

# Projet de lutte contre l'érosion des sols de la vallée du Bastan

Sensibilisation sur :

- Processus d'érosion des sols
- Techniques de restauration développées pour lutter contre l'érosion

Réunion du 10.10.24

Brice DUPIN et Kevin LIAUTAUD

Ingénierie  
environnementale  
pyrénéenne

**ECO  
ALTITUDE**

# Les sols de montagne, un patrimoine fragile



Coluviosol (Projet TopSol, ASUP, INRAE, ECO-ALTITUDE)

Plusieurs centaines d'années pour créer une couche de 10 cm de sols riches en matière organique

Une dégradation des sols parfois irréversible (érosion plus puissante que les capacités d'installation des végétaux)

Une formation influencée par :

- la nature des roches mères (dureté, acidité ...)
- Les formes de relief – la géomorphologie
- Le climat
- Les processus biologiques

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant du Bastan

## Principales causes dans les Pyrénées

Naturelles - Les précipitations importantes et parfois intenses, les alternances gel-dégel, le vent, les avalanches, etc.

Anthropiques - Aménagement des espaces d'altitude : infrastructures routières et touristiques, activités agricoles (surpâturage, écobuages), etc.

## Conséquences

- Dégradation des ressources pastorales et des paysages.
- Diminution des quantités d'eau retenues sur les versants, enrichissement en sédiments des cours d'eau.
- Impacts sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes.
- Survenue d'évènements extrêmes : Inondations, glissements de terrains, éboulements, ...



# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## 1) L'érosion en nappe ou diffuse



Causes :

Impact des gouttes de pluies sur un sol dénudé et transport des matériaux arrachés par le ruissellement en nappe.

Conséquences :

- Pertes des éléments fertiles des sols
- Formation de nappes d'eau érosives

Il s'agit du stade initial de la dégradation des sols par l'érosion hydrique

Exemple d'érosion en nappe, zone du Tourmalet

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## 2) L'érosion par ravines



Ravine du ruisseau du Tourmalet (28/06/24)



Ravine du ruisseau du Tourmalet (26/05/21)

Cause :

Ruissellements intenses et concentrés, formation d'écoulements transportant un mélange sol-eau qui arrache les sols et creuse des sillons

Conséquences :

- Déformation des terrains
- Pertes en sols
- Accélération des flux d'eau vers l'aval avec gains d'énergie

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## 3) L'érosion par avalanches



Photo d'érosion par avalanche, Sers (19/01/2022)

Cause :

La survenue d'avalanches, notamment de neige humide ou avalanches de fond, favorise la mobilisation du substrat (sols, roche mère, végétaux).

Conséquences :

- Déformation des terrains
- Pertes en sols
- Accélération des flux d'eau vers l'aval
- Impacts sur les infrastructures

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## 4) Pipkrakes et cryoclastie

