

# Décarbon'Alpes

Séminaire du 3 décembre 2024

Avec le soutien de

# Propos introductifs

# Nathalie GRAVIER

Elue référente du projet Décarbon'Alpes, Suaci Montagn'Alpes



**10<sup>E</sup> ÉDITION  
24 & 25  
SEPTEMBRE  
2025**

**BOURG-LÈS-VALENCE  
DRÔME - FRANCE**





# Articulation sur 2 axes

## 1. Bilan carbone

↓

Diagnostics  
CAP'2ER

- ↓
- Faire évoluer l'outil et l'adapter aux systèmes de montagne
  - Créer de la donnée pastorale
  - Déterminer des leviers d'actions pastorales



## 2. Stockage carbone

↓

Dispositif  
Modèle CarSoEl

- ↓
- Mesurer les stocks de C à l'échelle du système d'exploitation
  - Adapter le modèle Carsolel
  - Faire des préconisations : adaptation de pratiques



**ORCHAMP**  
Observatoire spatio-temporel de la biodiversité  
et du fonctionnement des socio-écosystèmes de montagne.



# Partenaires du Projet

## Coordination

- Suaci Montagn'Alpes
- IDELE

## Chambres d'Agriculture

- CASMB, CA38, CA26, CA05 et CA04

## Services Pastoraux

- Représentation du réseau pastoral (SEA74, SEA73, ADEM) par la FAI

## Fermes expérimentales & Lycées agricoles

- Poisy
- Contamines
- Carneiane

## Recherche

- USMB

Brice THOLLET

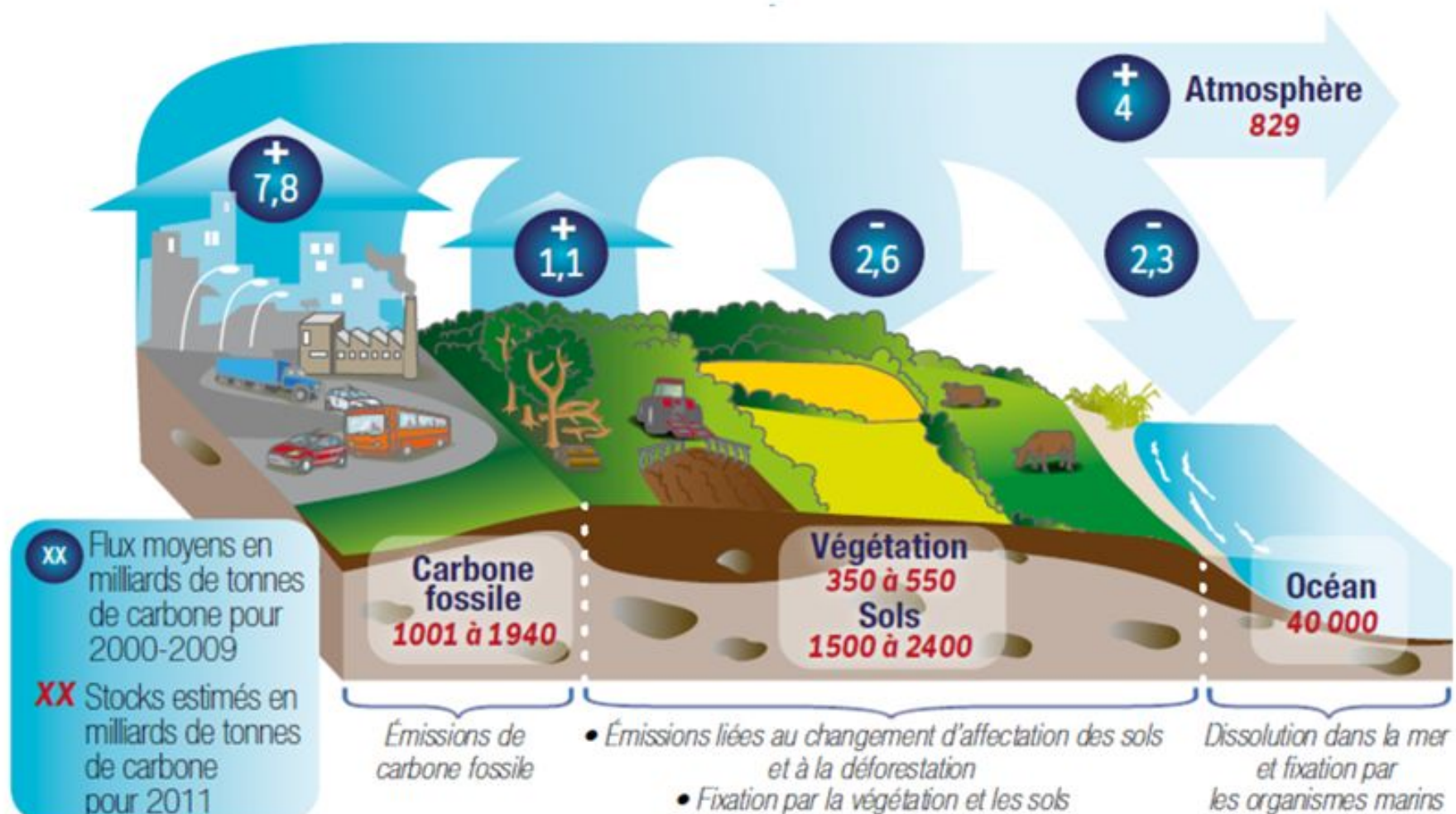
DRAAF PACA

# Jérôme POULENARD

Université Savoie Mont-Blanc (USMB)

# Le cycle du carbone

Flux et stocks de carbone

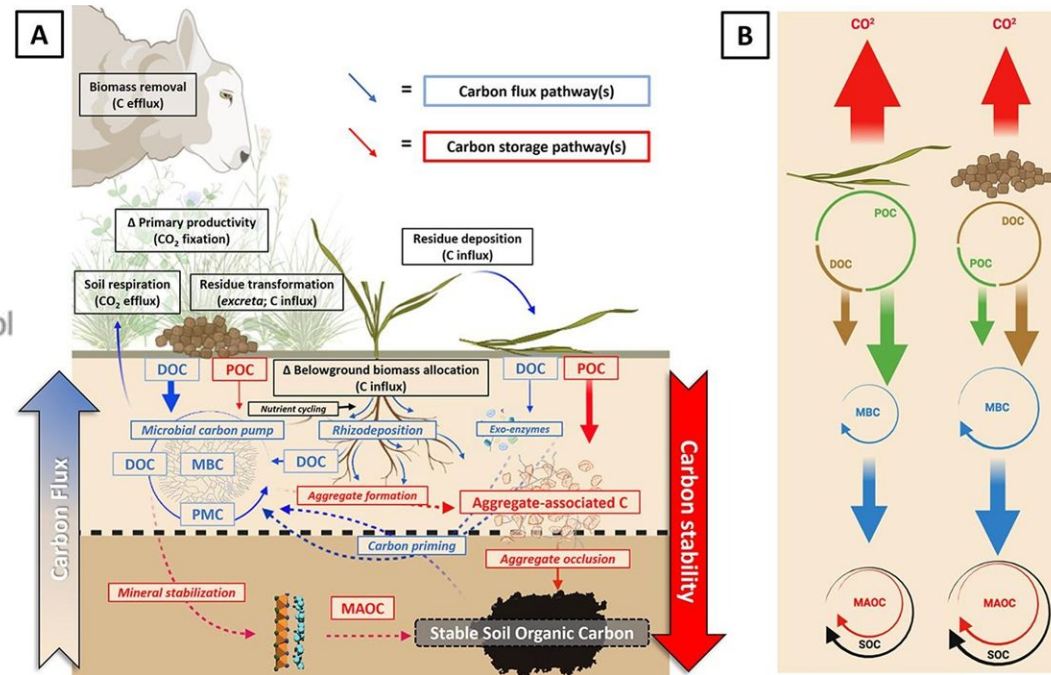
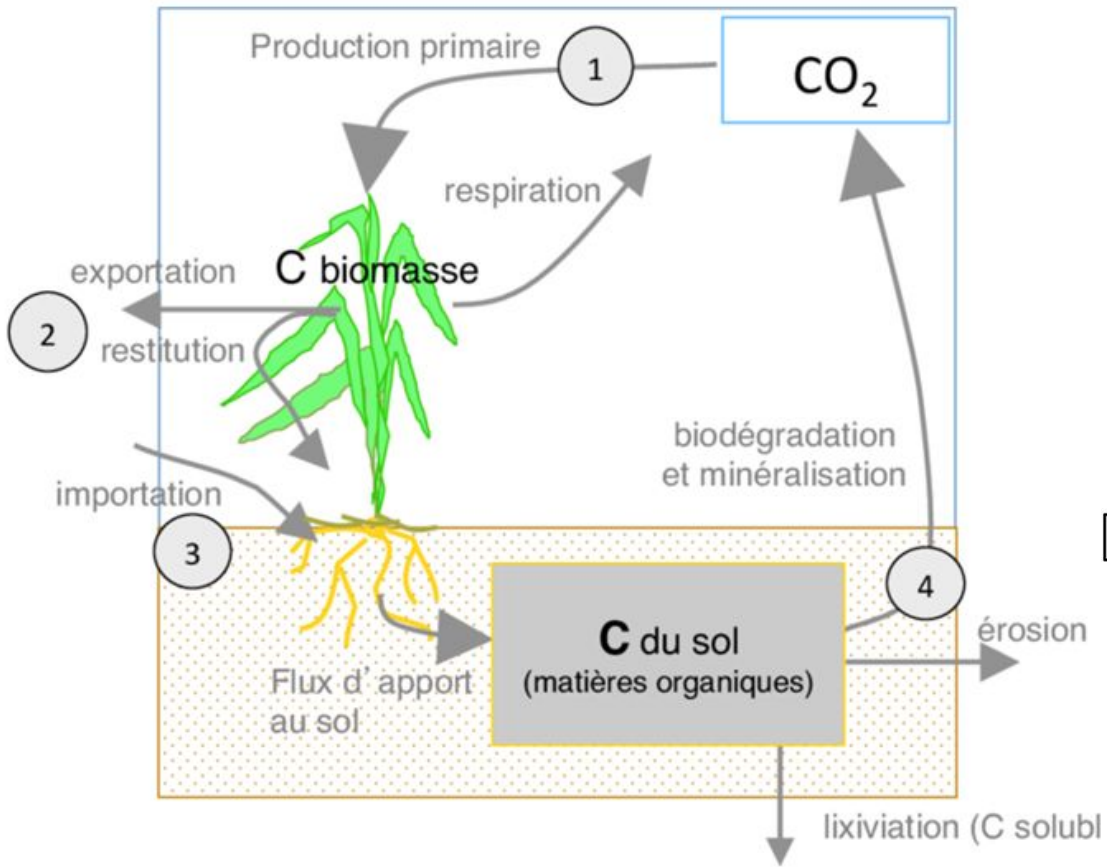


XX Flux moyens en milliards de tonnes de carbone pour 2000-2009

XX Stocks estimés en milliards de tonnes de carbone pour 2011

Source : Castagnon/IPCC.

# Le cycle du carbone

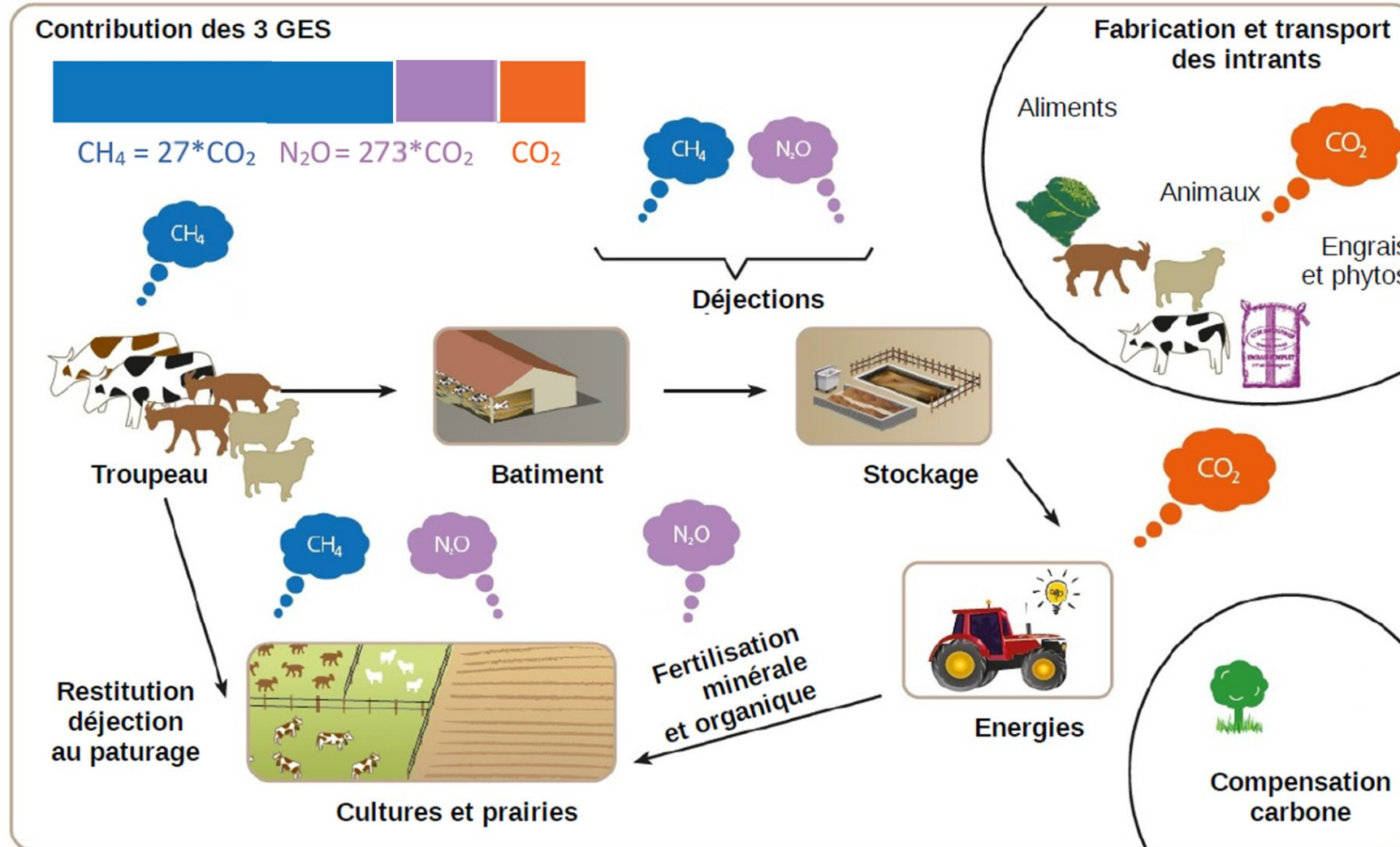


# Géromine LARRIVIERE

Chambre d'agriculture Drôme



# Les sources de Gaz à Effets de Serre (GES) et le stockage du carbone à l'échelle de l'exploitation





# Floriane DI FRANCO

Suaci Montagn'Alpes

# Programme

**10h00 : Séquence 1** - Quel est l'état actuel des stocks de carbone des sols des Alpes ?

**10h45 : Séquence 2** - Quelles sont les dynamiques des stocks de carbone dans les zones pastorales ?

**11h30 : Séquence 3** - Quels sont les impacts des pratiques agricoles sur les stock de carbone ?

**12h30 - Buffet**

**14h00 : Séquence 4** - Présentation de l'outil CAP'2ER

**14h30 : Séquence 5** - Quelle empreinte carbone des exploitations agricoles des alpes ?

**15h30 : Séquence 6** - Quels leviers d'actions ?

**16h00 : Conclusions et Perspectives**

**16h30 : Fin du séminaire**



Groupe Agriculture Du Comité De  
Massif Des Alpes  
Séminaire Final – Décarbon'Alpes  
(2022-2024)



Le Massif Politiques Agricoles Actualités Projets Agricoles Financements Évènements

Contact

## Séminaire Final – Décarbon'Alpes (2022-2024)

03/12/2024 - 03/12/2024



Les présentations et le compte-rendu seront  
disponibles sur :

<https://agriculture-alpes.fr/>

# SÉQUENCE 1 :

## Quel est l'état actuel des stocks de carbone des sols des Alpes ?

Définitions entre le stock et le stockage



**Le stock de carbone, c'est le capital de  
carbone organique d'une parcelle**

**Le stockage de carbone, c'est l'évolution  
du stock sur une période**

**↔ les intérêts (+-) moyens d'une année!**



# Pour connaître son stock de carbone organique faire 3 mesures



Profondeur souhaitée

Teneur en carbone organique

Densité apparente

Teneur en éléments grossiers



Prélèvements tarière puis  
mesure en laboratoire  
(méthode par combustion,  
NF ISO 10694)



Mesure par excavation  
(NF ISO 11272)

