

JOURNÉES HORTICOLES DE ST-RÉMI 2025

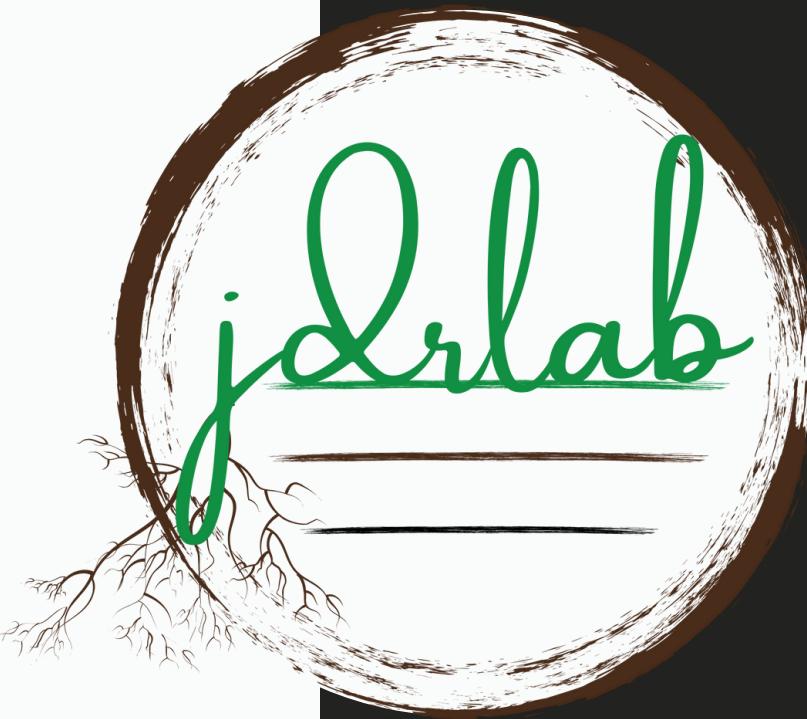
Conservation et santé des sols
maraîchers du Québec: *Vers des sols*
maraîchers en santé : pratiques de conservation
et indicateurs adaptés au contexte québécois



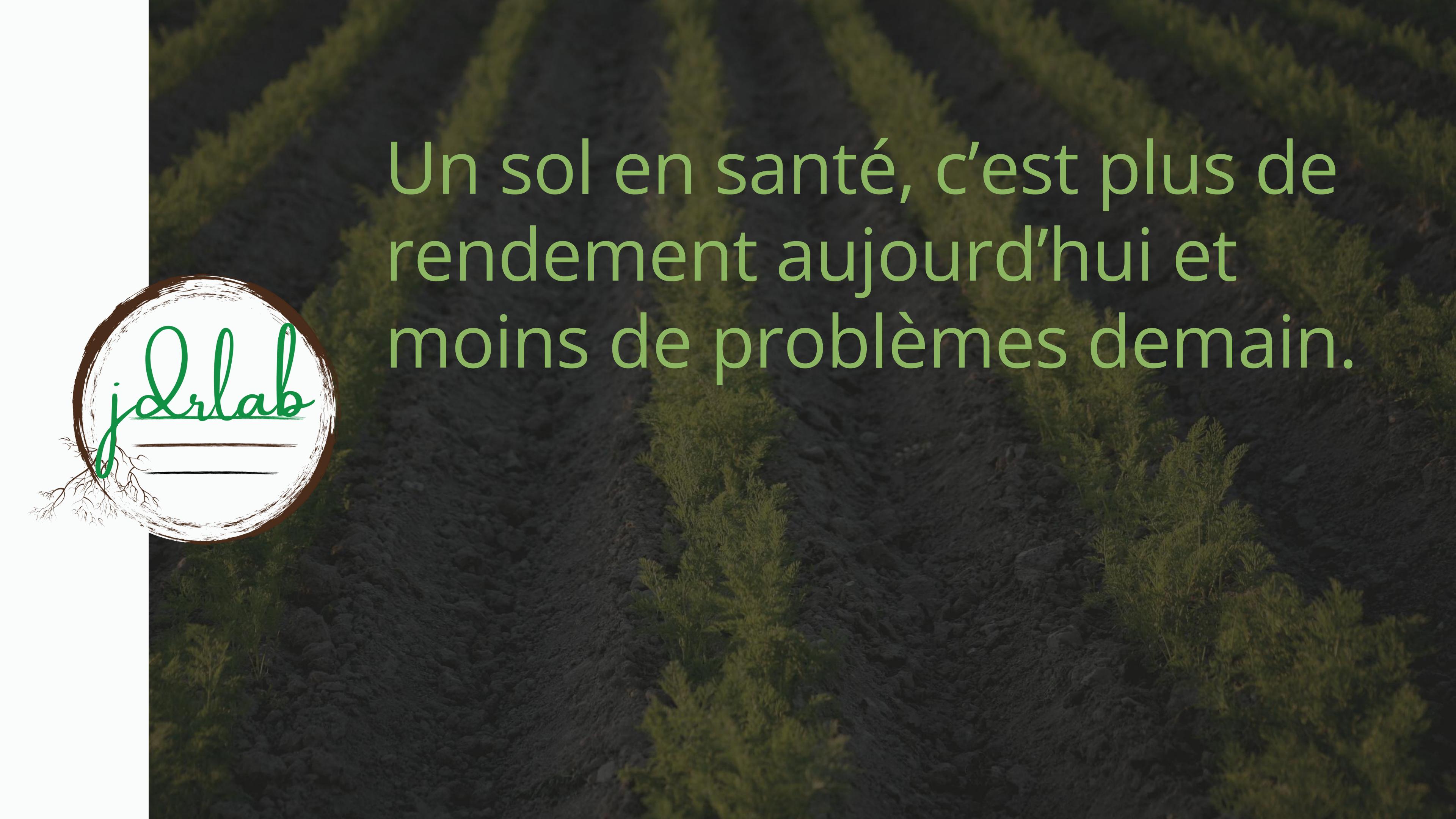
Jacynthe Dessureault-Rompré, PhD, Professeure agrégée U Laval



