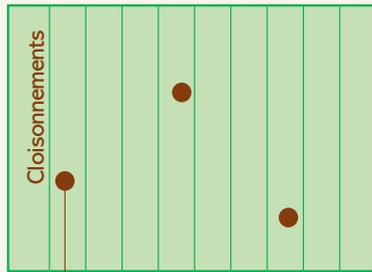
Simplification =  
Compromis entre  
fiabilité et  
accessibilité sur le  
terrain



— observations  
— PTF allemande + effet tassement



# Test sur le terrain du prototype de service climatique

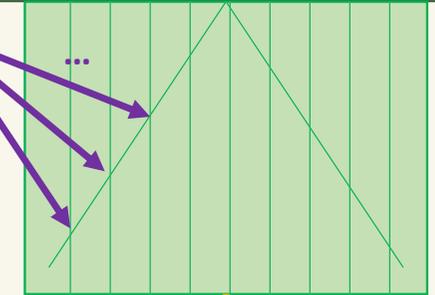


3 points sol mini:  
 Classe de texture  
 Épaisseur horizons  
 pente  
 Charge en EG  
 Engorgement temporaire

paramètres peu sensibles fixés a priori : LAI = 6, epsi\_root (cloiso) = 0.84, Alpha\_r = 0, budburst = 105, yellowing = 290



Données météo observées (plateforme ECMWF) pendant chantier



Nb j praticable, nb j praticable/durée chantier,  
 indice saturation moyen, indice saturation maxi

vs.

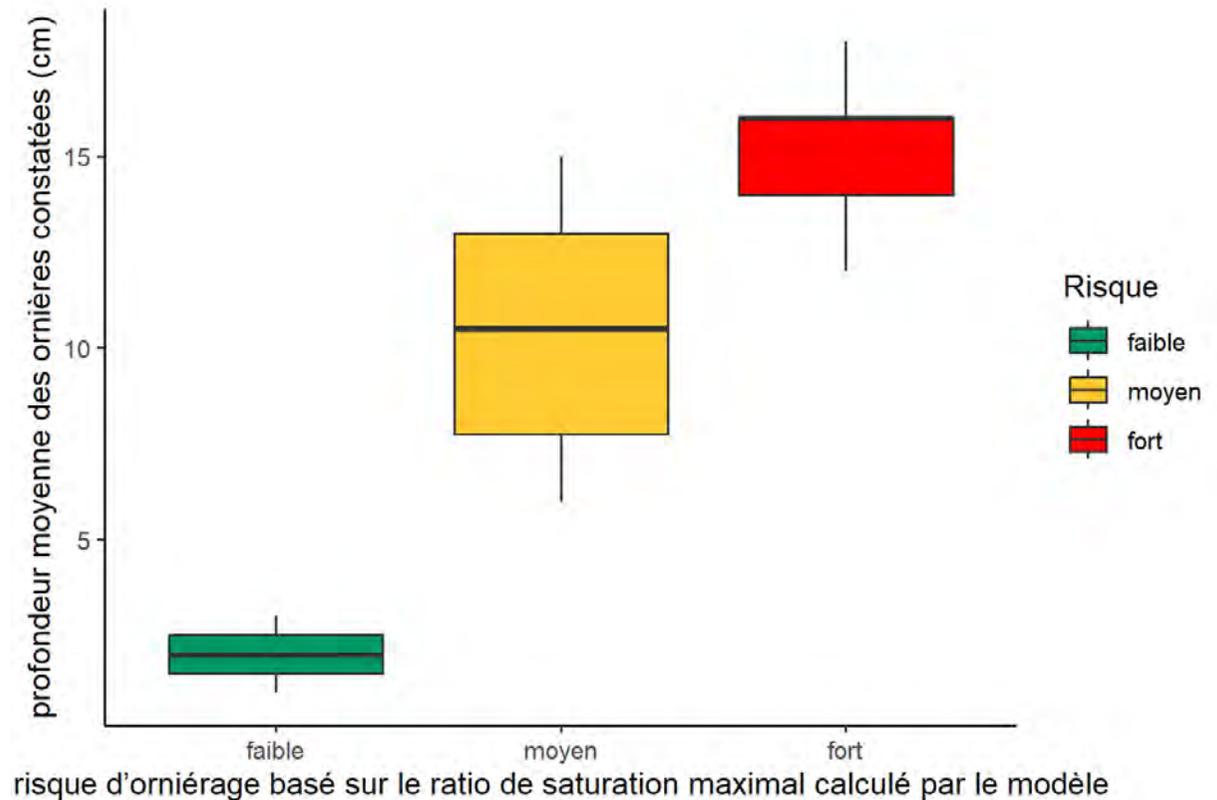
% circulé par classe d'ornière (DF complet)