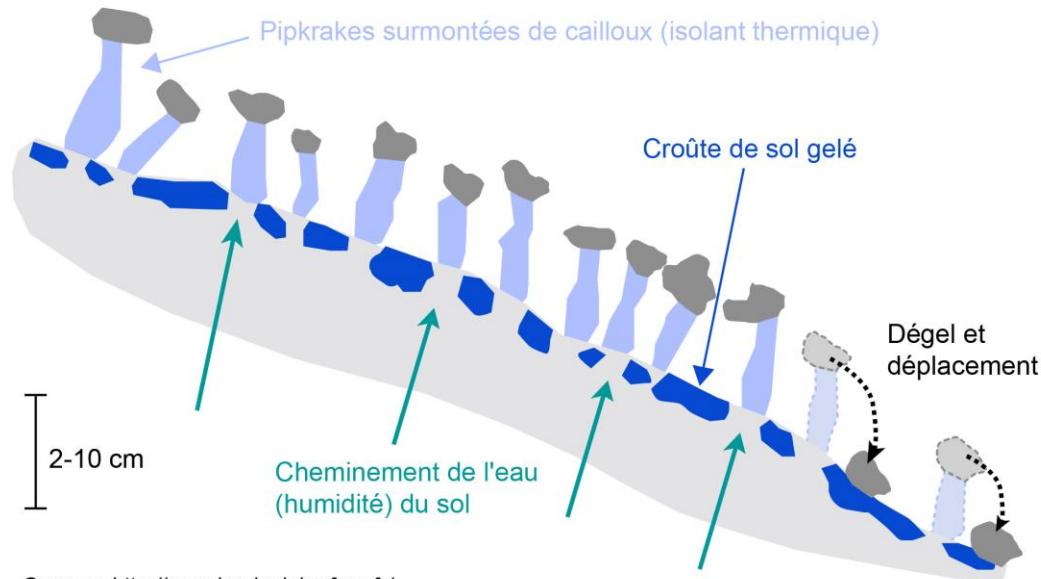


Erosion par gel et dégel (16/05/22)

Cause :

Alternance gel et dégel sur terrains humides :

- Pipkrakes : Désolidarisation des éléments du sol par les gelées et chute par gravité lors du dégel
- Cryoclastie : Fracturation des roches lors des gelées chute de blocs lors du dégel



Source : <http://morphoglaciare.free.fr/>

Conséquences :

- Pertes de terres et de végétations sur les parties hautes (érosion régressive ou remontante)
- Accélération des flux de terres et d'eau vers l'aval
- Dégradations paysagères (mauvaise intégration des routes et des pistes aménagées)

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## 5) L'érosion par glissement de terrain sur terre ferme



Glissement de terrain (Barèges - Barzun), 2024.

### Causes :

- Gravité
- Précipitations, pression des eaux souterraines
- Déstabilisation des pentes par des activités humaines

### Conséquences :

- Coulées de débris
- Déformation du terrain
- Pertes de végétations et de sols
- Exposition des terrains à l'érosion

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## 6) L'érosion par glissement de terrain en bord de cours d'eau



Glissement de terrain (Sers, 15/10/2022).

### Causes :

- Arrachement du pied de berge par le courant
- Gravité
- Déstabilisation des berges par les activités humaines (rare)

### Conséquences :

- Déformation du terrain
- Pertes de végétations et de sols
- Enrichissement des cours d'eau en sédiments
- Exposition des terrains à l'érosion

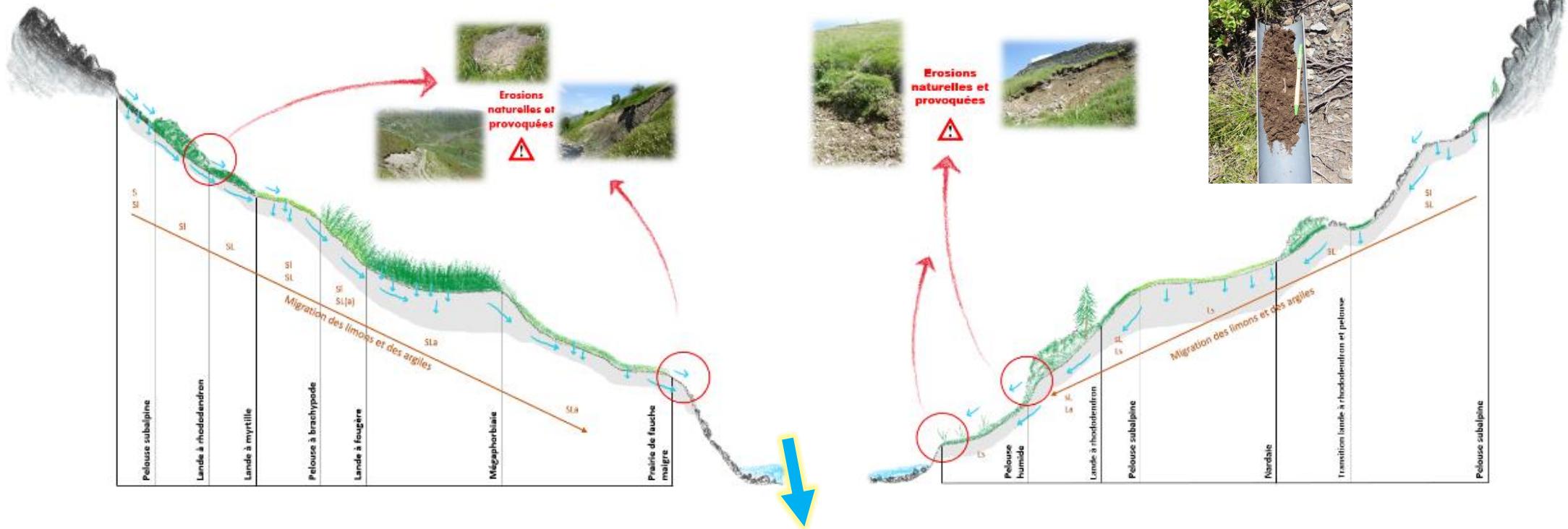
# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## Ecoulements d'eau et zones d'érosion sur les versants