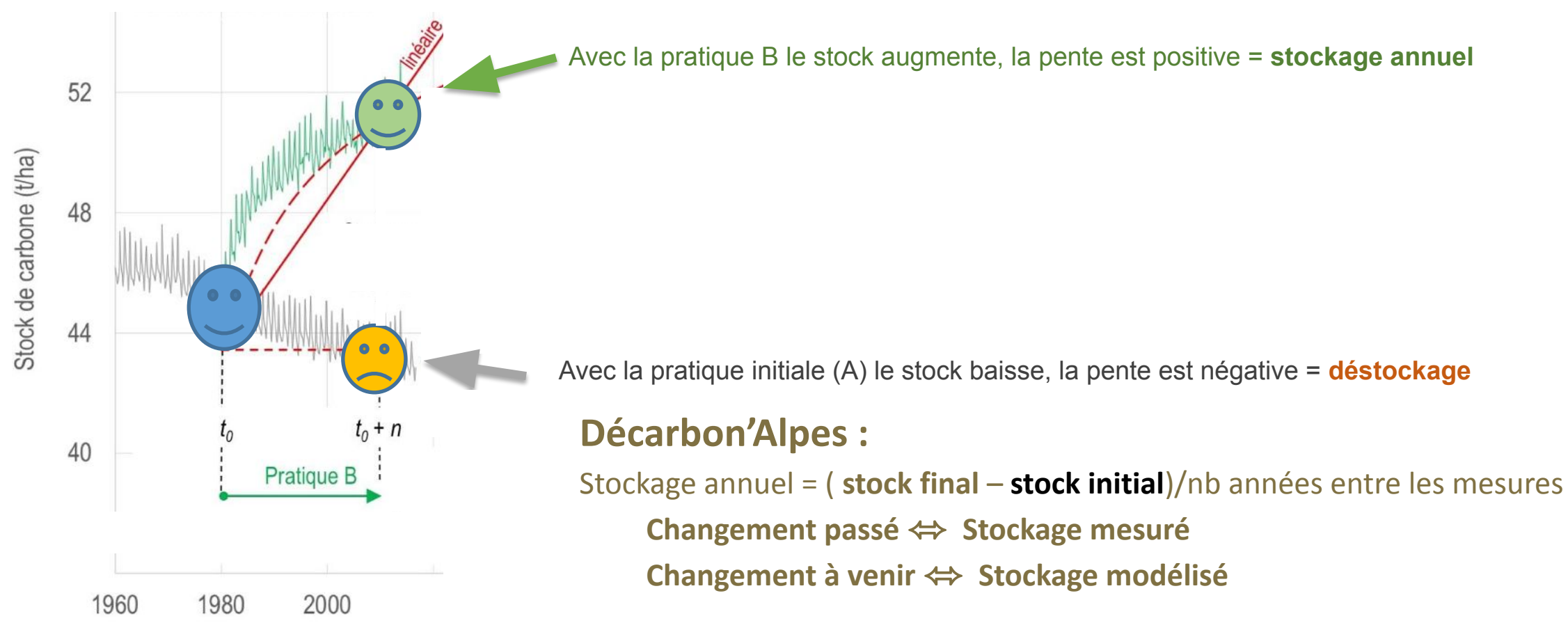
Puis séchage à 105°C



Tamissage à 2 mm

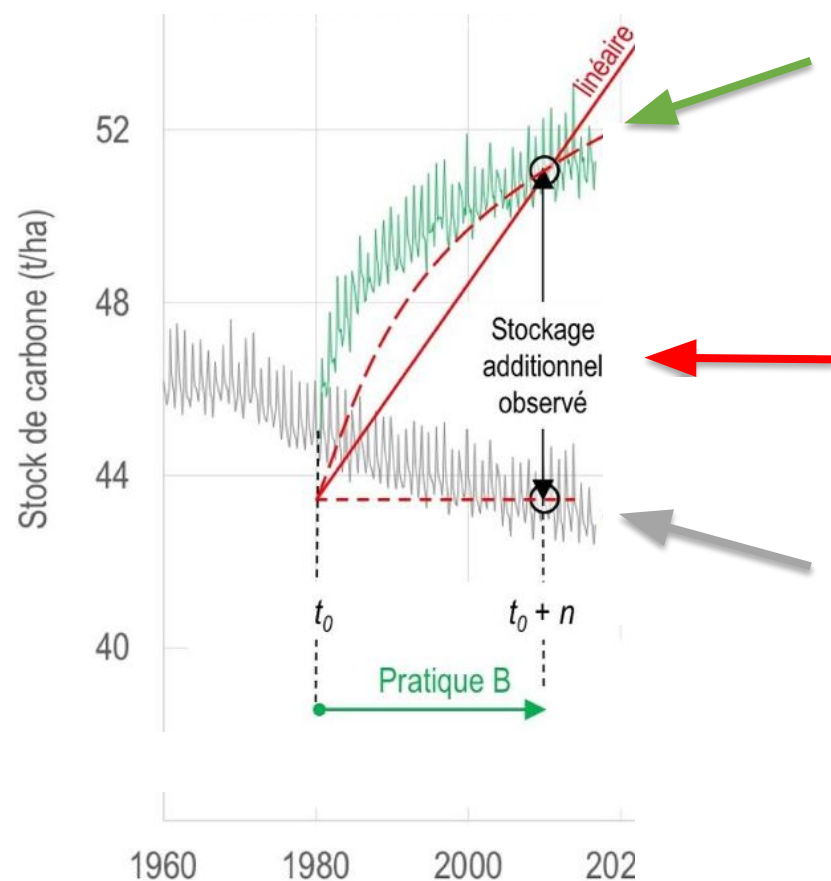
# Evolution de stock = (dé)stockage C

## Le stockage se calcule selon l'objectif



# Evolution de stock = (dé)stockage C

## Décarbon'Alpes ne calcule pas un stockage additionnel



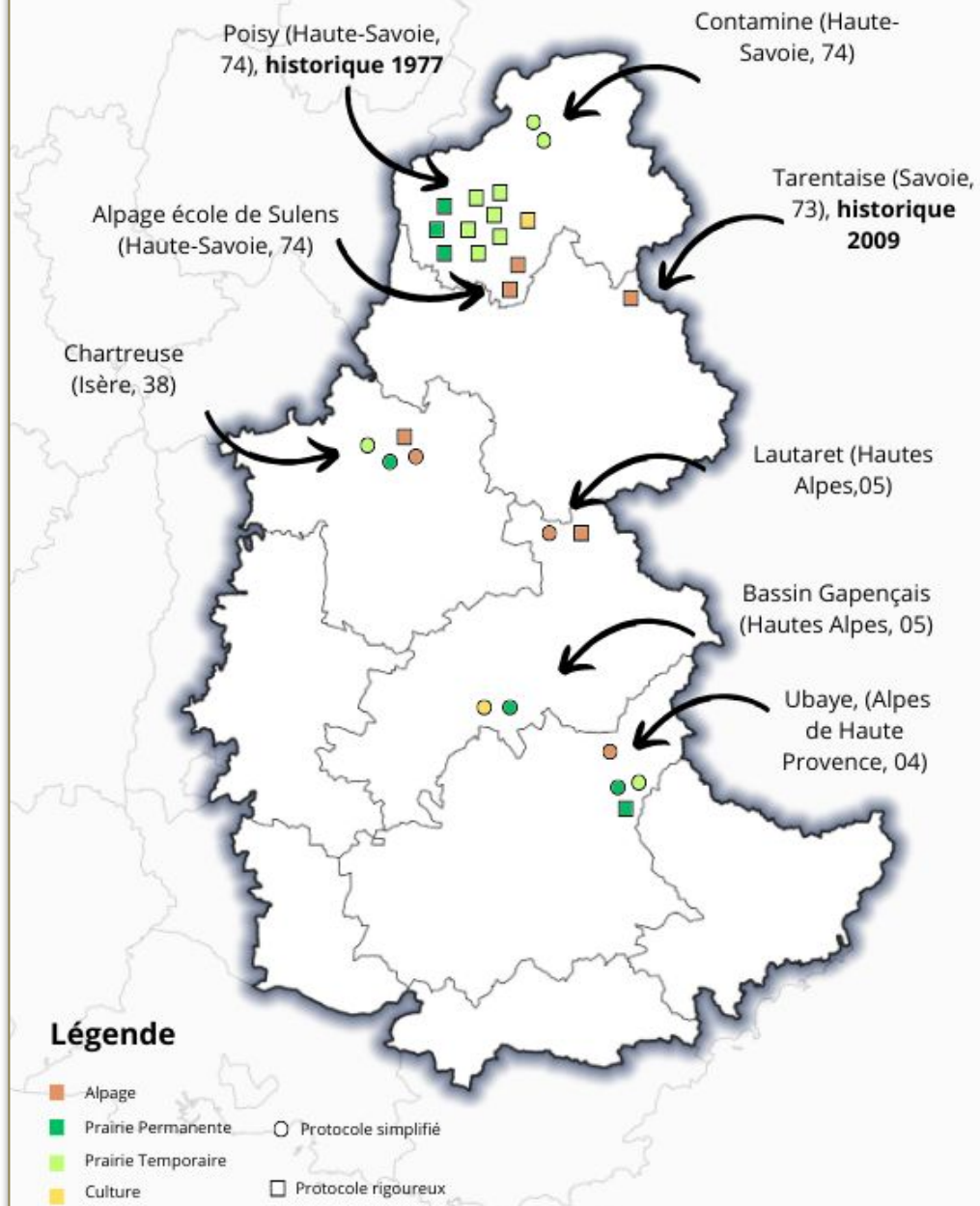
D'autres études s'intéressent au gain relatif par rapport à une conduite "de référence", INRAE 4/1000, Pellerin et al 2020



# Présentation du protocole Décarbon'Alpes

## Localisation des prélèvements de sol (Décarbon'Alpes, 2023)

### Carte du Massif Alpin



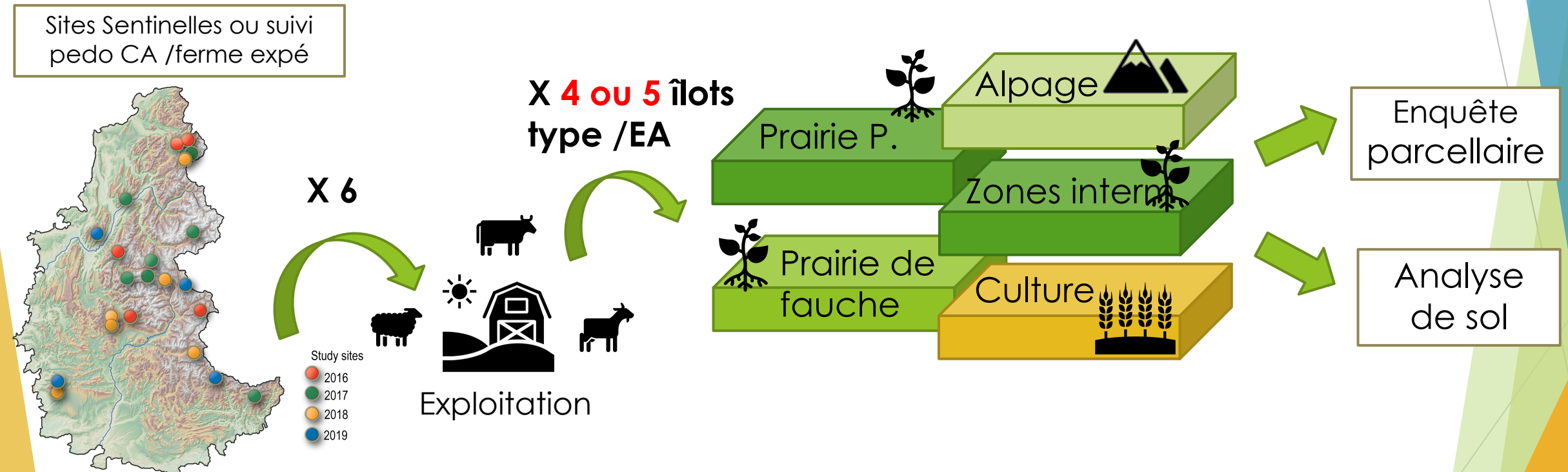
# Localisation des prélèvements de sol

# Stockage Carbone : les actions

## 2.1 Stock de carbone / système EA

- **6 exploitations alpines** représentatives avec 4 ou 5 îlots types / fermes (diversité de systèmes)

Sites Sentinelles ou suivi pedo CA /ferme expé



- **Elaboration du Protocole d'enquête** : grille d'entretien (caractéristiques de l'exploitation, pratiques/conduites de la parcelle/historique)

# Protocole Décarbon'Alpes issu du Protocole OCBO\*

- ▶ Pour les parcelles en protocole rigoureux :
  - **Réalisation d'un prélèvement pour analyser la densité sur 3 horizons :**
    - 0-30 cm / 30-50 cm / 50-75 cm
    - 3 répétitions par parcelle
  - **Réalisation de 4 prélèvements à la tarière autour du point de densité sur 3 horizons pour analyse chimique et granulométriques**
    - 0-30 cm / 30-50 cm / 50-75 cm
    - 3 répétitions par parcelles
  
- ▶ Pour les parcelles en protocole simplifié :
  - **Réalisation d'un prélèvement pour analyser la densité sur 1 horizon :**
    - 0-30 cm
    - 2 répétitions par parcelle

Séchage et envoi  
des échantillons au  
laboratoire et à  
Université Savoie  
Mont-Blanc (USMB)



Centre d'Élevage - Poisy





# Centre d'Elevage - Poisy





## EPLEFPA Contamine-sur-Arve





## Lautaret





**Retour sur la quantification  
des densités apparentes des sols prairiaux alpins  
□ conséquences pour les suivis des MO  
en montagne**

*Jérôme POULENARD (USMB)*



## Retour sur le calcul du stock

Expression en

□ t/ha

□ kg/m<sup>2</sup>

$$SOC = C_{org} * D_a * (1 - EG) * epaisseur * k$$

Teneur en carbone organique

Densité apparente

Teneur en éléments grossiers



Déterminant pour le résultat final et plus délicat qu'il n'y paraît

**DECARBON'ALPES** □ Une mesure la plus précise possible des stocks

# Mesurer densité apparente et teneurs en éléments grossiers

## Classiquement : méthode cylindre



Cylindre classique : 100 ou 200 cm<sup>3</sup>



300 g/échantillon

*Volume réduit □ représentativité ?  
répétabilité ?*

*Volume inadapté à une bonne  
estimation des EG (notamment de  
grande taille)*



## Pourquoi la méthode « piscine » (NF ISO 11272) dans Decarbon'Alpes?



- Variabilité
- Prise en compte des EG



Typiquement des volumes entre 1000 et 15 000 cm<sup>3</sup> □ **22,5 kg par échantillon**



## Densité apparente, teneurs en EG et Décarbon'Alpes

155 échantillons

1140 kg de sol sec

110 kg d'EG





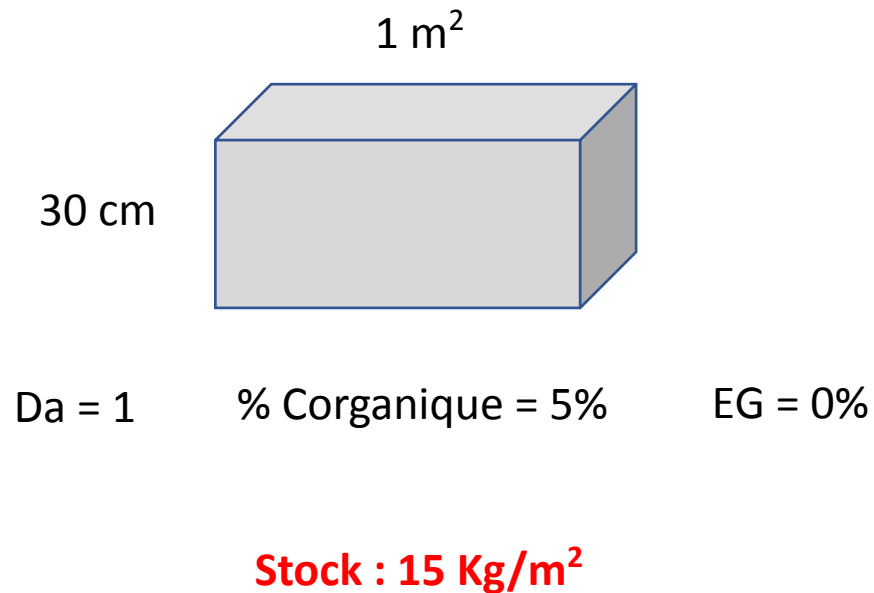
## Mise en place d'un protocole tamisage à l'eau



# Leçons et perspectives

Un protocole très lourd pour une donnée très sensible pour l'établissement des stocks

Cas simple



Qu'est ce que représente une augmentation de 4 pour 1000 ?

**60 g d'augmentation (15000\*0.004)**

- Soit passage de 5 à **5,02 % de carbone** (jouable analytiquement mais attention à la variabilité)
- Soit passage de 1 à **1,004** de da

\* sur un cylindre de 100cm<sup>3</sup> passer de 100g à 100,4g – 400 mg de variation

\* sur une piscine de 10000 cm<sup>3</sup> passer de 10kg à 10,04 – 40g de variation



# Leçons et perspectives

→ *Sensibilité à la moindre perte sur le terrain*

→ *Sensibilité au moindre caillou pris ou non en compte*

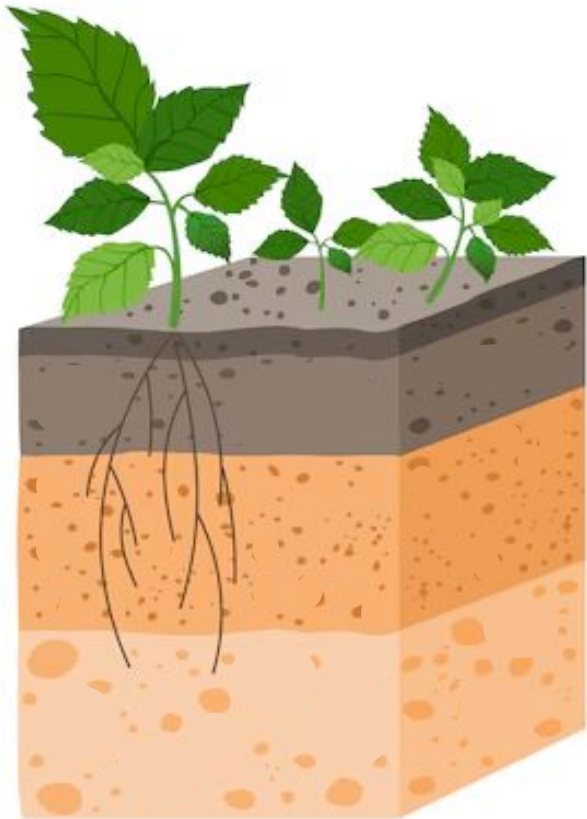
→ Impossibilité analytique de détecter des variations de stock de 4/1000

→ Grande prudence nécessaire sur la comparaison des stocks en particulier dans les sols de montagne avec des teneurs en EG importants

→ Variabilité spatiale à courte distance très souvent > aux variations temporelles envisagées