Profondeur ornière mini, maxi et moy (38 + région centre)

# Test sur le terrain du prototype de service climatique

Indicateur le plus pertinent de la profondeur d'ornière = indice de saturation en eau de la couche 0-25cm maxi pendant le chantier % seuil de praticabilité (= indice de saturation à la capacité au champ).

Si  $>120\%$  => risque fort  
Si compris entre 60 et 120%  
=> risque moyen  
Si  $< 60\%$  => risque faible



# Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements

Wheeling tests -  
débusqueurs  
Même charge de bois  
sortie du cloisonnement



**John Deere 540 GII**

- 4 roues
- masse à vide 12,4 t



**Noé NF170-4R**

- 4 roues
- masse à vide 18,5 t

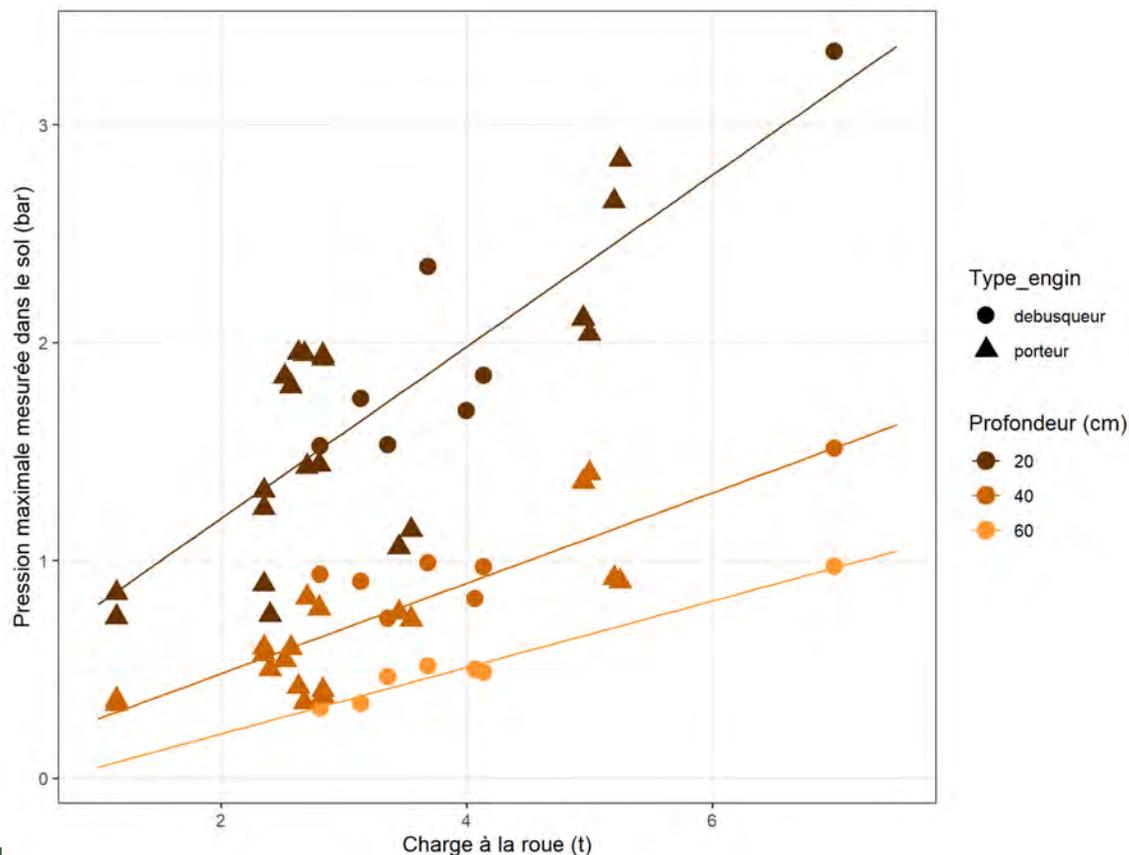


**Noé NF160-6R**

- 6 roues
- masse à vide 18,8 t

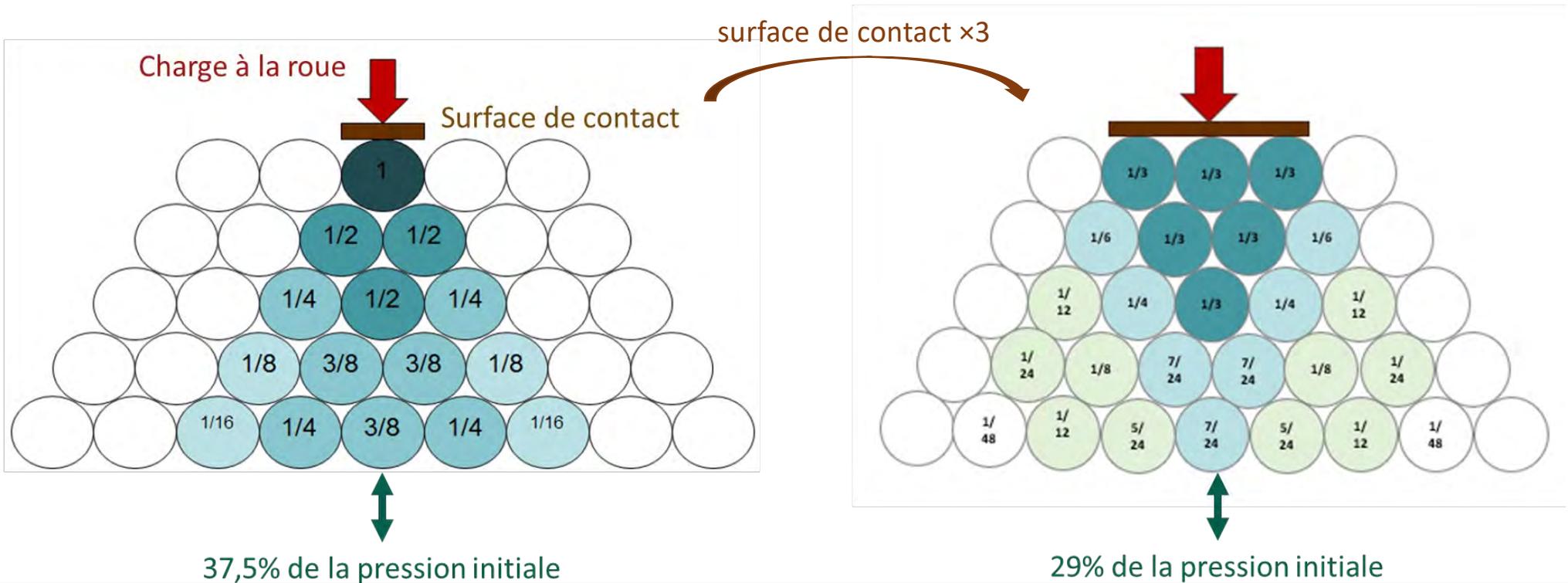
# Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements

Quels que soient le type d'engin et le type de sol, on retrouve le même constat : Plus l'engin est lourd plus la pression se propage en profondeur



# Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements

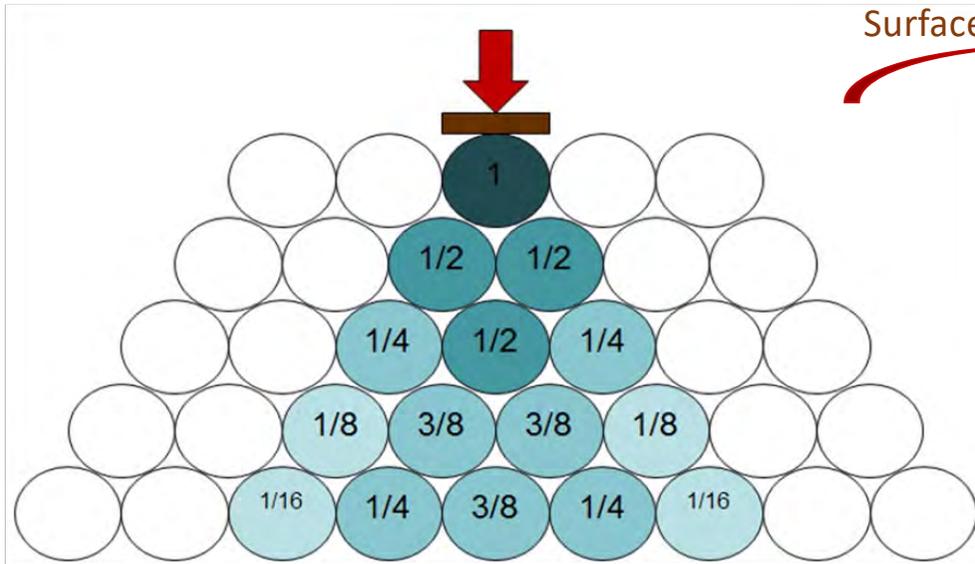
Pression (intensité de la force par unité de surface)



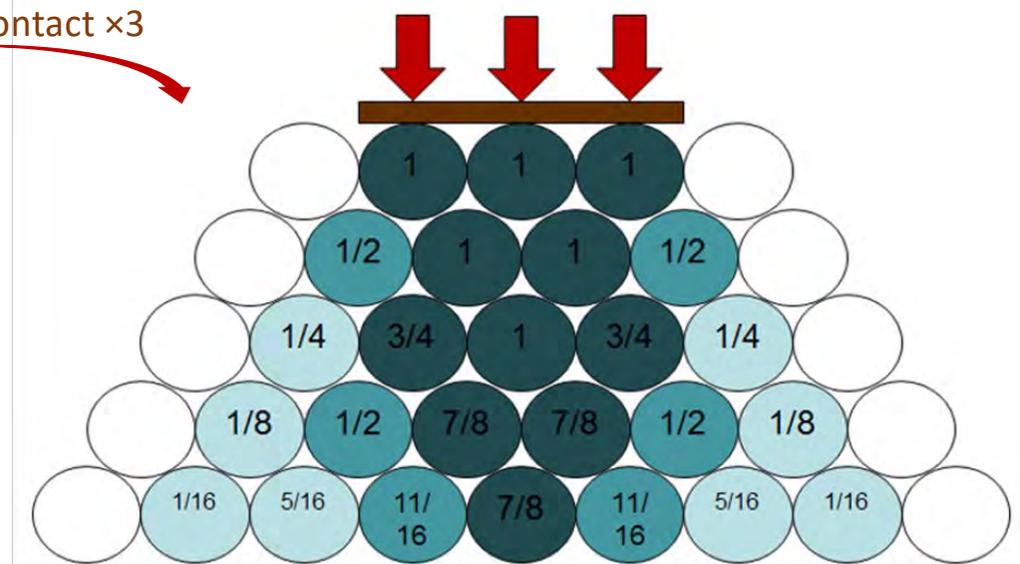
# Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements

Pression (intensité de la force par unité de surface)