SOULANE – VERSANT ORIENTÉ SUD (RIVE DROITE)

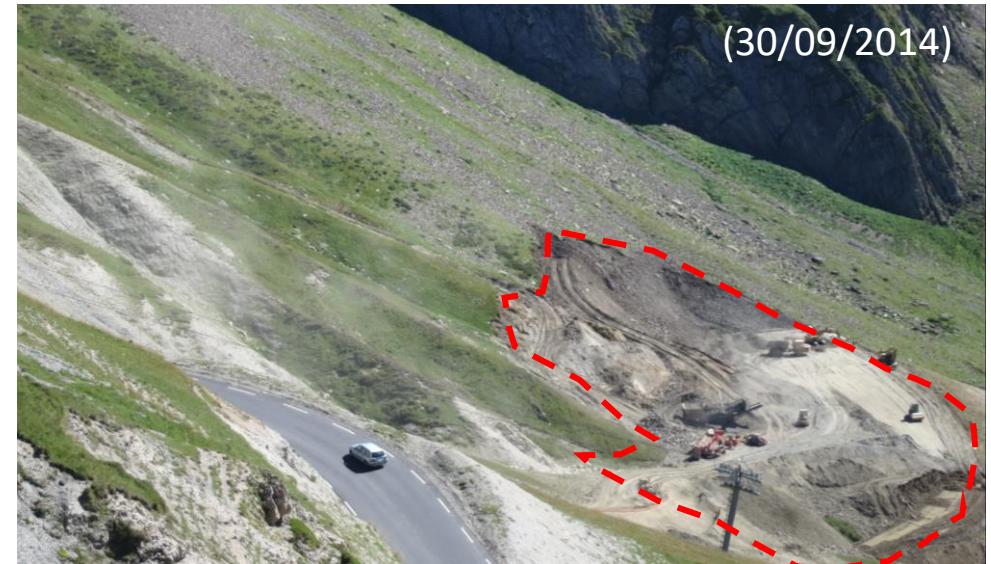
UBAC – VERSANT ORIENTÉ NORD (RIVE GAUCHE)



Caractérisation des différents sols des versants (15 observations)

# I. Formes d'érosion observées sur le bassin-versant

## Liens entre travaux de terrassements et érosion des sols



Perte de la protection végétale et baisse de cohésion de la terre remaniée.

En l'absence de revégétalisation, les éléments fins (argiles, limons et matière organique) sont emportés par le ruissellement et le sol devient de plus en plus caillouteux et compacté.



## II. Pratiques de restauration écologique

### Restauration : Prendre soin de la terre végétale



## II. Pratiques de restauration écologique

### Pourquoi semer des espèces locales ?

1 – Préserver la biodiversité locale

2 – Reconstituer des couverts végétaux fonctionnels adaptés aux conditions écologiques des sites

3 – Conserver les ressources fourragères (élevage) et la neige (ski)

4 – Préserver les paysages pyrénéens

5 – Développer des circuits courts (récolte, multiplication, commercialisation, prestation,...)