# La variabilité parcellaire illustrée



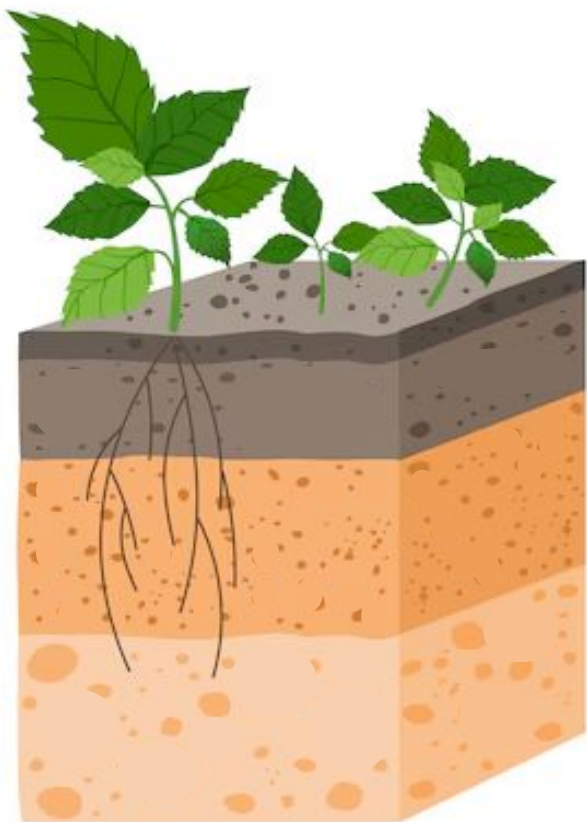
**A**



**B**

# La variabilité parcellaire illustrée

**A**



- d'éléments grossiers  
= + carbone

**B**



+ d'éléments grossiers  
= - de carbone



Echanges - Questions-Réponses

# SÉQUENCE 1 :

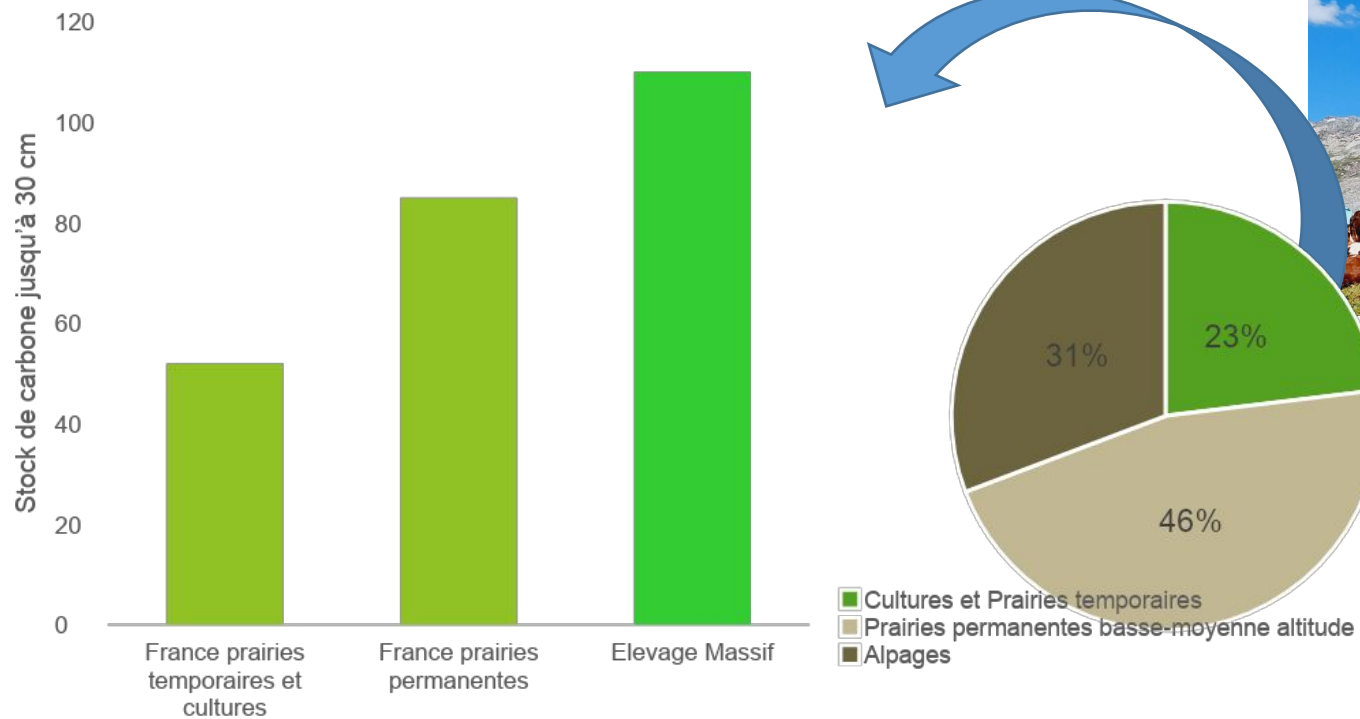
## Quel est l'état actuel des stocks de carbone des sols des Alpes ?

Résultats sur le stock

# Stock de carbone organique dans le sol



26 parcelles de sols variés avec des conduites représentatives de l'élevage sur le massif :

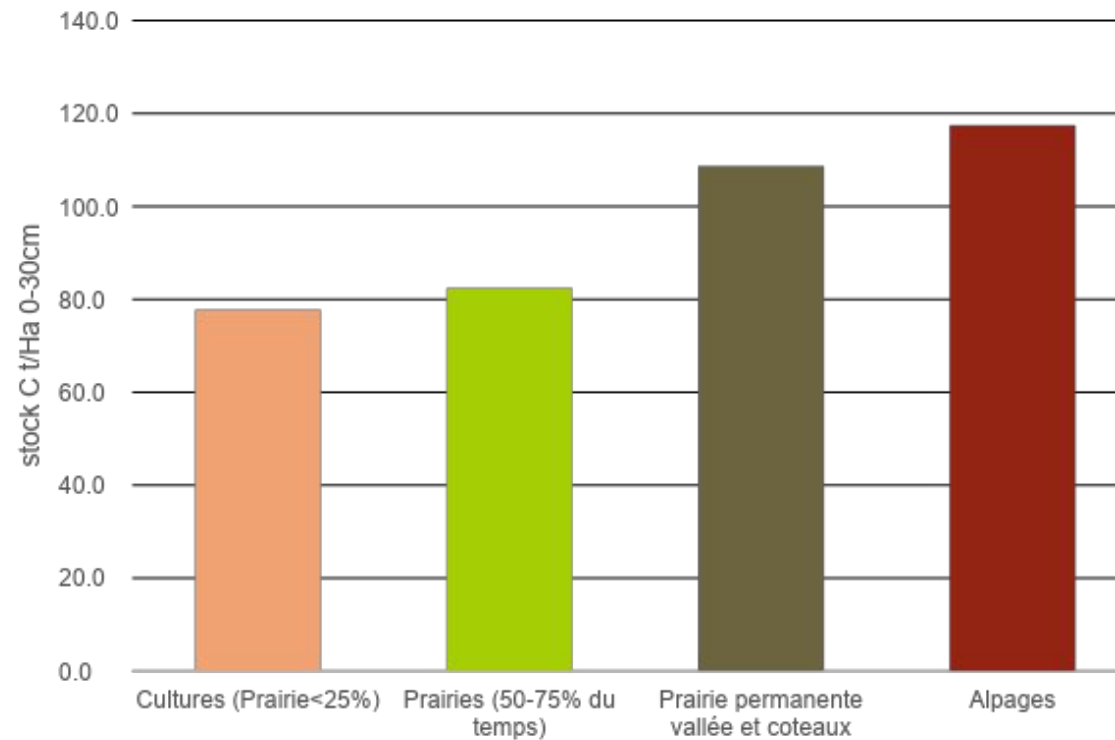


Decarbon'Alp	Min	Max
Sables %	2	59
Limons %	33	74
Calcaire %	0	49
pH	4,5	9,3
Éléments Grossiers %	0	59

# Stock de carbone jusqu'à 30 cm

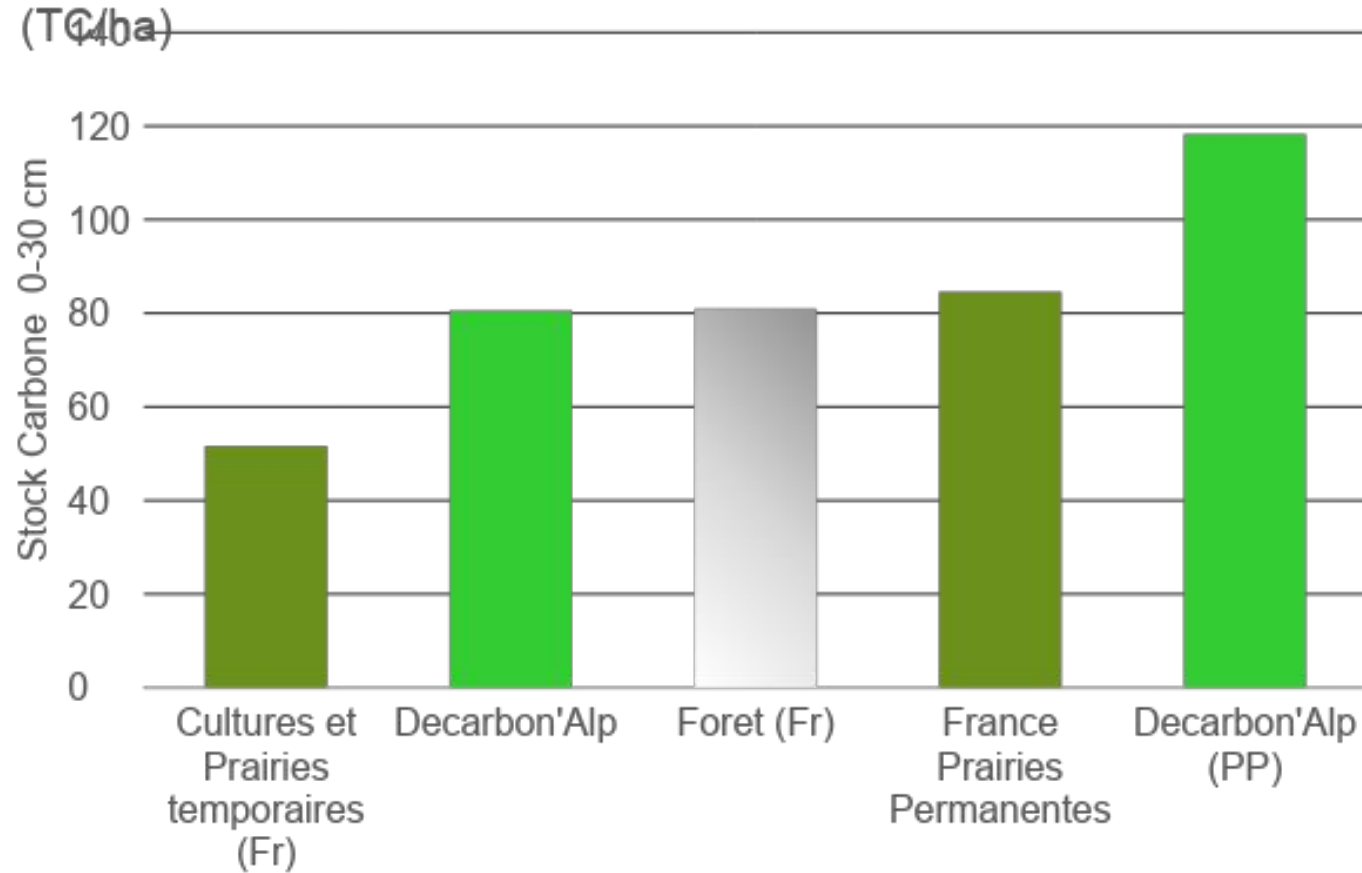


- Des stocks moyens sont de 110 tonnes de Carbone/ha
- Ils sont les plus élevés dans les prairies permanentes (118 TC/ha )





# Comparaison aux moyennes Nationales

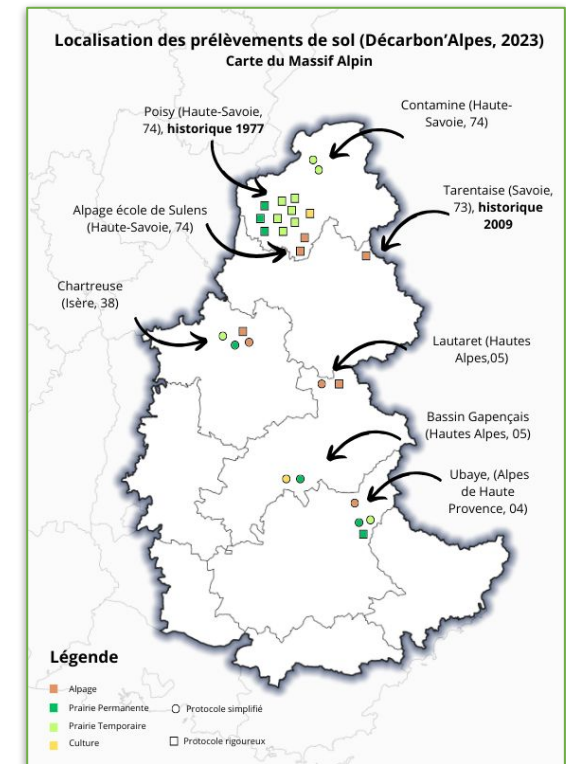
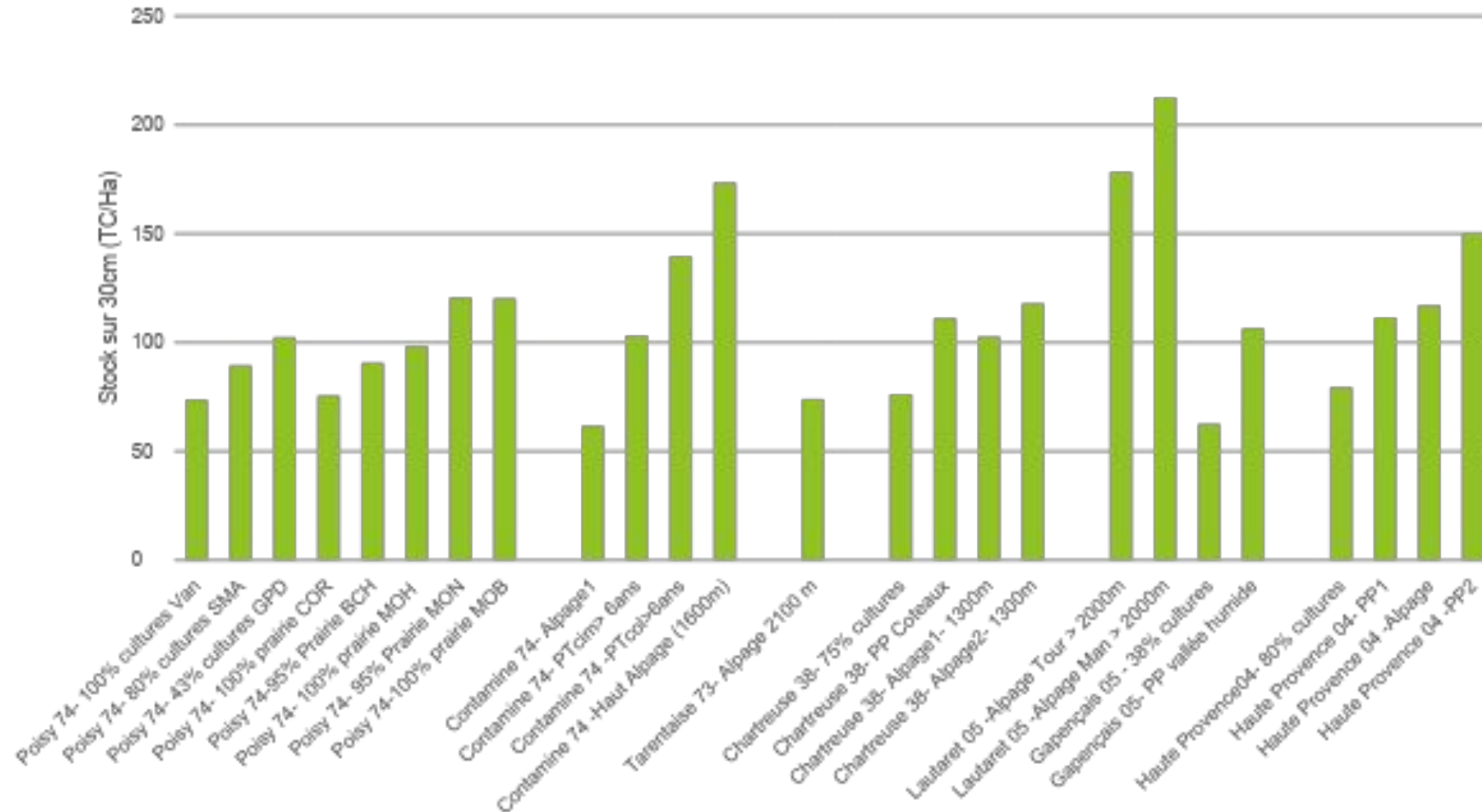


Source France : RMQS- Gis Sol

# Un stock variable pour une même ferme



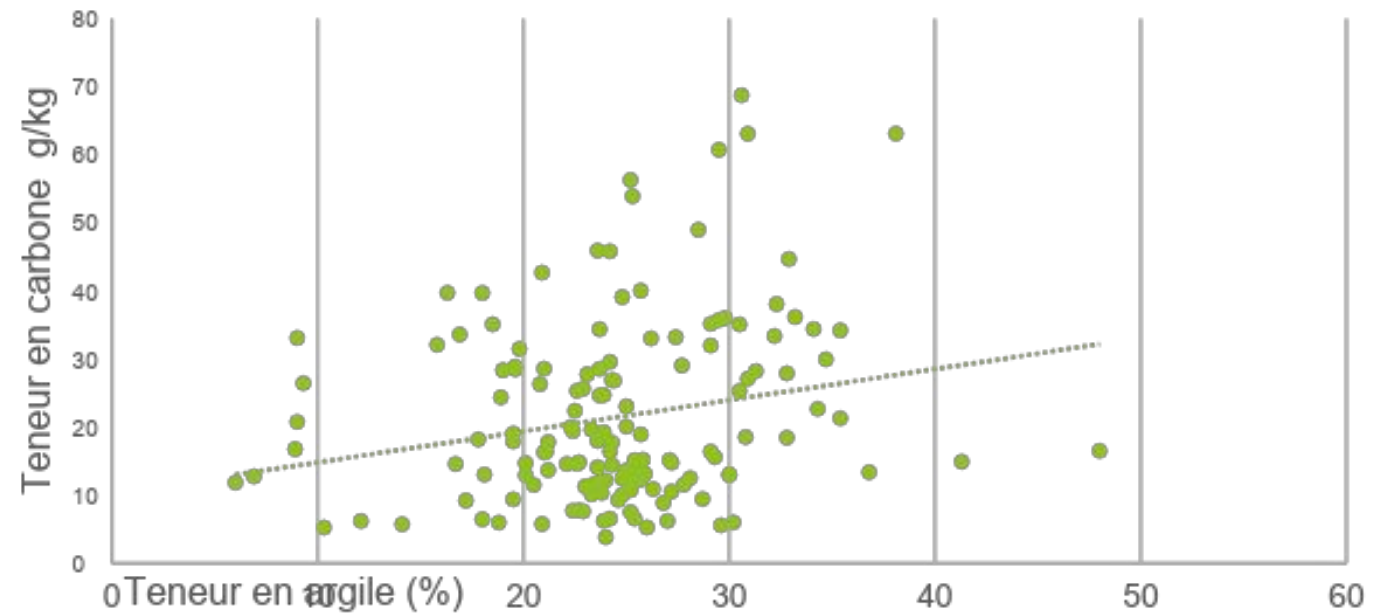
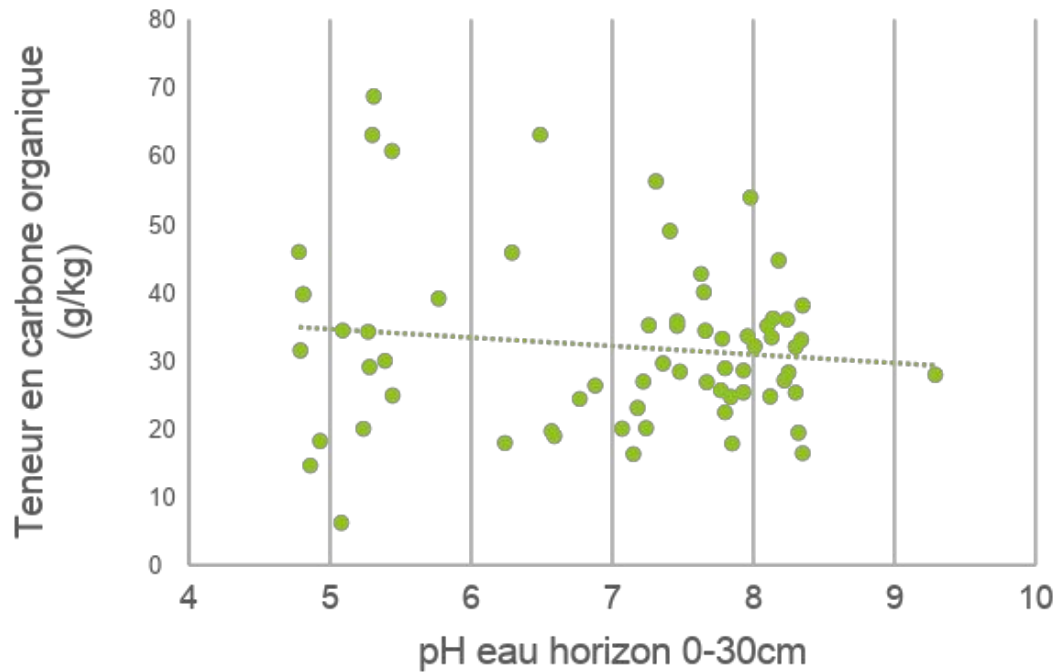
Entre 62 et 213 TC/ha sur 30 cm de sol selon l'usage, le sol, le climat