Charge à la roue  $\times 3$   
Surface de contact  $\times 3$



37,5% de la pression initiale

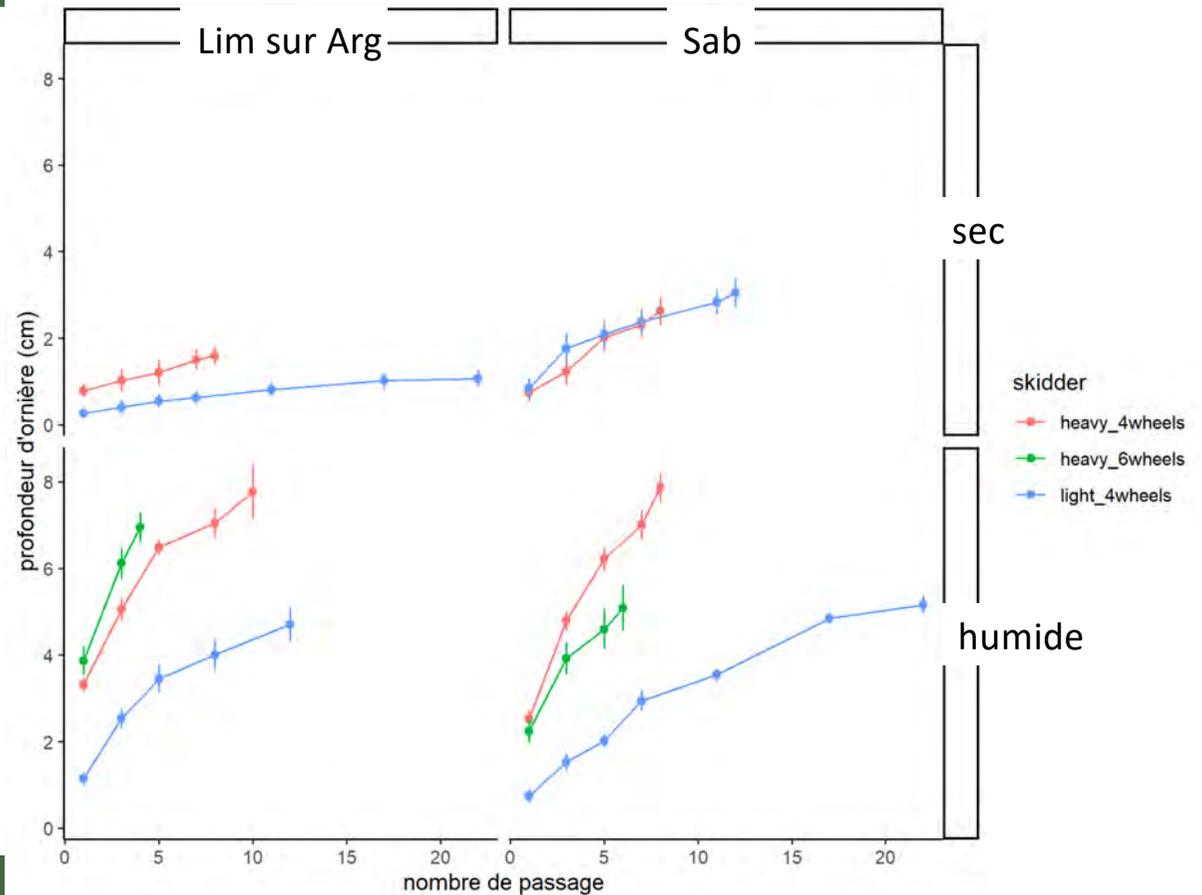


87,5% de la pression initiale

# Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements

Circuler sur des cloisonnements humides augmente très fortement le risque d'orniérage.

Ce risque est plus fort dès que l'engin est plus lourd et/ou que le nombre de passages augmente => être plus restrictif sur l'humidité limite pour des engins présentant une charge à la roue supérieure à 4t



# Impact des caractéristiques des machines sur la praticabilité des cloisonnements

Modélisation de la relation entre :

- profondeur d'ornière

Et

- humidité du sol, charge à la roue, dimensions des pneumatiques, pression de gonflage

Exemple : mobility number...