*Pâturin alpin*



*Anthyllide des Pyrénées*

Article sur les avantages des plantes locales pour la revégétalisation de pistes de ski, Dupin et al., 2019, revue Ecological engineering, 2021 :

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106463>

### Collecter des semences sur des prairies et pelouses naturelles



1 – Collecte mécanisée à la brosseuse

2 – Séchage sur bâches et tissus

3 – Tamisage sur grillage

4 – Vérification de la qualité germinative



Des rendements en semences de 5 à 35 kg/ha en fonction des végétations

## II. Pratiques de restauration écologique

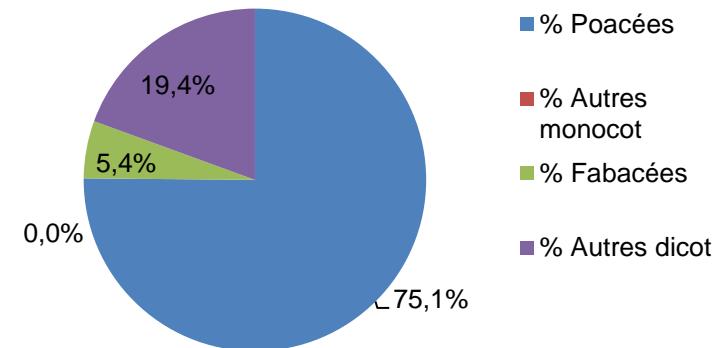
### Transfert de foin vert de prairie

- 1 – Faucher une prairie 5 jours avant la maturité des semences
- 2 – Épandre le jour-même le foin vert sur le site à restaurer



	Valeurs basses	Valeurs hautes
Espèces inventoriées	36	43
Espèces récoltées	25	31
% d'espèces récoltées	69	72
Rendement semences/ha	91	101
% quantité récoltée/disponible	90-95 %	
Temps pour obtenir 1 kg (h)	0,4 à 0,8 h	0,4 à 0,8 h

Groupes de plantes récoltées



Très adapté :

- Zones peu pentues
- Sites à forts enjeux environnementaux

## II. Pratiques de restauration écologique

### Stabilisation des sols par les plantes locales



Gypsophile rampante



Paronyque imbriquée



Linaire des Alpes



Pelouse en gradin dominée par le Gispet



Trèfle alpin

### Fonctionnement des pelouses subalpines



Épaisseur de la litière sous pelouse à la *Fétuque eskia*



Racines du *Trèfle alpin*

- Plantes cespiteuses, en coussins, rampantes, ...
- Feuilles cuirassées, forte teneur en matière sèche des tissus végétaux ...
- Reproduction souvent végétative
- Interactions avec d'autres espèces pour conserver les ressources : facilitation et symbioses.
- Forte protection des sols : litière importante, bioturbation (campagnols, bousiers et autres insectes etc...).

## II. Pratiques de restauration écologique

### Stabilisation superficielle d'un glissement de terrain



Installation de la structure en bois  
(06/07/2022)



Epandage de broyats de bois sur les semis (06/07/2022)



Suivi de la végétation 2,5 mois après (19/10/2022)

### Stabiliser des talus en plantant des herbacées et des ligneux



1 – Semis sous filet de fibres de coco+ plantation d'arbres (18/05/21)

2 – Suivi des semis et plantations (01/10/21)

3 – Saule marsault 3 mois après transplantation



## II. Pratiques de restauration écologique

### Restauration de glissement de terrain en bord de rivière



Stabilisation de la bordure haute du glissement (Arbéost, 07/05/24)



Restauration partie basse du glissement de terrain (Arbéost, 07/05/24)

## II. Pratiques de restauration écologique

### Restauration écologique d'une berge de rivière érodée



Fascine en pied de berge et épis perpendiculaires avec des pieux et des branches de Saule drapé

### Restauration de sols dégradés : Semis à l'hydroseeder



Etat initial, talus proche du col du Tourmalet (2000 m.)



Etat un an après la revégétalisation



Revégétalisation du talus à l'hydroseeder



Mélange de semences, mulch et engrais projeté au sol

Hydroseeding :

Projection d'un mélange contenant de l'eau, des semences, du mulch (fibres de bois), un agent fixateur et de l'engrais.