# La nature du sol joue

Un pH acide ou un sol plus argileux sont des facteurs favorables à l'élévation de la teneur en carbone organique et donc au stock C

Certaines parcelles ont des taux de calcaire total élevés : Contamines, Poisy, Alpes Haute-Provence



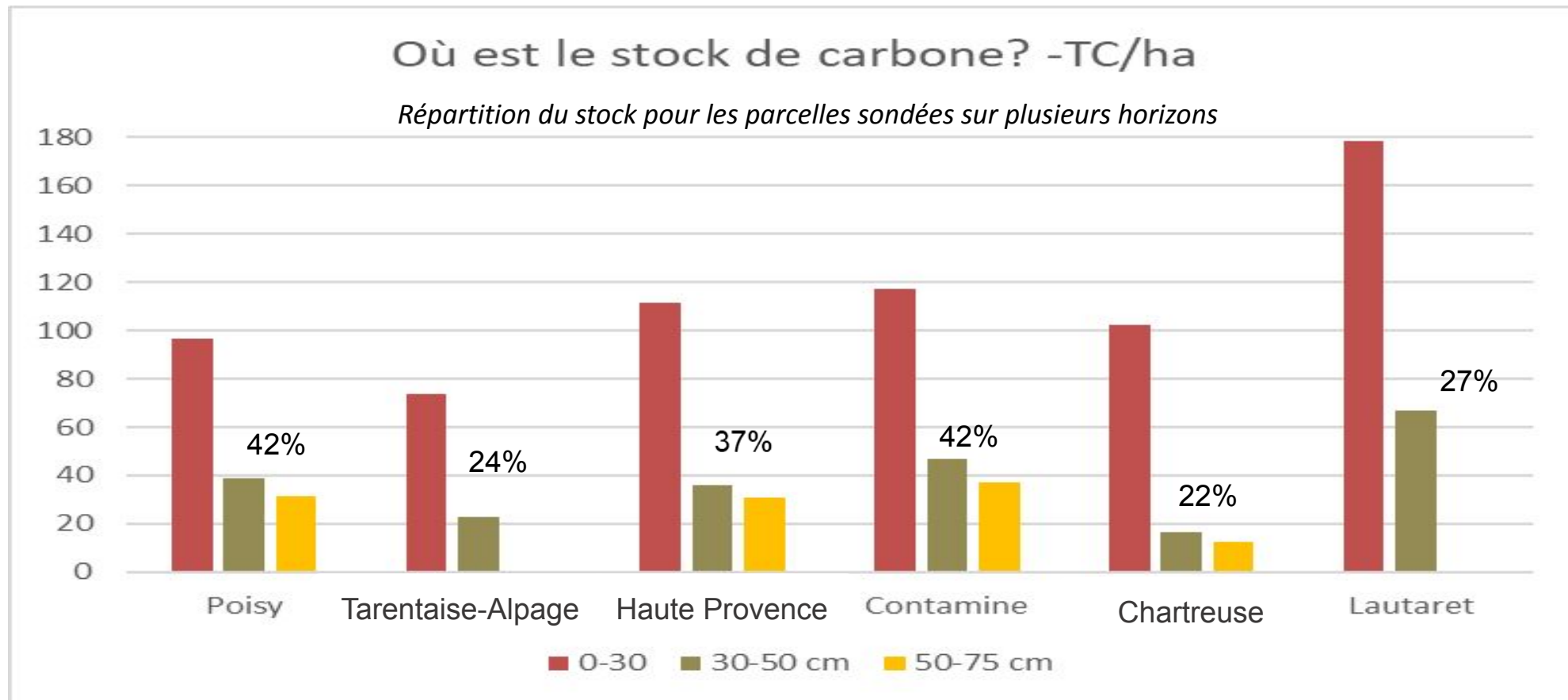


**Et en dessous de 30 cm, y a-t-il encore  
du carbone organique?  
Quelle quantité?**

# Part du stock de carbone en profondeur



- 58% des parcelles ont été sondées sous les 30 premiers centimètres de sol
- En moyenne, **un tiers du stock** de carbone total de C organique est en dessous de 30cm



# Comment varie le stock dans une parcelle/îlot ?

=> deux zones assez voisines prélevées



# Variation entre zones ABC

- Des variations entre placettes IMPORTANTES

Variation intra parcellaire	Ecart* de stock entre les placettes (TC/ha)	Ecart/stock moyen
moyenne	34,3	45%
médiane	28,4	39%
minimum	0,7	1%



Sans enregistrement précis du point de prélèvement, deux mesures de stock réalisées à 5 ans d'intervalle pourraient ici s'interpréter comme un (dé)stockage de 137 kg C/Ha/ an, c'est le minimum des parcelles

# Tarentaise - Enregistrement du point de prélèvement



Vaches laitières de races locales : tarines, abondances)

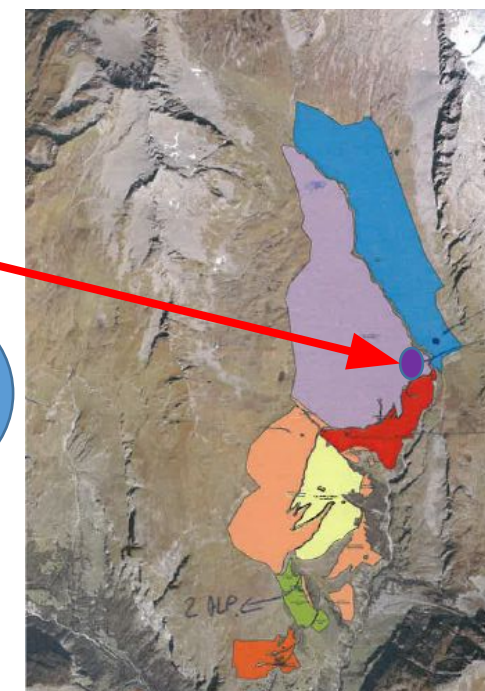


Parcelle	pH eau	% MO
Alpage 1	6.69	4.4
Alpage 2	6.34	4.7
Alpage 3	6.51	9.5
<b>Alpage 4</b>	<b>5.8</b>	<b>7.6</b>
Alpage 5	4,76	9.9
Source : Analyse de sol sur 0-10cm, 2009, CA SMB		

Enregistrement du point d'analyse 2009



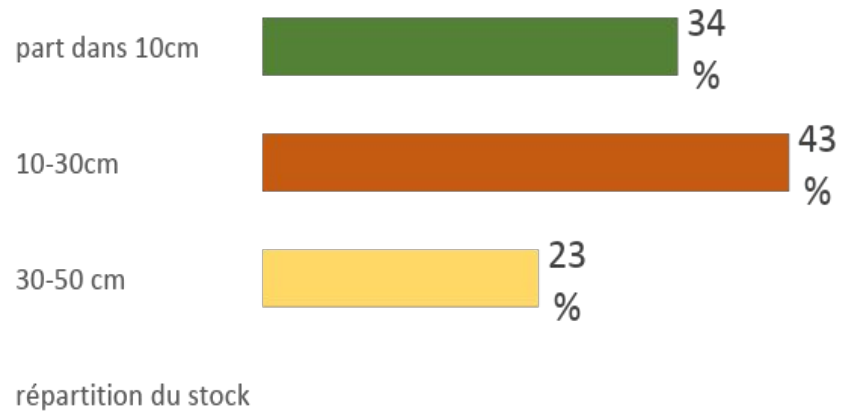
Tarentaise - alpage - mesure 2023



# Tarentaise - Détail du calcul du stock 2023



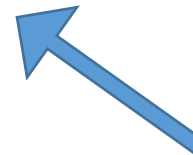
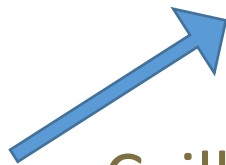
## Tarentaise



## • Stock C organique total en 2023

TC/ha sur 0 à 50 cm	En A	En B
Analyses labo (seules)	106	88
En intégrant les gros cailloux non prélevés	97	81

Variations de 17 TC/ha selon le point de prélèvement sur l'alpage



## Densité du sol

A,B	Densité de sol sec
0-10 cm	1.11 à 1.12
10-30 cm	1.35 à 1.40
30-50 cm	1.37 à 1.48

## Cailloux (>2mm)

A,B	% Resté sur place	% Dans le sac Tri Univ. SMB
0-10 cm	0	4-5
10-30 cm	0-15	15-21
30-50 cm	0-25	31-37

## Carbone organique 2023

Cesar	G C org g/kg terre fine
0-10 cm	26 -33
10-30 cm	17-21
30-50 cm	12-13



Echanges - Questions-Réponses



## SÉQUENCE 2 :

Quelles sont les dynamiques des stocks de carbone dans les zones pastorales ?

# Comment varie le stock?

Cas de la Ferme de Poisy (74) - basse altitude

Systeme BL avec cultures

Analyses sur l'horizon de labour (25 cm)

# Cas d'étude n°1: Poisy

**Systeme de référence :** Montagne Maïs

## Mon troupeau lait :

3 races Montbéliarde (50%) - Abondance (45%) - Prim Holstein (5%)

## Vaches laitières

82

## 110 Génisses

(dont 1 atelier  
élevage de tarines)

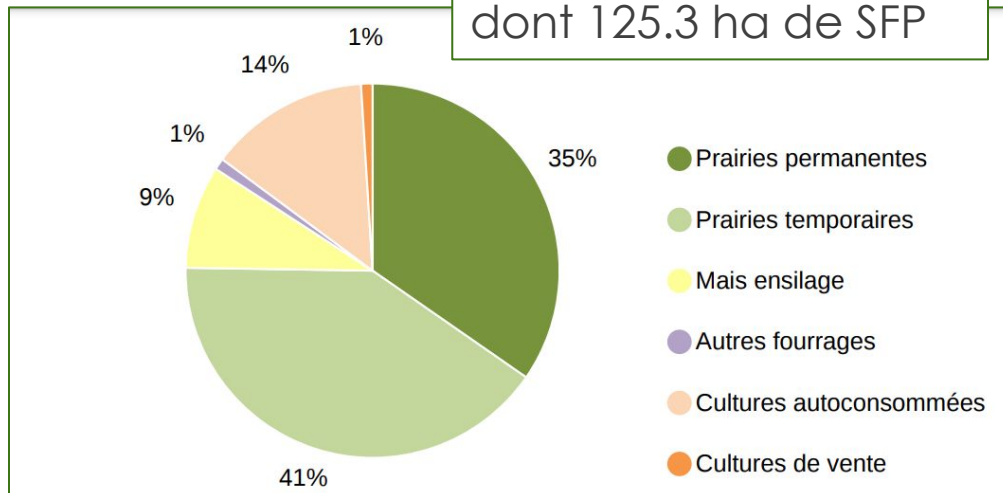
## Production par vache

7 500 L/an

## Commercialisation

550 000 L de lait vendu en IGP  
Tomme/Emmental/Raclette  
de Savoie

148 ha de SAU  
dont 125.3 ha de SFP



**Fertilisation organique  
aujourd'hui :** compost  
sur les prairies, fumier sur  
les cultures de maïs  
(présence de lisier  
jusqu'en 2007)

# Cas d'étude n°1: Poisy

## **Type de sol :**

limono-argileux avec  
des sols de plus de 75  
cm de profondeur

+ parcelles sur moraines  
glaciaires (cailloux à 50  
cm de profondeur)

## **9 parcelles prélevées :**

parcelles avec historique  
d'analyses de sol

+

parcelles avec  
changement d'usage  
(culture → pâture)

+

prairie permanente

## **Analyses de sol depuis 1977 : Pourquoi ?**

Etudier l'évolution de la  
fertilité des sols sur 2  
stratégie de conduite sur  
PT et cultures

apports pédagogiques  
pour la formation



# Poisy - Evolution au fil des ans



## Météo

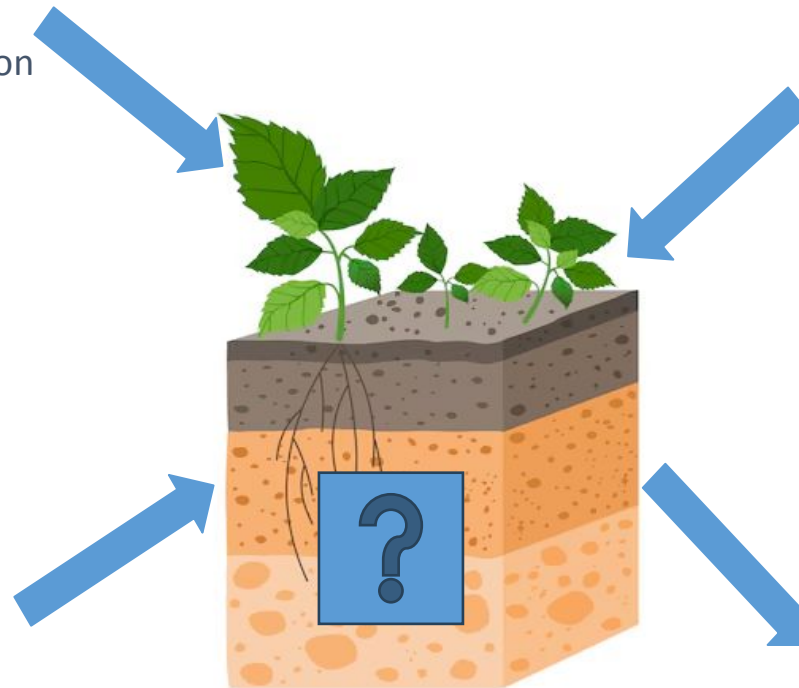
Croissances végétaives  
Minéralisation/organisation

## Gestion actuelle des parcelles

Travail du sol : labour  
culture/prairie  
Fertilisation  
Couverts intermédiaires  
Pâturage/fauche

## Sol

Pentes, bas-fonds...  
Argiles, pH



## 8 parcelles de Poisy

Avec plus ou moins de culture  
Et un suivi d'analyses de sol

# Poisy - 500 m d'altitude - Alpes du Nord



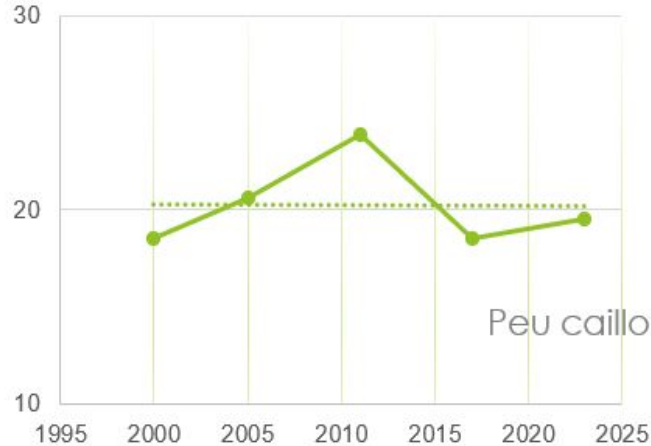
Parcelles avec cultures (24% argile) : stock initial similaire 70 - 72 TC/ha

Grandes Cultures  
Légère décroissance ou stabilité  
Gain annuel 0%

19% du temps en prairies  
Gain annuel 2 ou 3 pour mille (‰)

57% du temps en prairies  
Gain annuel 6-9 ‰

VAN- Corg (g/kg)



Céréales et Maïs (38%), épandages fréquents et 177 U

Stock aujourd'hui =

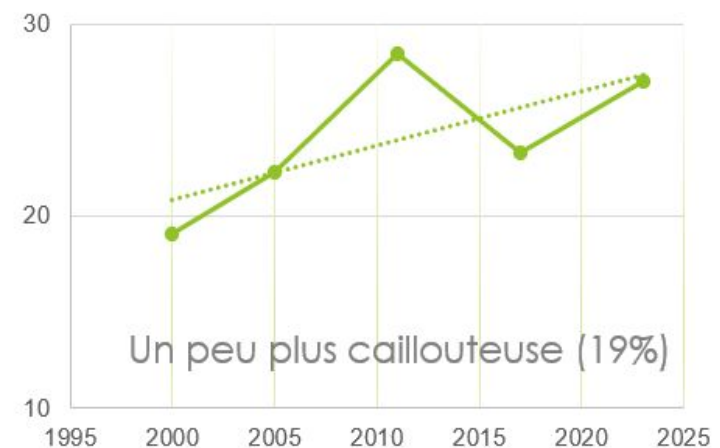
SMA- Corg (g/kg)



Céréales et Maïs → semis prairie 2019  
Épandages et 123 U

89 TC/ha

GPD- Corg (g/kg)