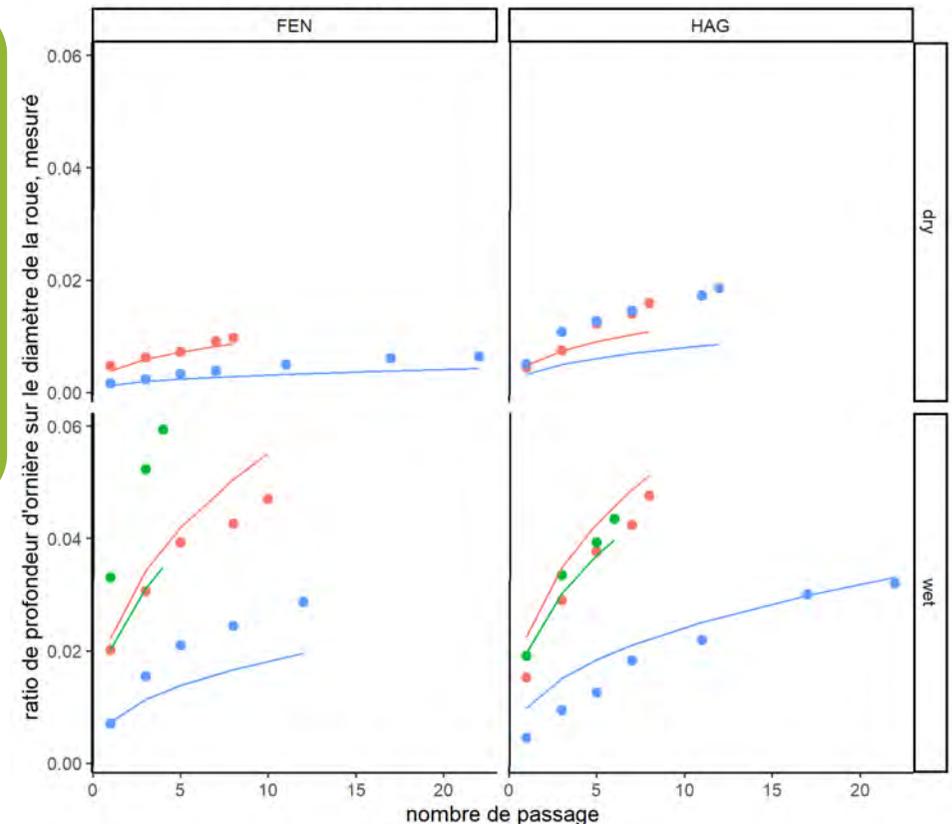
=> Ce n'est pas encore suffisamment fiable! On ne peut en déduire comment adapter le seuil de praticabilité en fonction des caractéristiques des engins

Mobility Number (Turnage, 1972) :

$$N = \frac{Qdb}{W} \sqrt{\frac{\delta}{h}} \left( \frac{1}{1 + \frac{b}{2d}} \right)$$

b = largeur pneu  
W = masse engin/roue  
p = pression gonflage  
d = taille roue  
h = hauteur de flanc

Plus N est petit plus l'orniérage sera important



# Perspectives

Développer un prototype plus facile d'accès (interface web) pour le tester plus largement (augmenter la diversité de chantiers, de conditions météo et de types de sol)

Accueil À propos Chantiers + [L'interface utilisateur](#)

## Liste de chantiers

Choisissez le chantier pour visualiser les prévisions de l'humidité des cloisonnements lors du chantier. Mesurez la profondeur d'ornièrre moyenne et envoyez cette donnée de validation et d'amélioration du service climatique

| Date de création chantier       | Nom du site                          | Statut            | Visualiser les prévisions           | Action   | Ornières moyenne fin de chantier |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 04-04-2025 10:10:02 par npousse | <a href="#">test_np</a>              | clôturé           | <a href="#">Prévisions chantier</a> | <a href="#">Saisie données validation chantier clôturé</a> |                                  |
| 04-04-2025 9:09:48 par admin    | <a href="#">test_01</a>              | créé              | <a href="#">Prévisions chantier</a> | <a href="#">Approuver</a> <a href="#">Supprimer</a>        |                                  |
| 03-04-2025 15:15:52 par nath    | <a href="#">sde11</a>                | clôturé et validé | <a href="#">Prévisions chantier</a> |  | 23.0 cm                          |
| 27-03-2025 14:14:26 par cno     | <a href="#">test_with_horizon_nb</a> | créé              | <a href="#">Prévisions chantier</a> | <a href="#">Approuver</a> <a href="#">Supprimer</a>        |                                  |
| 27-03-2025 10:10:39 par nath    | <a href="#">test1</a>                | clôturé et validé | <a href="#">Prévisions chantier</a> |  | 5.0 cm                           |
| 24-03-2025 9:09:08 par admin    | <a href="#">test11</a>               | créé              | <a href="#">Prévisions chantier</a> | <a href="#">Approuver</a> <a href="#">Supprimer</a>        |                                  |