Une pratique qui permet

- D'appliquer, fixer, protéger et fertiliser des semences dans des conditions d'accès difficiles
- Gérer les dosages d'intrants
- Semer et fertiliser rapidement de grandes surfaces

# Restauration de sols minéraux avec des semis et mulchs



- 1 – Prairie de fauche source
- 2 – Epannage de foin après semis
- 3 – Semis un mois après sous foin
- 4 – Semis un mois après sous broyats de bois (BRF)



### Intérêts du foin sec et du BRF

- Favorisent la croissance végétale (microclimat plus chaud et humide)
- Contiennent des microorganismes
- Améliorent les propriétés du sol

## II. Pratiques de restauration écologique

### Restauration de sols dégradés avec des semis et du fumier



Piste de ski avant restauration (26/05/20, B. Mazery, PLVG)

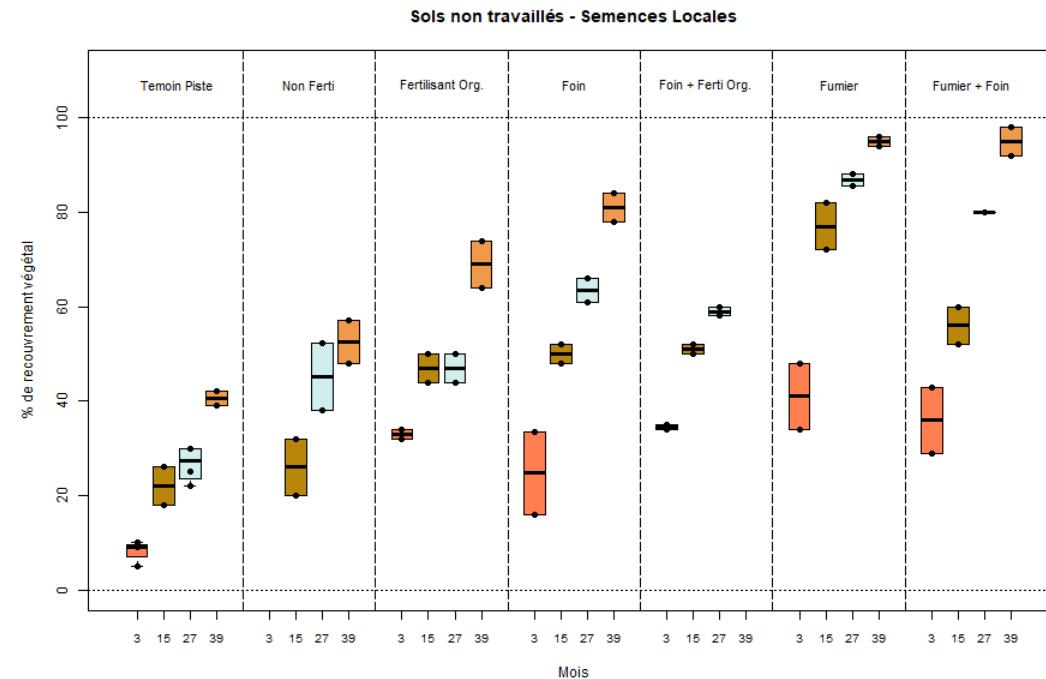


Piste de ski en cours de restauration  
(28/06/24, B. Mazery, PLVG)

### Restauration de sols dégradés : Comparaison de pratiques



- 1 – Expérimentations avec différents amendements organiques
- 2 – Illustration du dispositif
- 3 – Evaluation de la réussite des essais
- 4 – Evolution du recouvrement végétal