Culture 7a/PP 10a/Culture 2a/PT 3a...  
Épandages moins fréquents et 69 U

102 TC/ha



En 23 ans  
63 T eq.  
CO<sub>2</sub>/ha  
Soustrait de  
l'atm

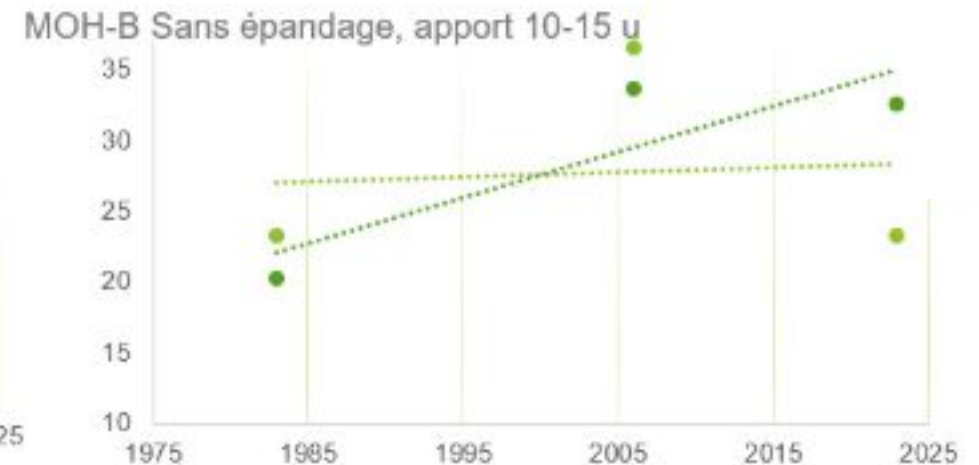
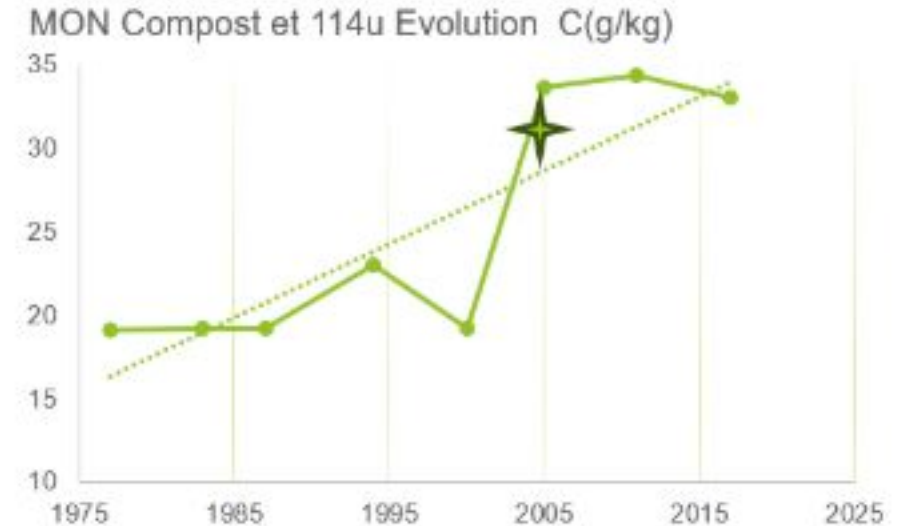
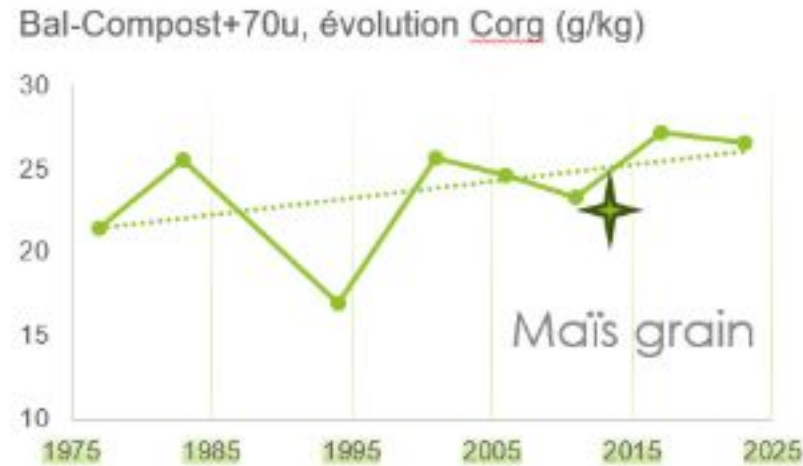
# Poisy - 500 m d'altitude - Alpes du Nord



## Prairies de longue durée

teneur initial = 19.8  
gC/kg terre fine et argiles  
25%

Une seule année en  
culture puis re-semis de  
la prairie => globalement  
stockant



# Poisy - 500 m d'altitude - Alpes du Nord

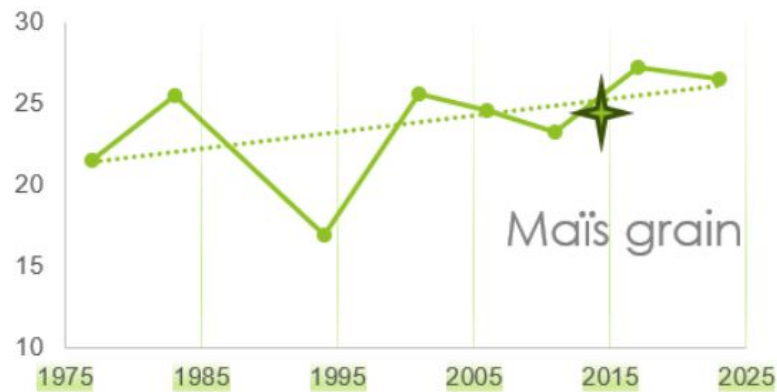


Prairies de longue durée

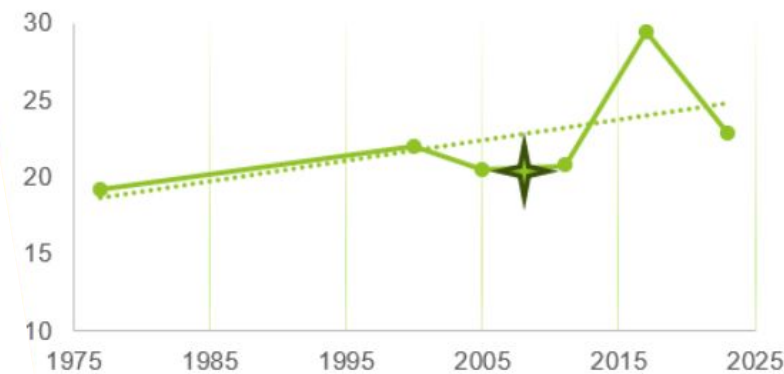
Stock initial moyen = 75 TC/ha → aujourd'hui 101 TC/ha

Gain moyen 5.3‰ sur les teneurs en C

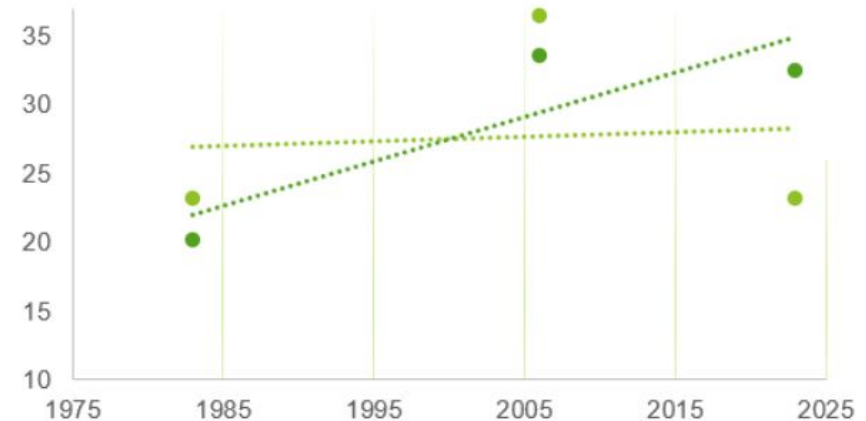
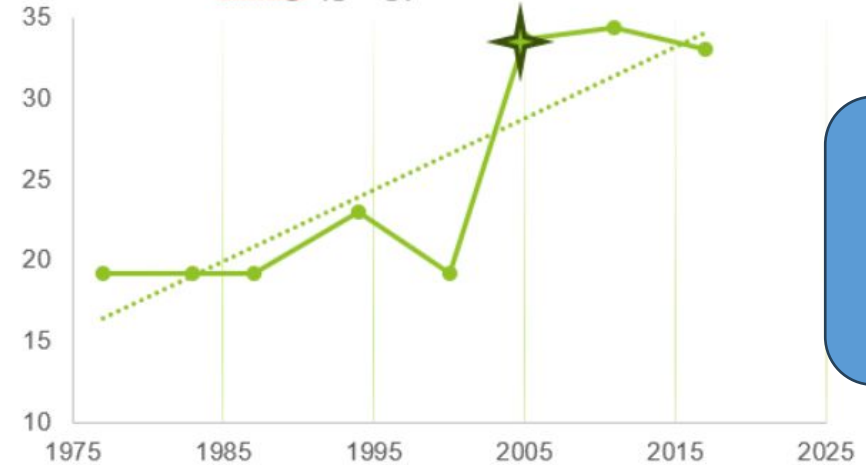
Balavarde Corg (g/kg)



Bois Chavanne- Corg (g/kg)



Monticule- Corg (g/kg)

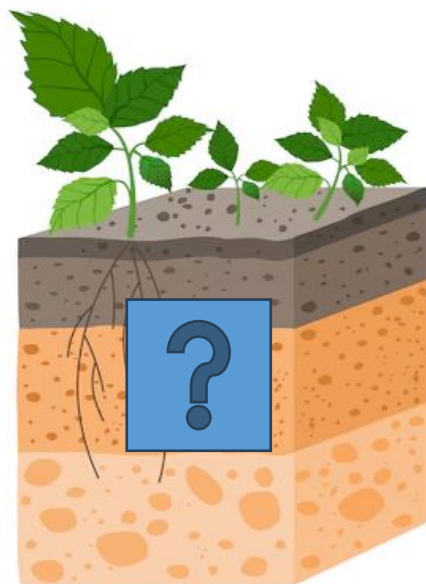
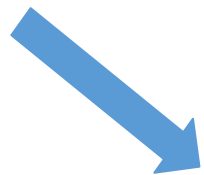


En 38 ans  
96 T eq.  
CO<sub>2</sub>/ha  
Soustraits de  
l'atm

# Poisy - Évolution au fil des ans



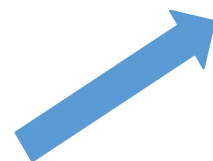
Météo



Gestion actuelle  
des parcelles



Sol



Si la densité est  
restée stable



Utilisation des parcelles ces dernières décennies	Kg C/ha/an
Culture et prairies temporaires (3 parcelles)	+ 277
Prairies de longue durée (6 parcelles)	+ 460



# Comment varie le stock?

Cas de la Tarentaise (73) - haute altitude

Alpage 2000 m

Analyse en 2009 sur l'horizon 10 cm

# Cas d'étude n°2 : La Tarentaise

**Systeme de référence :** Montagne Herbager (avec surfaces pastorales)

**Mon troupeau lait :** 91% Tarentaises - 9% Abondances

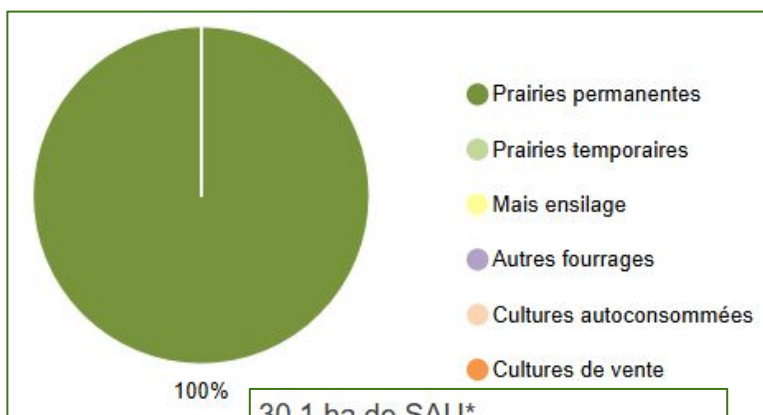
**Mon troupeau viande :** Engraisseur spécialisé de JB - 6 veaux lourds/an (1,2 UGB)

**Vaches laitières**  
92 (dont prises en  
pension alpage)

**63 Génisses de  
renouvellement**

**Production par vache**  
4525 L/an

**Commercialisation**  
406000 L de lait vendu en  
AOP Beaufort



30,1 ha de SAU\*  
dont 30,1 ha de SFP\*\*  
et 227,4 ha de surfaces pastorales

**Fertilisation organique :**  
lisier sur les surfaces  
accessibles

**1 parcelle d'alpage  
prélevée :** avec  
historique d'analyses de  
sol (2009).

**Type de sol alpage :**  
limono-sablo-argileux  
50 cm de profondeur

# Tarentaise - 2000 m - Alpes du Nord



## Gestion actuelle :

- Deux passages de vaches pendant 4 j/an
- Flore naturelle
- Apports de fertilisants minéraux PK uniquement

## Dans les années 1980-2000 d'autres conduites agricoles :

Agneaux pâturant et vaches à l'attache (1985) puis en pâturage tournant (1995)

## Anciennement :

Et aussi une évolution climatique de long terme

Années	pH	Taux de matière organique (%)
2009	5.8	7.6
2023	5.3	4.5% (B) - 5.7 (A)

## Point Géoréférencé, prélevé en 2009

En moyenne perte de **840 à 1340 kg C/ha/an**

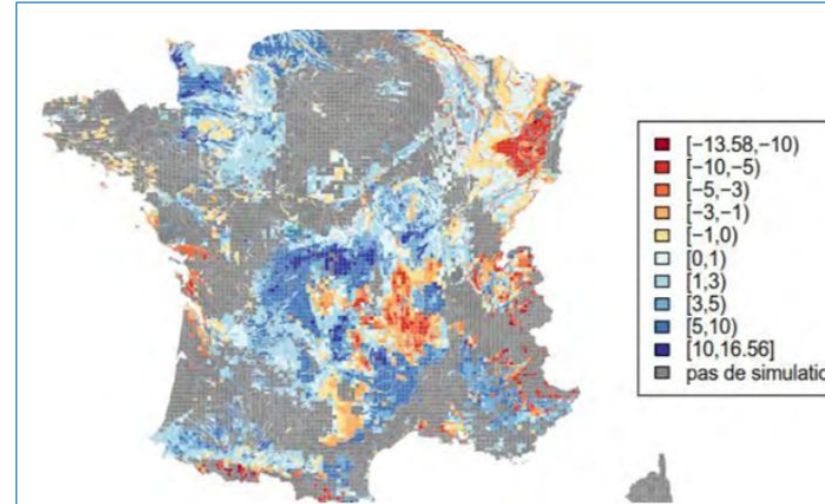
Incertitude plus forte car profondeur faible sondée et uniquement un point de recul pour la mesure

# Tarentaise - Comparaison des résultats avec la bibliographie

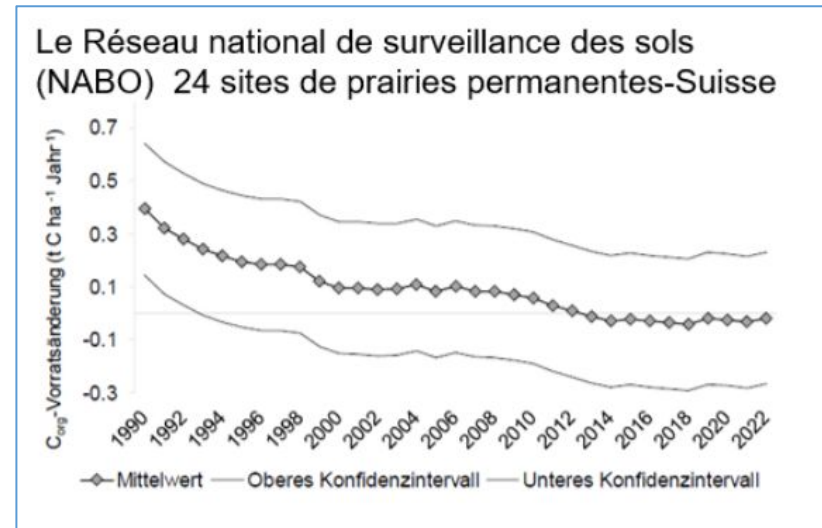


Années	pH	Taux de matière organique (%)
2009	5.8	7.6
2023	5.3	4.5% (B) - 5.7 (A)

**Point Géoréférencé, prélevé en 2009**  
En moyenne perte de **1096 kg C/ha/an**



Pellerin et al. 2020. Prairies permanentes, évolution à venir sous climat constant et pratiques actuelles reconduites (en ‰)



Agroscope Science, n° 189/2024



# Que retenir de l'expérience ?



Une grande précision est nécessaire dans la mesure de stock :

- Car la **teneur chute avec la profondeur**
- Car la **parcelle est hétérogène** et il est difficile de revenir au même point

Au moins **3 - 4 mesures** permettent de dégager une tendance

Sur une ferme, la **nature du sol**, la position de la parcelle (**topographie**) et les **pratiques agricoles** influencent l'évolution des **teneurs en carbone organique**

Il est important de suivre les évolutions sur des situations bien référencées et avec réplication pour préparer l'avenir.

Valeurs non généralisables, elles ne peuvent pas représenter la diversité du massif alpin. Elles montrent l'intérêt de suivre dans le temps la fertilité de ses parcelles par des analyses.