forêt méditerranéenne

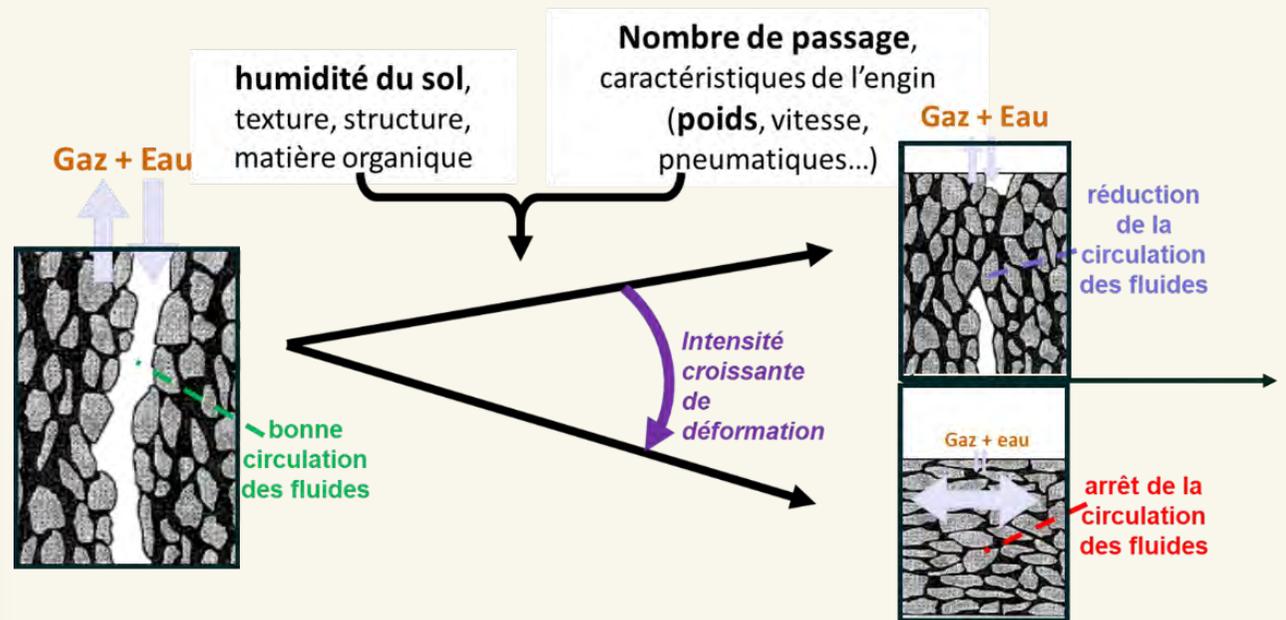
Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 13 novembre 2025

[www.foret-mediterrannee.org](http://www.foret-mediterrannee.org)

# Perspectives



Lien avec le réseau R&D Sols et Mécanisation pour continuer à approfondir notre compréhension des interactions machines – sols et améliorer le service climatique de la praticabilité des cloisonnements



MERCI...



forêt méditerranéenne

Colloque « Regards sur les sols forestiers méditerranéens » – 13 novembre 2025

[www.foret-mediterrannee.org](http://www.foret-mediterrannee.org)



**forêt méditerranéenne**

**Informier, Échanger, Rassembler, Proposer**

**Colloque organisé avec le soutien de**



[www.foret-mediterraneenne.org](http://www.foret-mediterraneenne.org)