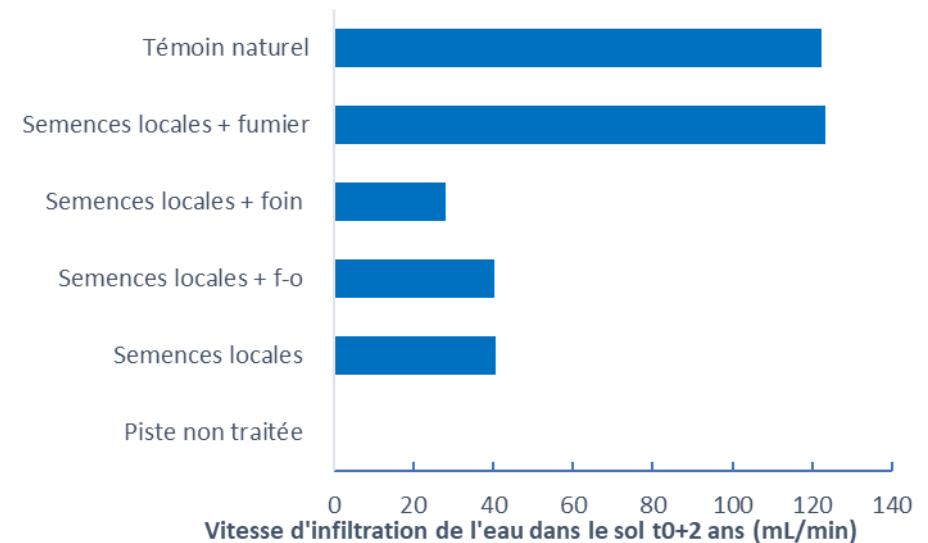
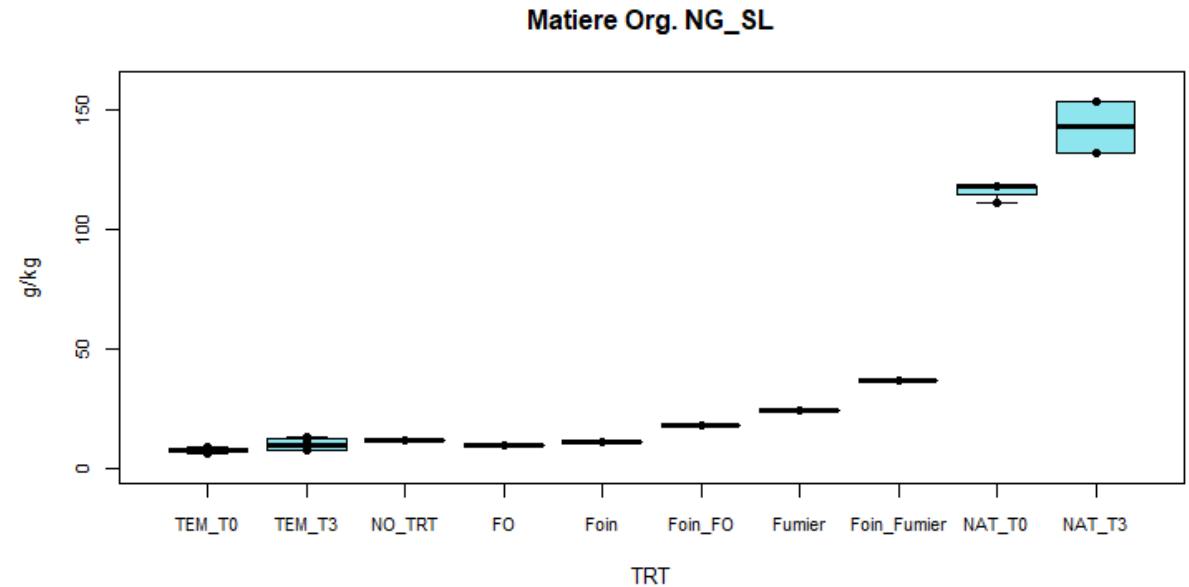
## II. Pratiques de restauration écologique

### Etude des liens entre matière organique et ressources en eau



Mesures Beerkan d'infiltration de l'eau peu adaptées (Barèges, 09/10/2023)

→ Mesures de stabilité structurale du sol en laboratoire davantage pertinente



+ 1020 l. d'eau infiltrée par ha en une minute sur piste avec fumier

Merci de votre attention