# Cas d'étude n°3 : Le Lautaret

**Alpage collectif** : situé dans le Parc National des Ecrins

**Altitude** : entre 1800 et 2750 m

**Exposition dominante** : Sud - Sud Ouest

**Superficie** : 875 ha (dont 655 ha pour les activités pastorales)

**Pâturage** : bovins (240 UGB)



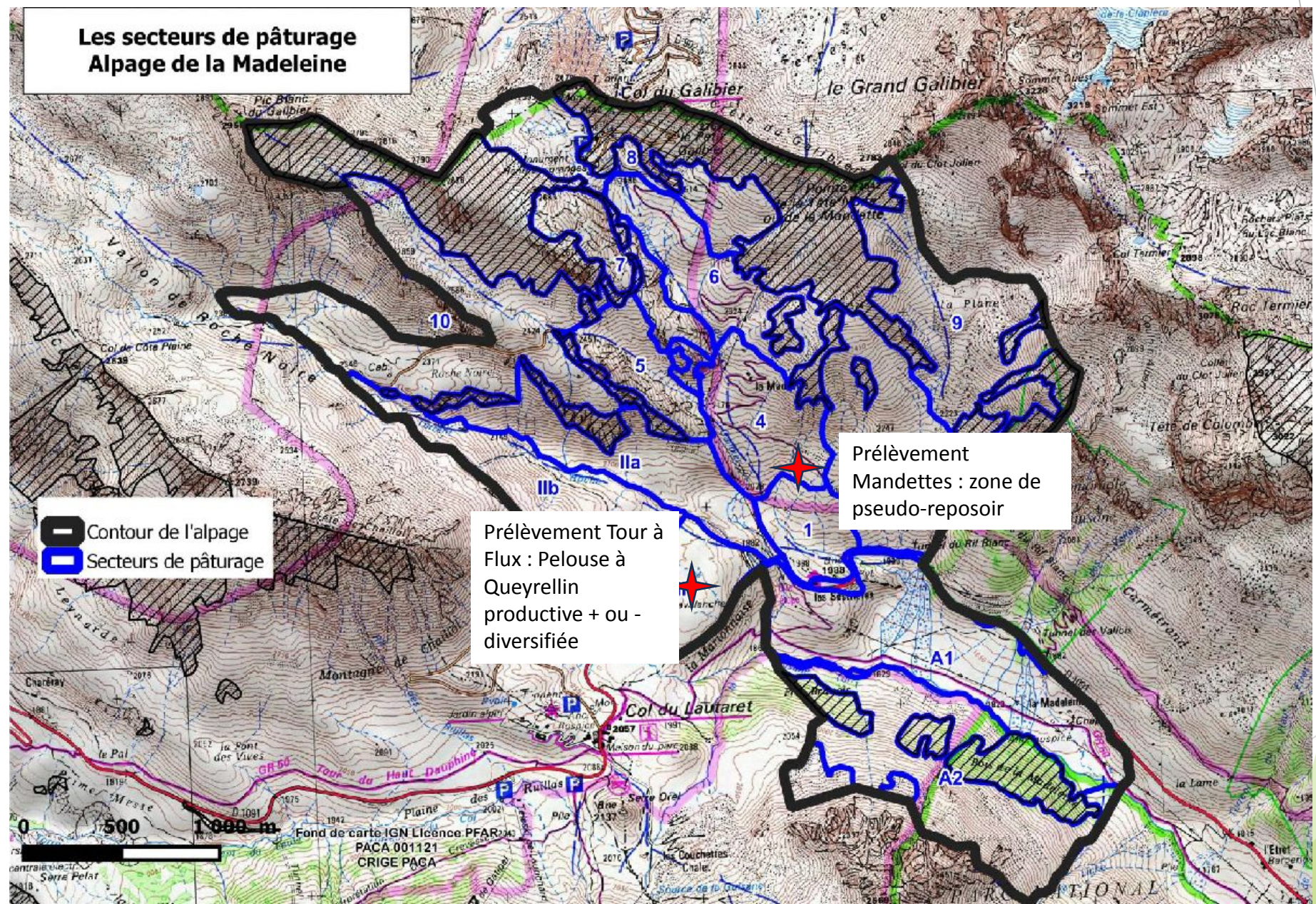
Secteur Tour à Flux (12/09/2023)





Secteur Mandette (12/09/2023)



### Les secteurs de pâturage Alpage de la Madeleine



 Contour de l'alpage  
 Secteurs de pâturage

Prélèvement Tour à Flux : Pelouse à Queyrellin productive + ou - diversifiée

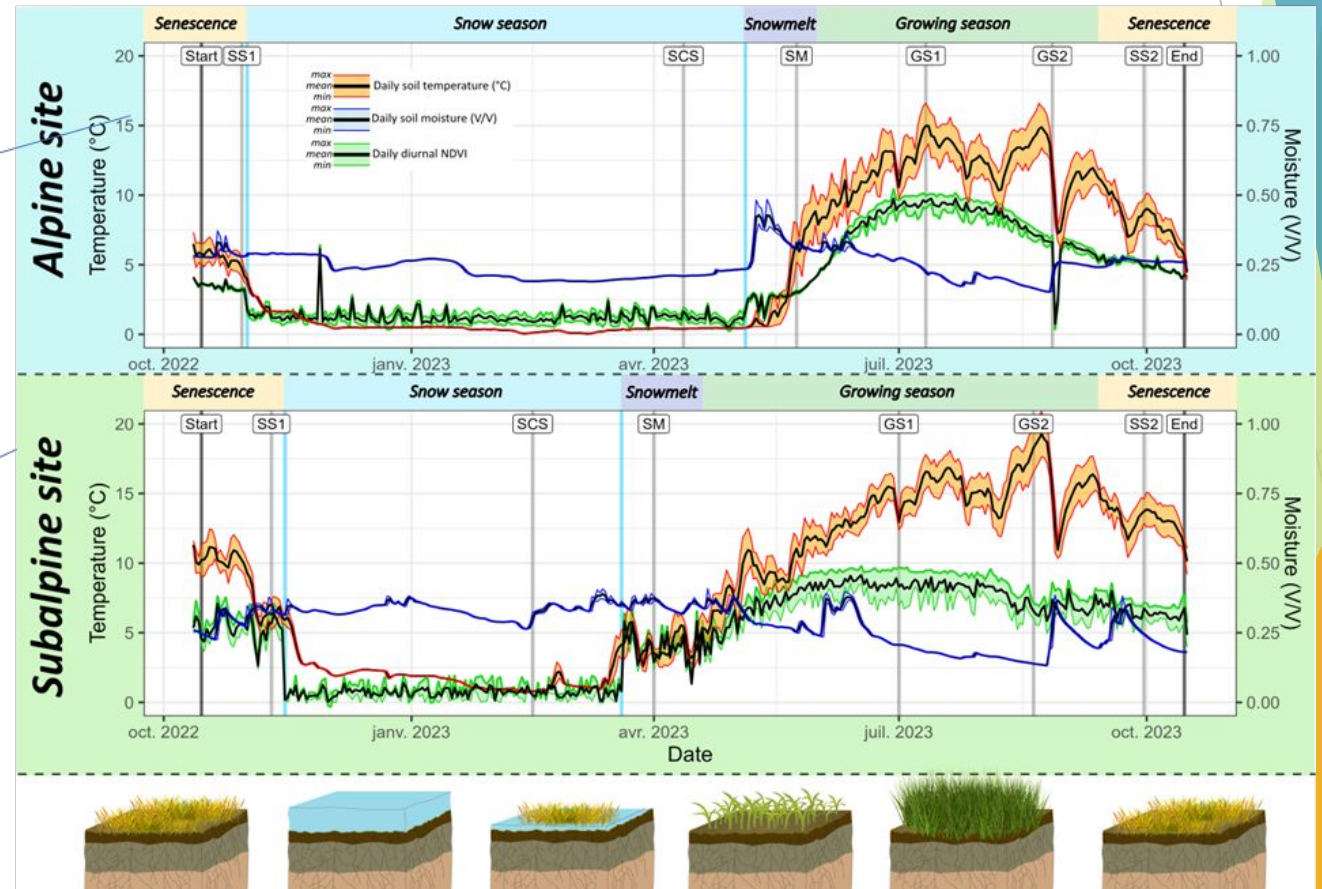
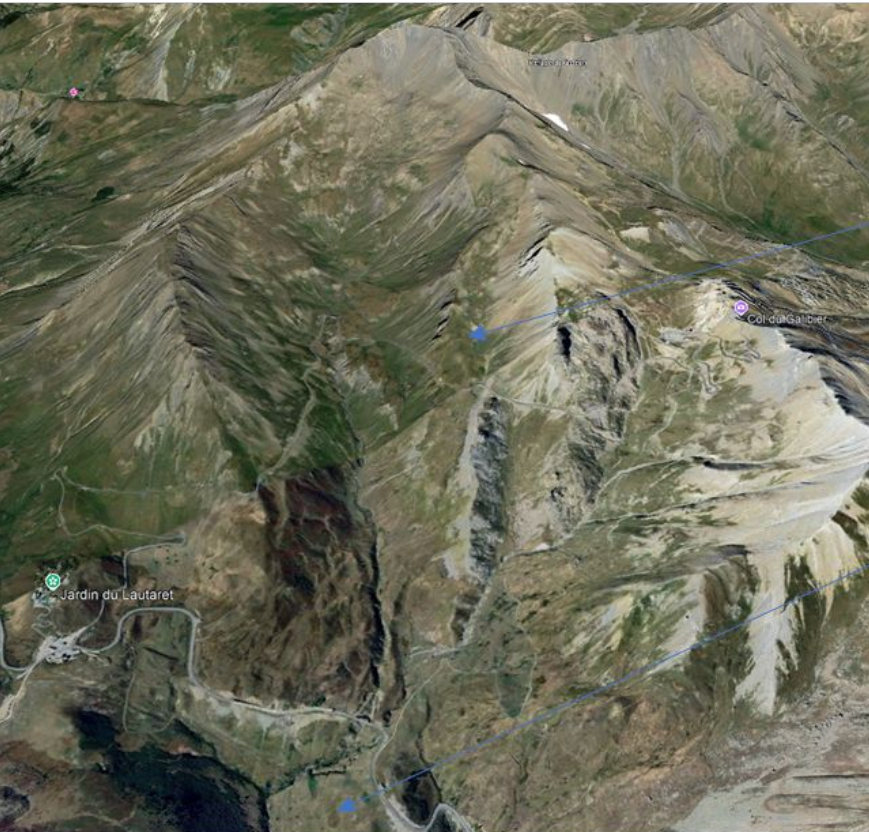
Prélèvement Mandettes : zone de pseudo-reposoir



# Les variations de stock de carbone – Lautaret

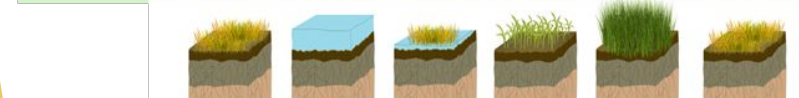
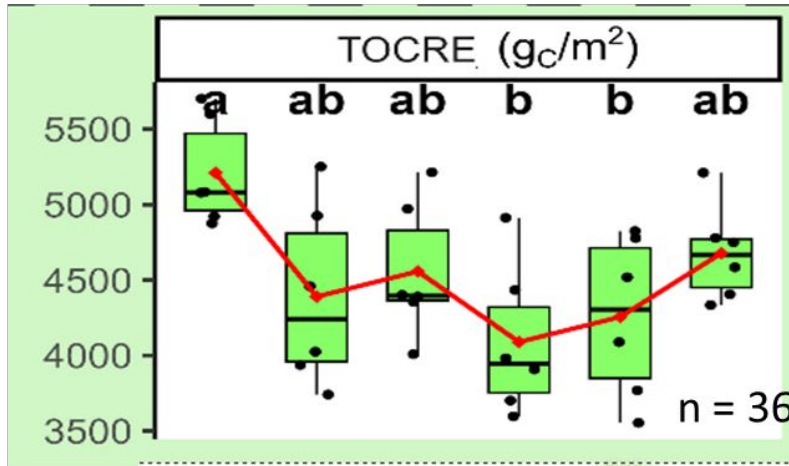
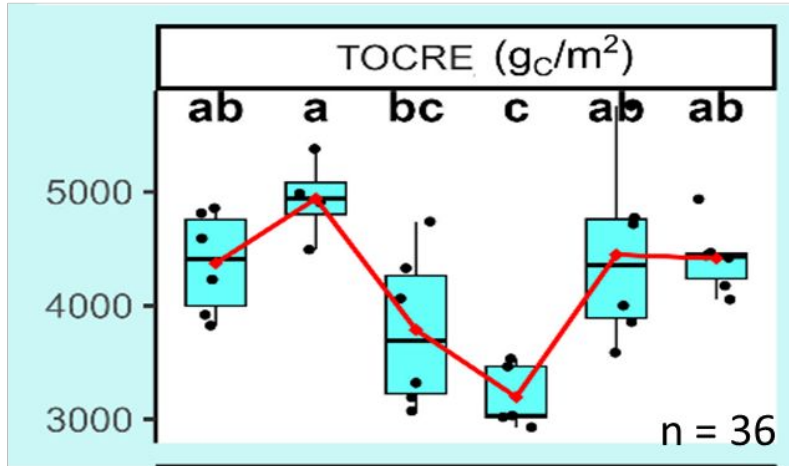
## Deux résultats variations de stock autour du Lautaret

### Conditions climatiques alpin/subalpin



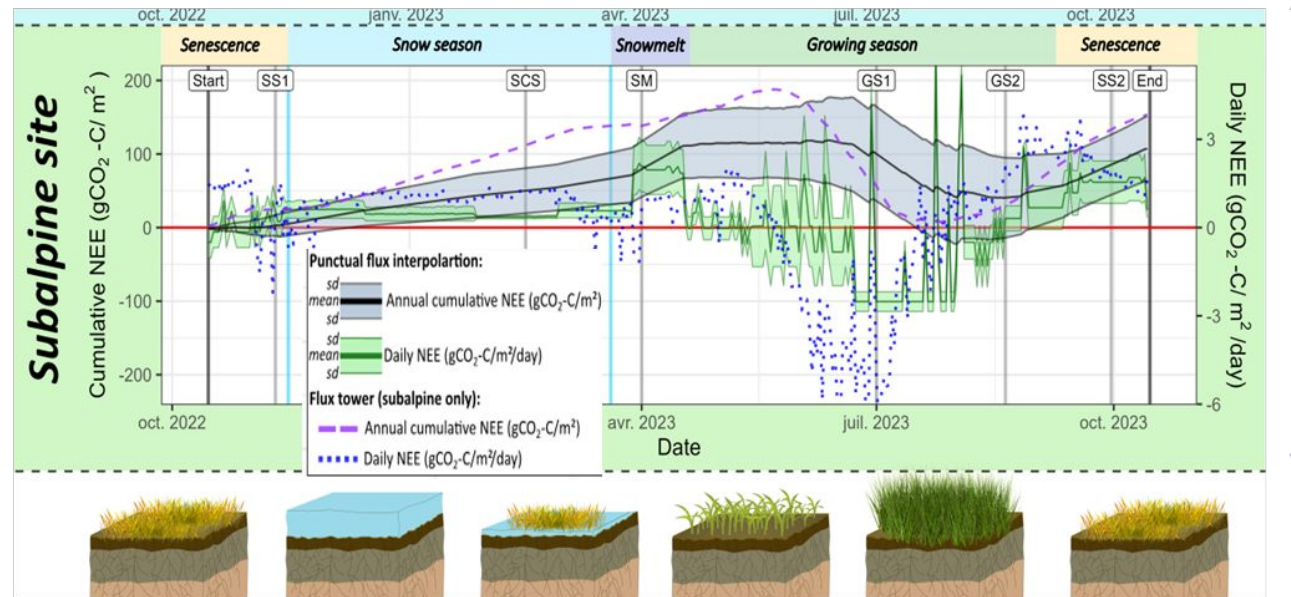


# 1 – Variabilités intra-annuelles



0-10 cm

Tour à flux



Forte dépendance aux conditions climatiques annuelles (enneigement ; productivité primaire ; température)  
 → Bilan interannuelle variable : des années Source et des années Puits...

## 2 – Simulation de changements climatique

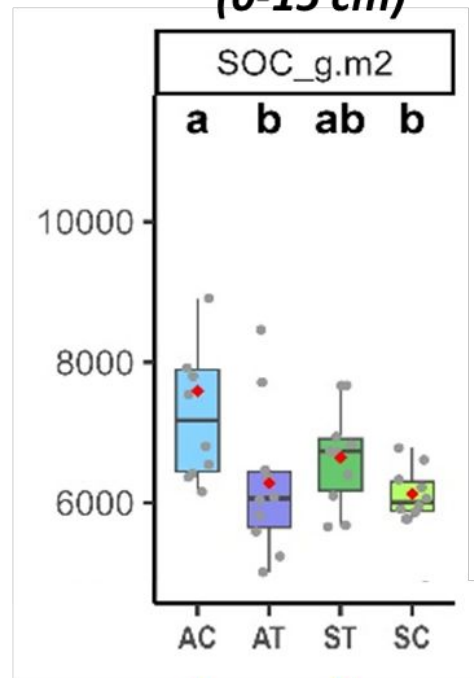
### Alpages volants

Transplantation  
2016 puis 2021  
n = 10  
35 cm de profondeur



## Résultats après 7 ans (2016-2023)

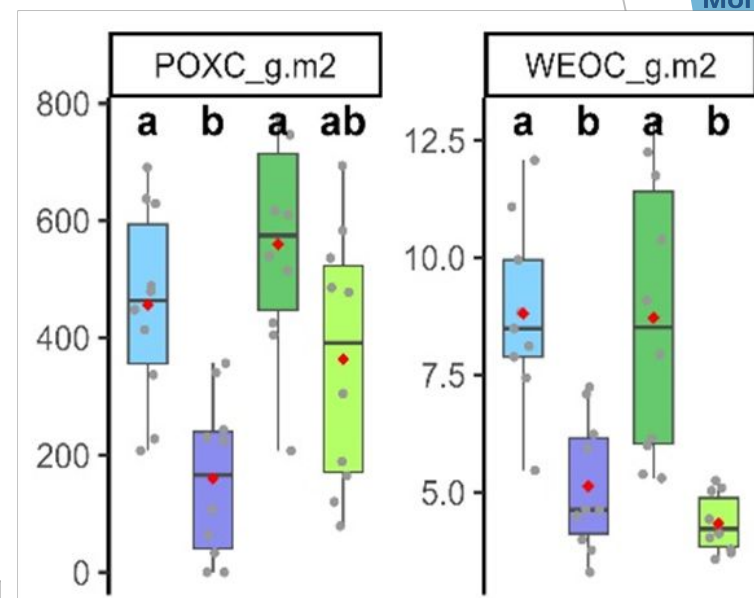
### Stock (0-15 cm)



15% de perte  
au réchauffement

+/- 5% de gain  
au refroidissement

### Indice de labilité



Perte  
des compartiments  
labiles

Gain des  
Compartiments labile

Globalement risque  
de déstockage de MO  
des sols alpins avec le CC

Des MO en montagne  
avec des pools de MO fragile





Echanges - Questions-Réponses

# SÉQUENCE 3 : Quels sont les impacts des pratiques agricoles sur les stocks de carbone ?



# Différentes situations de parcelles sur une ferme

Mon capital actuel	Evolution ces dernières années	Faut-il modifier ma conduite ?
Faible	En baisse	Redresser est prioritaire : Fertilité long terme
	Stable	Potentiel de stockage intéressant à explorer
Fort	Stable ou en accroissement	Conduite à conserver
	En baisse	Problématique pour le climat

Valoriser les analyses de sols présentes sur la ferme

Besoin d'un outil de calcul pour se projeter

# Outils de calcul d'évolution du carbone du sol



**Pour les îlots en grande culture** : Différents outils de bilan humique existent depuis longtemps

Depuis **2022- CarSolEI** un outil **INRAE-Idele** intègre :

- les prairies de courte et longue durée et durée des cultures en rotation
- sensible aux pratiques de fertilisation, coupes/pâtures, couverts ou non
- données de sol et climat personnalisables
- gratuit pour une saisie en ligne accessible à tous



# Fonctionnement de CarSolEI

- Repose sur les conduites agricoles dominantes des régions françaises et décrites dans l'étude INRAE 4 POUR 1000, (Pellerin et al, 2020)

- Il est conseillé de préparer les données de la parcelle au préalable

Ecran d'accueil - saisie 'online' :

<http://appsonline.idele.fr/Carsolel/>



**Penser à sauvegarder ses résultats en local**

Modèles de recherche : calcul journalier- Thèses

### Précision

Sensibles aux variations intra annuelles de climat, aux dates d'intervention...

Outil de développement : calcul sur conduite moyenne pluri annuelle

### Facile d'utilisation :

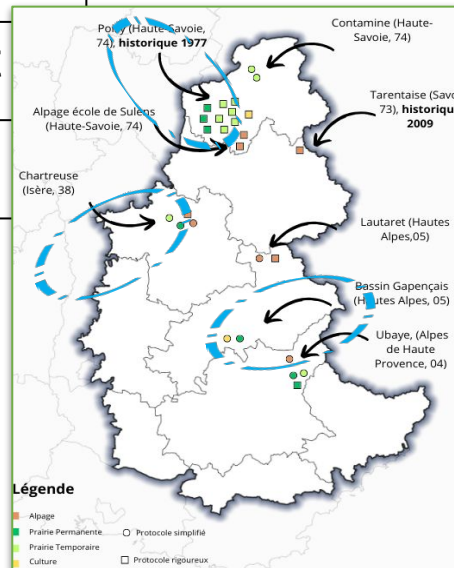
Sélection sur une carte ⇔ Bases de sol et de climat

Résultat de stockage positionnés par rapport à la zone sélectionnée

# Illustration sur quelques parcelles Decarbon'Alpes



Mon capital actuel	Évolution ces dernières années	Faut-il modifier ma conduite ?
Faible	En baisse	Redresser est prioritaire : Fertilité long terme
	Stable	Potentiel de stockage intéressant à explorer
Fort	Stable ou en accroissement	Conduite à conserver
	En baisse	Problématique pour le climat



Analyses de sols récentes :  
Decarbon'Alpes

Utilisation de CarSoIEL

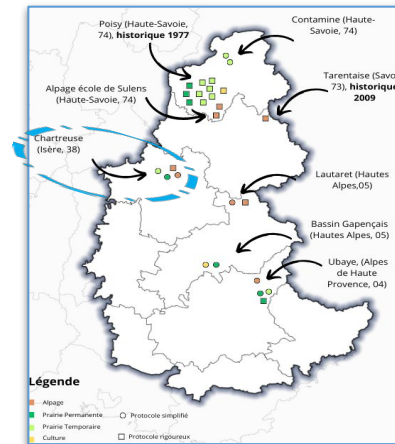
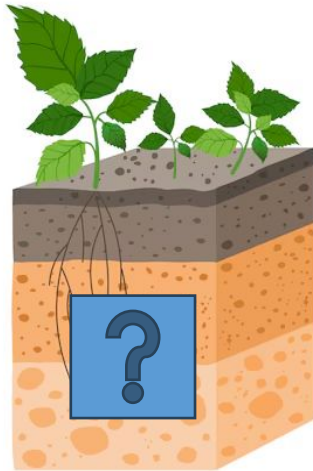


# Chartreuse - Estive pâturage génisses allaitantes

Météo

Gestion actuelle  
des parcelles

Sol



Vers 1650 m- d'altitude  
Pente 20%  
Flore naturelle complexe

		Cas exemple
<b>Alpage</b> <b>Aucune coupe mécanique</b>		Prairie de + 20 ans 10 passages de juin à septembre
<b>Texture du sol</b>		Argile 18% Sable 13,5% Cailloux 7%
<b>pH</b> <b>Sol non calcaire</b>		4,8
<b>Fertilisation</b>	<b>Minérale</b> <b>Fumier</b>	0 kg N min/an 0 kg N org/an 50 UGB jours/ha/an
<b>Restitutions au pâturage</b>		
<b>Stock carbone sur 30 cm</b>		103 TC/ha

# Chartreuse - Simulation avec CarSolel

## Utilisation de CarSolel

- avec le Climat moyen actuel station météo locale (1 145 mm/an)
- avec le sol analysé dans Decarbon'Alpes : horizon 0-30 cm
- avec la conduite agricole moyenne ces dernières années

1- Sélectionner sa zone de comparaison

2- Ajuster la météo selon l'altitude

3- Personnaliser les paramètres de sol

4- Saisie de la conduite agricole moyenne



**Fertilisation**

La parcelle reçoit-elle de la fertilisation azotée (ou y a-t-il des légumineuses) pendant la rotation, et si oui de quel type ?

Pourcentage de légumineuses (Attention ! ce taux ne sert qu'à calculer un équivalent d'apport d'azote (pas de croissance d'herbe spécifique))

**Conduite des prairies**

La prairie est-elle fauchée ou pâturée ?

**Information sur le pâturage**

Nombre de passages de pâturage par an en moyenne (maximum 10 jours de pâturage par passage)	Nombre total de jours de présence des animaux au pâturage par an en moyenne	Chargement au pâturage moyen sur les jours de présence au pâturage (UGB/ha)
<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0.63"/>

Les animaux pâturent 0.945 t MS/an  
Les animaux pâturent 63UGB x jours par an

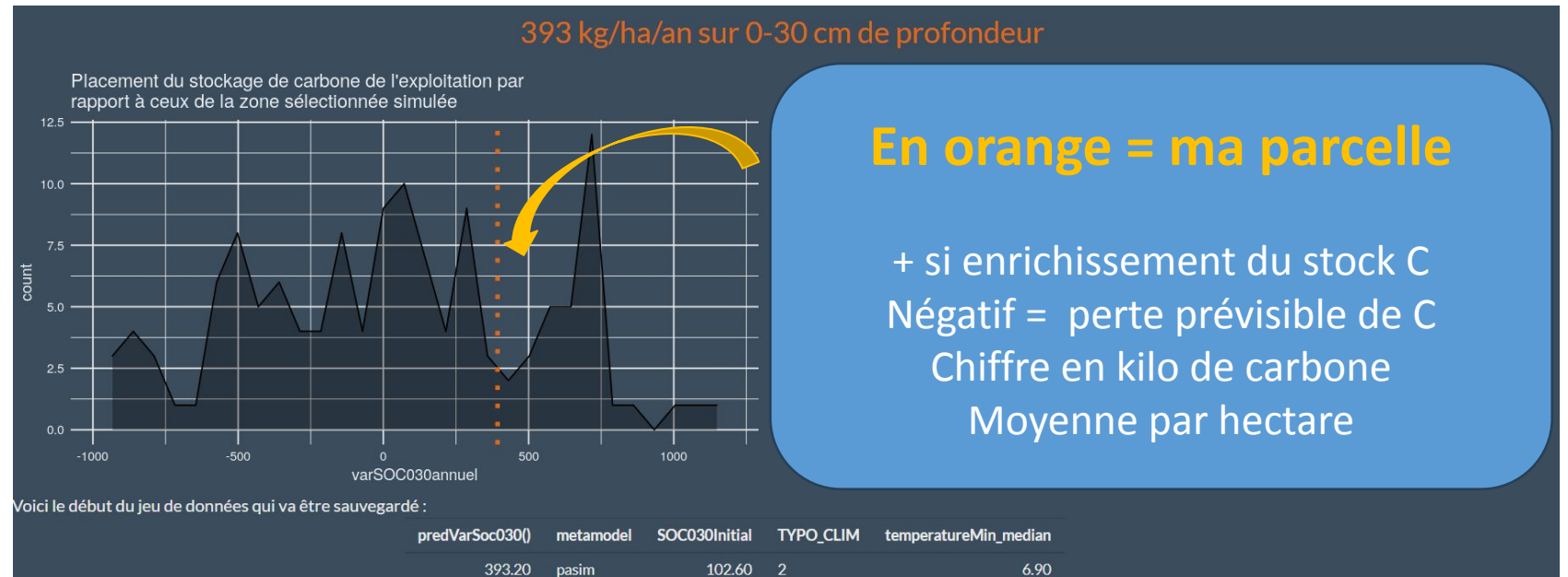
La valorisation de l'herbe est de 4.945t MS/ha et /an.

# Chartreuse - Résultats sur l'exemple alpage

## Résultats CarSolEI immédiat :

- Évolution du stock de carbone organique de l'horizon 0-30 cm de sol
- Variation annuelle moyenne sur 30 ans
- Si maintien des conduites décrites et du climat saisi
- Compte tenu de l'état initial du stock de carbone analyse ( 2023)

**Ombre** = autres simulations de conduites agricoles dans la zone sélectionnée pour "me situer"

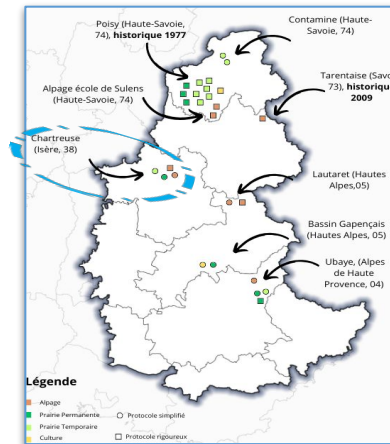
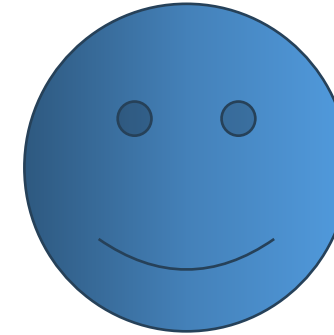
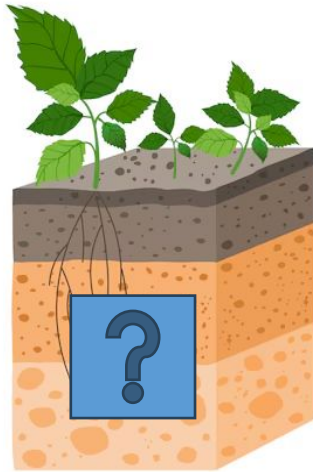


# Chartreuse - Estive pâturage génisses allaitantes

Météo

Gestion actuelle  
des parcelles

Sol

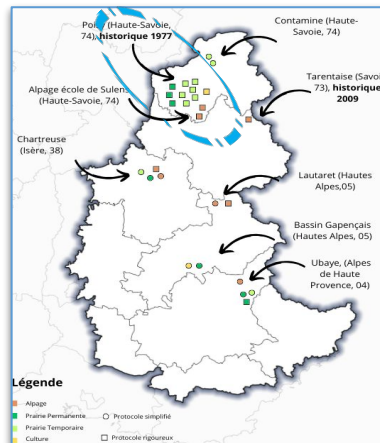
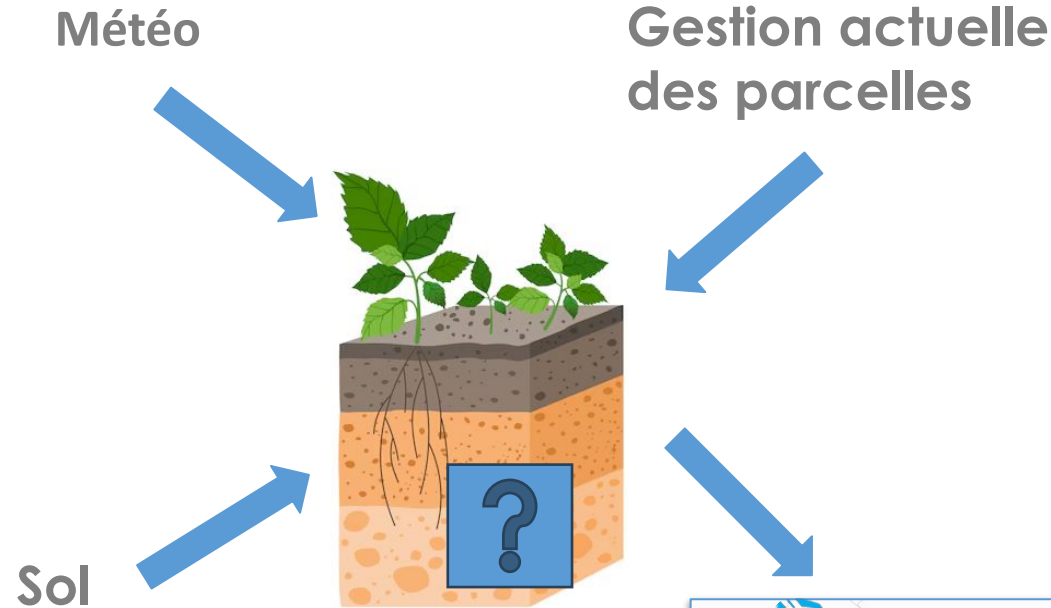


La conduite actuelle permet de :

- Renforcer le stock de carbone organique de la parcelle qui est déjà élevé par rapport à celui du massif
- Accroissement moyen annuel équivaut à 3,8 puis 3,3 ‰
- Le maintien de l'activité agricole sur 30 ans pour cette zone → captage net\* de 56 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (\*soustrait de l'atmosphère vers le sol)



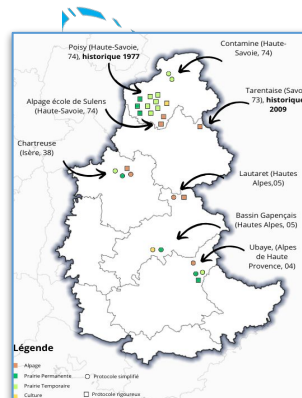
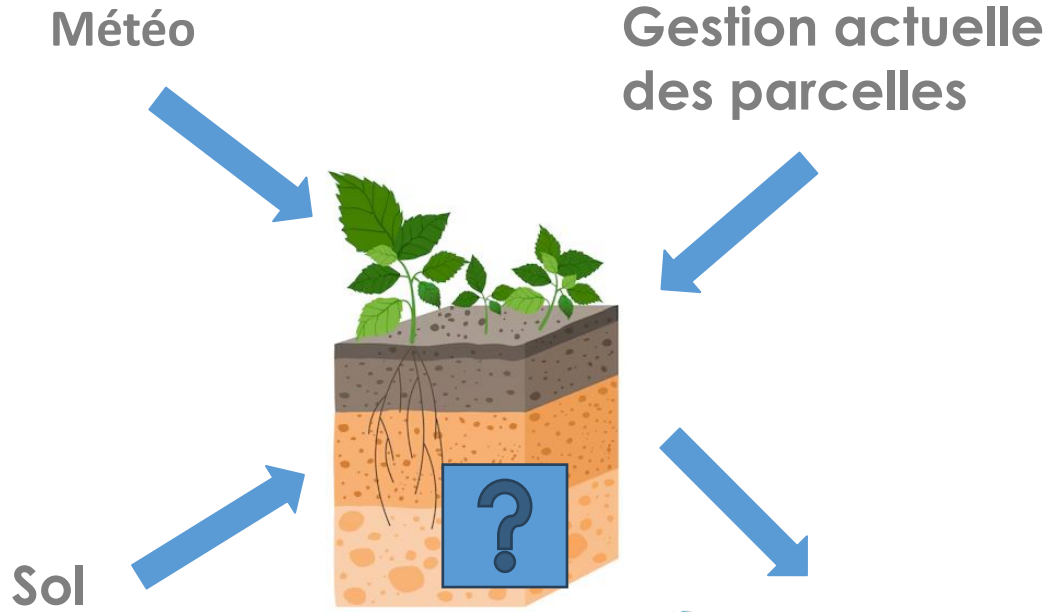
# Poisy - Céréales et maïs épi ensilage



490 m- d'altitude  
 Pente 11%  
 Cultures annuelles non irriguées

		Exemple
<b>Îlot de cultures annuelles depuis 20 ans</b>		Blé, orge 65 Qx/ha Ensilage maïs épis 11 TMS/ha
<b>Sol profond (75 cm)</b>		Argile 22% Sable 34% Cailloux 19%
<b>pH Calcaire</b>		7,8 (0,4% en surface 2% en profondeur)
<b>Fertilisation</b>	<b>Minérale Fumier</b>	144 kg N min/an 140 kg N org/an Non pâturé jusqu'en 2021
<b>Restitutions au pâturage</b>		
<b>Stock carbone sur 30 cm</b>		74 TC/ha (160 TC/Ha jusqu'à 75 cm)

# Poisy - Simulation avec CarSolel



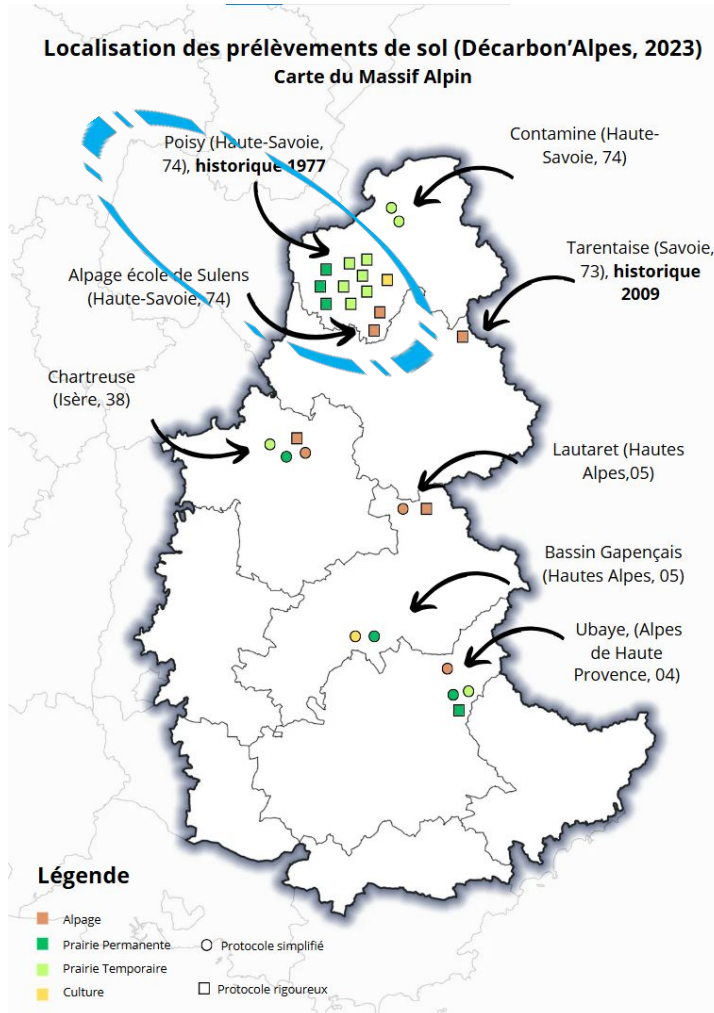
## Évolutions gestion de la parcelle simulées avec conditions climatiques actuelles locales

**S1 - Situation repère** : conduites 100% cultures en labour, fumier tous les ans, sans couvert.

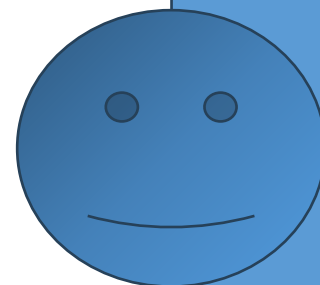
**S2 - couvert mixte** : implanté après récolte des céréales (1 an/3 ans ou 2 ans/3 ans)

**S3 - Changement de système de culture** : après 3 ans de cultures avec couverts, 3 ans de prairie. Fertilisation minérale et organique réduite de moitié sur les années en prairies (4 à 5 TMS/ha)

# Poisy - Résultats sur l'exemple rotation cultures



Stockage de carbone		kg C/ha/an
S1- labours annuels		-300
S2- labours + couverts		-250 à -230
S3 – prairie/cultures		-20



## Maintien du stock C élevé possible (S3):

- stock fourrager sécurisé face aux aléas mais
- moins de concentré énergétique auto produit

## Impacterait aussi les émissions GES :

- réduction de 50% carburant labour
- réduction 25% des engrais de synthèse
- moins d'autonomie en concentré énergétique



# Bassin Gapençais - Ferme viande bovine

**Altitude du siège** : 880 m

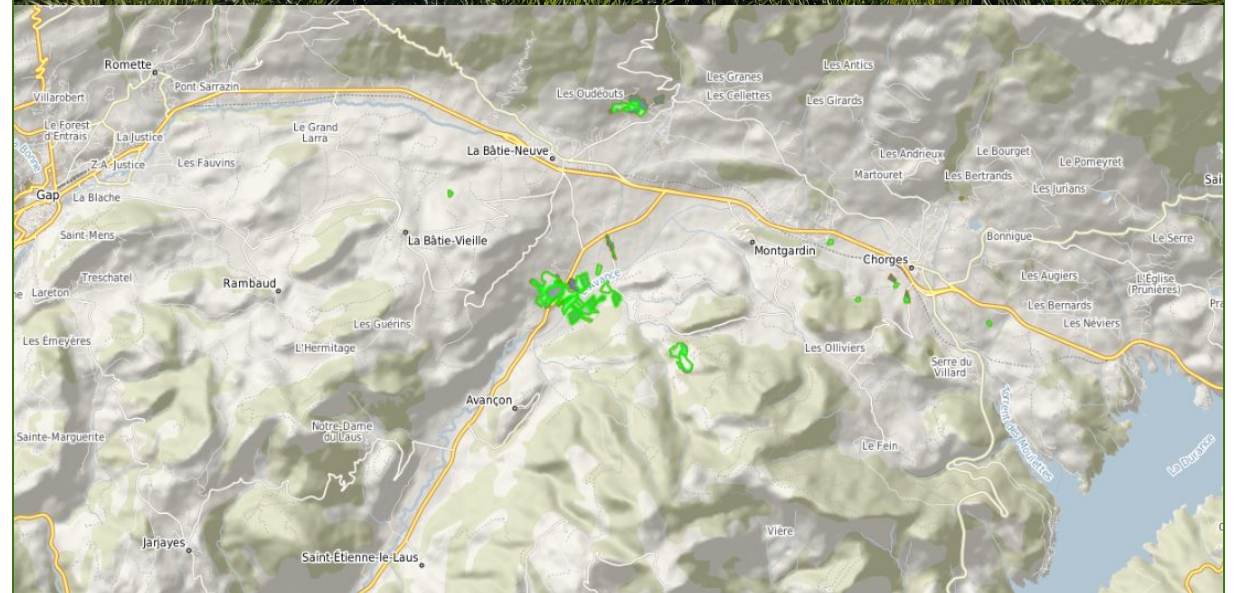
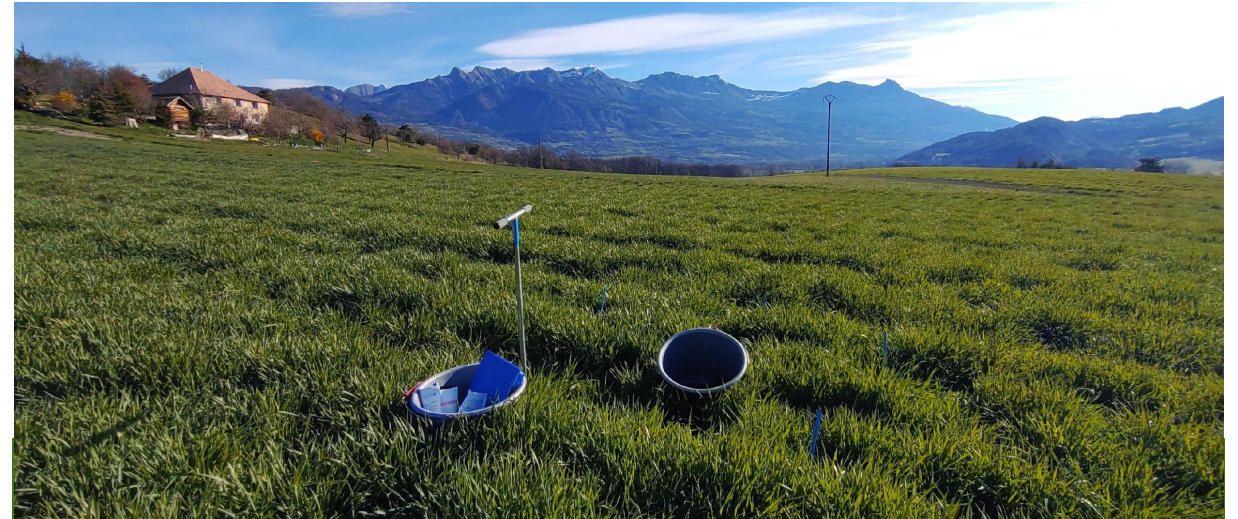
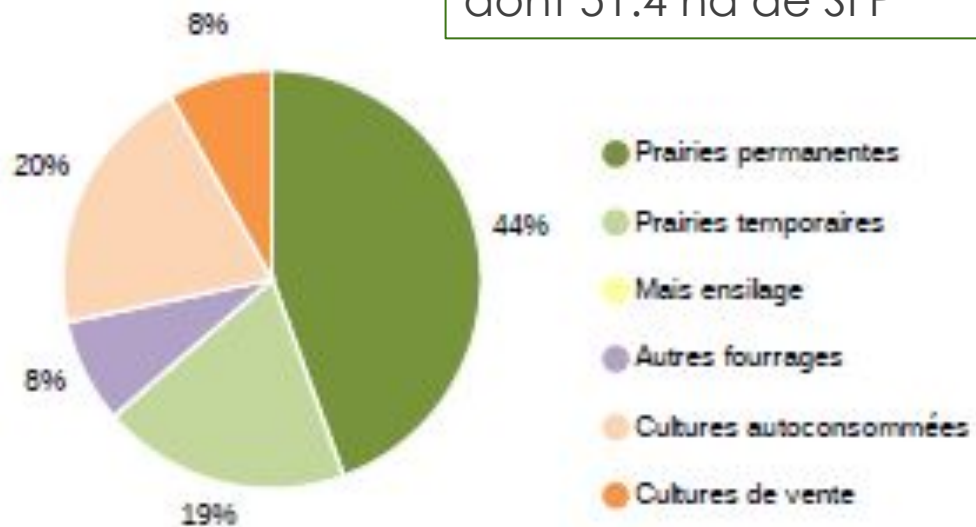
**Système** : Elevage allaitants race Aubrac

**Nombre d'UGB** : 100 dont 65 vaches mères

**Productivité** : 262 kgvv/UGB

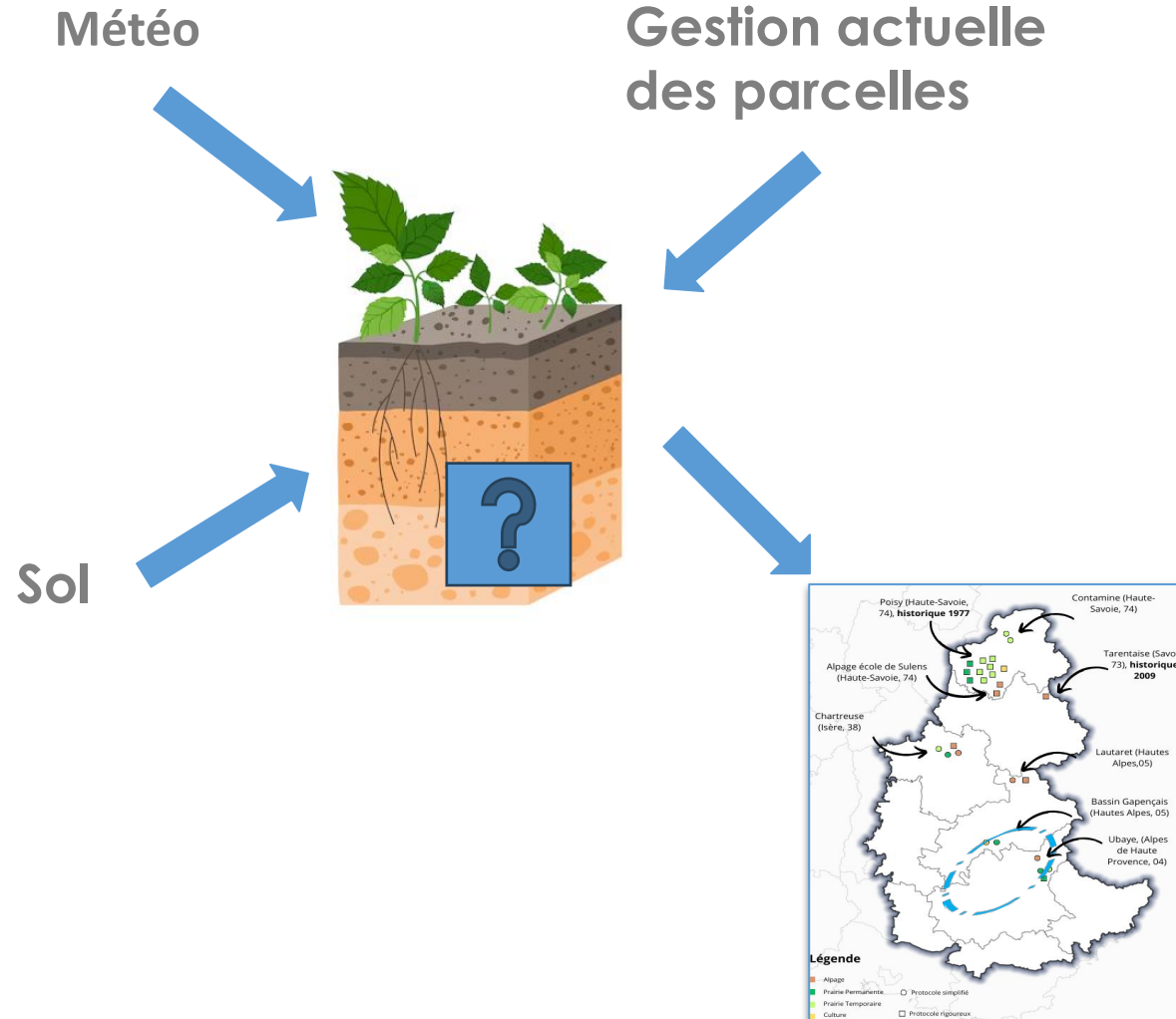
**Commercialisation** : vente directe (60%) pour veaux, bœuf et génisses grasses, 40% en broutards

71.2 ha de SAU  
dont 51.4 ha de SFP





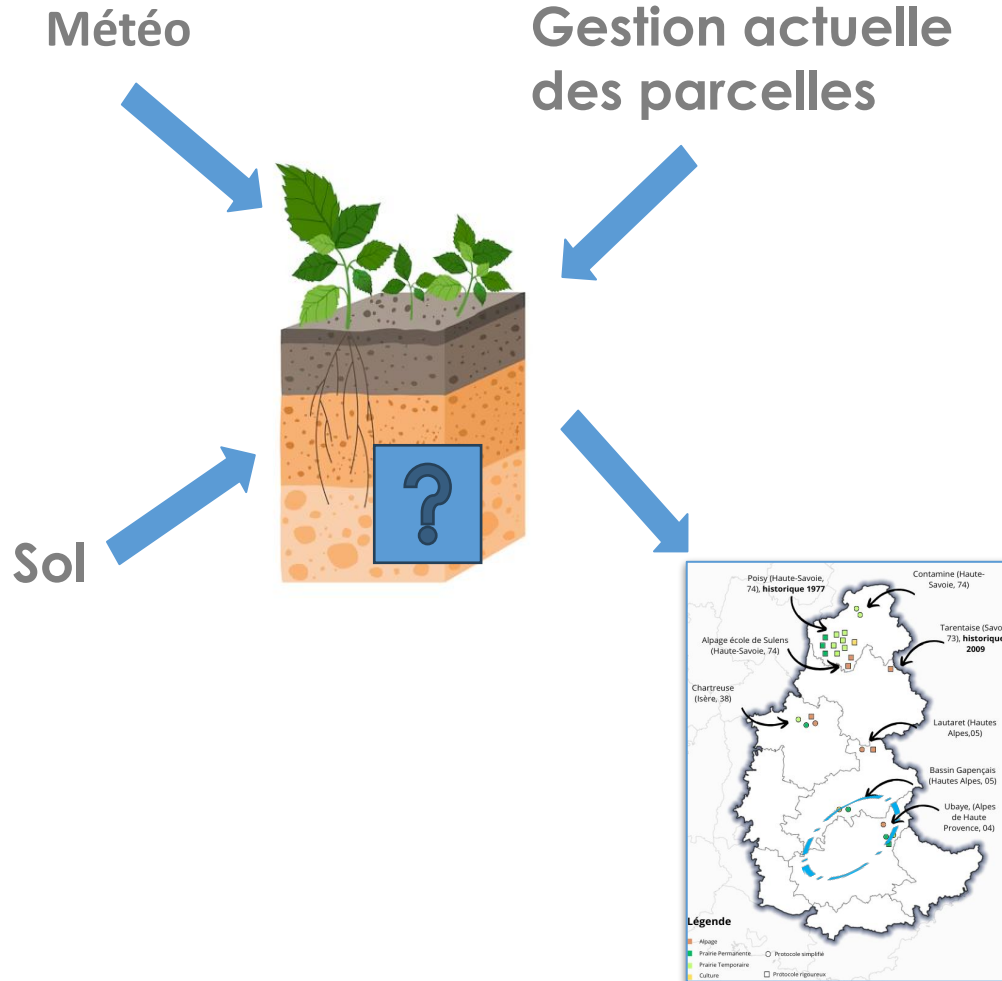
# Bassin Gapençais - Ferme viande bovine



## Exemple Gapençais îlot en Rotation cultures et prairie

situation actuelle	Cas exemple
<b>Succession cultures et prairies</b>	Luzerne 5 ans/3 céréales
<b>Texture du sol</b>	Argile 26% Sable 23% Cailloux 15%
<b>pH</b>	8,3
<b>Fertilisation</b>	<b>Minérale</b> <b>Fumier</b>
<b>Luzerne</b>	25 kg N min/an 55 kg N org/an Fixation symbiotique
<b>Stock carbone sur 30 cm</b>	62 TC/ha

# Bassin Gapençais - Simulation avec Carsolel



## Scénarios d'évolution de gestion des parcelles

**S1- Situation repère** : maintien des pratiques actuelles avec climat des dernières décennies

**S2- Projection structurelle** : réduction du cheptel bovin dans la zone – Baisse de 40% des apports de fumiers, sans compensation en minéral + couvert entre culture

**S3- Maintien du cheptel et résilience** : allongement de la rotation actuelle avec prairie multi espèces de 7 ans pour faire face aux aléas climatiques + 3 ans de céréales

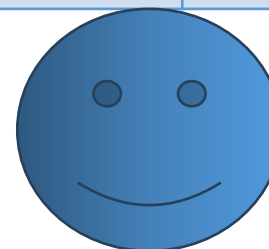
# Bassin Gapençais - Simulation avec Carsolel

Scénario RCP 8,5	1976-2005	2071-100
T min (mediane)	5,0	<b>9,3</b>
Tmax (mediane)	15,2	<b>20,1</b>
Pluie mm/an	774	<b>720</b>

**Données du DRIAS -Méthode Climat XXI-** Pour la commune de Chorges  
 Source : **Chambre d'agriculture 05**

## Impact des 3 gestions sur l'évolution du stock de C

kg C/ha/an	Climat actuel	
S1-conduite actuelle	+170	
S2- décroissance du cheptel	+133 +140 avec couverts	
S3 résilience multi espèces	+ 230	



En baisse avec météo  
 Prospective fin de siècle

# Outil CARSOLEL : limites

Outil **peu sensible** à un **chargement faible (pâturage extensif)**

Outil **sensible** à la **météo mais impossibilité** de renseigner la donnée “**altitude**”

Construit sur une base de données dans laquelle les **données montagne sont sous représentées** (données statistiques moyennes)

Difficulté de réaliser des simulations sur des sites d'**alpage** : **manque d'enregistrement des pratiques** sur du long terme

Outil qui n'est pas conçu pour réaliser des **simulations avec évolutions climatiques**





# Echanges - Questions-Réponses

# Enseignements de la matinée

Le stock de carbone d'un sol dépend :

- **taux de matière organique du sol**
- **% d'éléments grossiers**

**Sur une même parcelle**, on constate des **variations** de stock de carbone très importantes : en moyenne de **30 TC/ha** (d'où l'importance de noter les **points GPS** d'un prélèvement)

Les  **$\frac{2}{3}$  du stock** de carbone d'un sol se trouvent dans les **30 premiers cm**

Dans nos 26 parcelles prélevées (sur les 30 premiers cm), on constate un **stock de carbone supérieur aux moyennes nationales** (100 TC/ha contre 84,6 TC/ha pour les PP et 51,6 TC/ha pour les PT)

Le stockage/déstockage de carbone dépend de nombreux facteurs :

- **Type de sol**
- **Pratiques agricoles**
- **Météo**
- **Climat**