Plan de la présentation



- Principe et concept de la santé des sols-retour sur les bases
- Le projet Conservation et Santé des Sols Maraîchers du Québec
- Principaux résultats: état des lieux
- Principaux résultats: pratiques de conservation
- Conclusions et perspectives



Un sol en santé, c'est plus de rendement aujourd'hui et moins de problèmes demain.





Pourquoi parler de santé des sols ?

PARCE QUE NOTRE CAPITAL SOL — NON RENOUVELABLE — SE DÉGRADE ET MET EN JEU LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE.

-  MONDE : ENVIRON 33 % DES SOLS DÉJÀ DÉGRADÉS; L'ÉQUIVALENT D'UN TERRAIN DE SOCCER S'ÉRODE TOUTES LES 5 SECONDES; L'ÉROSION PEUT FAIRE -50 % DE RENDEMENT.
-  CANADA : À PEINE 6,7 % DU TERRITOIRE EST APTE À L'AGRICULTURE; MALGRÉ DES PROGRÈS AGRONOMIQUES, LA DÉGRADATION DES SOLS ET LA PERTE DE TERRES AGRICOLES TOUCHENT TOUTES LES RÉGIONS; LE SOL EST UNE RESSOURCE NON RENOUVELABLE (FORMATION TRÈS LENTE).
-  QUÉBEC : PROBLÈMES RÉCURRENTS DE STRUCTURE DÉTÉRIORÉE, COMPACTION, BAISSE DE MO ET POLLUTION, D'OÙ L'URGENCE D'ACCÉLÉRER L'ADOPTION DE PRATIQUES DURABLES.
-  INDICATEUR CLÉ (CANADA) : EN 2021, > 50 % DES TERRES CULTIVÉES DU CENTRE ET DE L'ATLANTIQUE ÉTAIENT À HAUT RISQUE DE DÉGRADATION DU CARBONE ORGANIQUE.

Sources : Sénat du Canada (2024) • VGQ (2024) • FAO • AAC



Santé des sols

LA SANTÉ DES SOLS, C'EST LA CAPACITÉ D'UN SOL — GRÂCE À **SES PROPRIÉTÉS** — À ASSURER DURABLEMENT **SES FONCTIONS** DANS UN CONTEXTE DE CULTURE ET DE GESTION DONNÉ.

Un sol en santé transforme ses propriétés en fonctions utiles à la ferme :

- rendement fiable
- fertilité efficace
- portance
- résilience hydrique et climatique



Santé des sols

PROPRIÉTÉS DU SOL ≠ FONCTIONS DU SOL

Message-clé : Les propriétés sont ce qu'on mesure; les fonctions sont ce que le sol fait pour la production et l'agroécosystème.

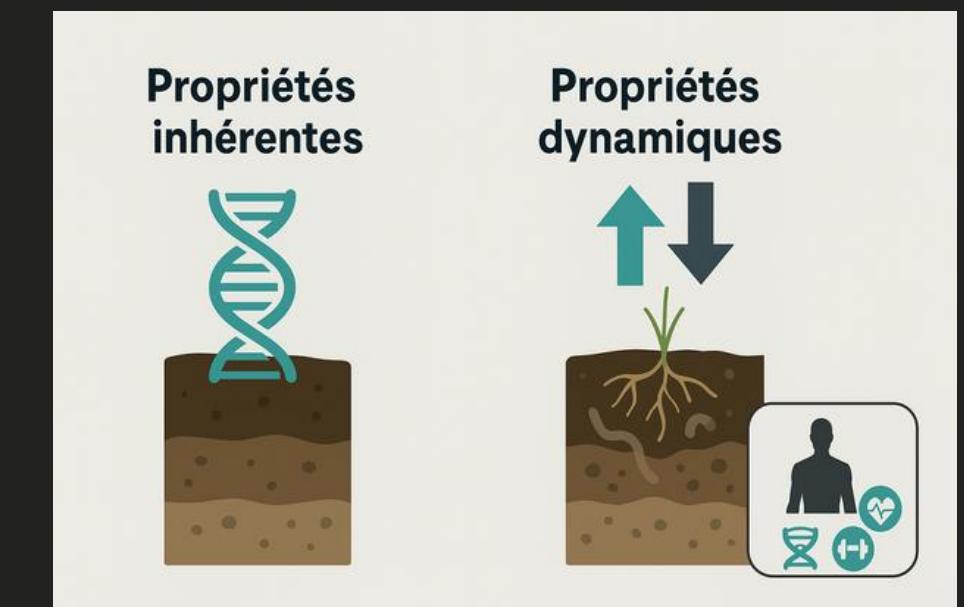
Propriété (mesurable)	Fonctions au champ impactées
Porosité & densité apparente (compaction)	Portance, infiltration, croissance racinaire, rendement
Carbone/MO (quantité & qualité)	Fertilité efficace, stabilité structurale, résilience hydrique, stockage de C
Nutriments disponibles (N-P-K, S, micronutriments)	Production/stabilité du rendement, qualité des récoltes

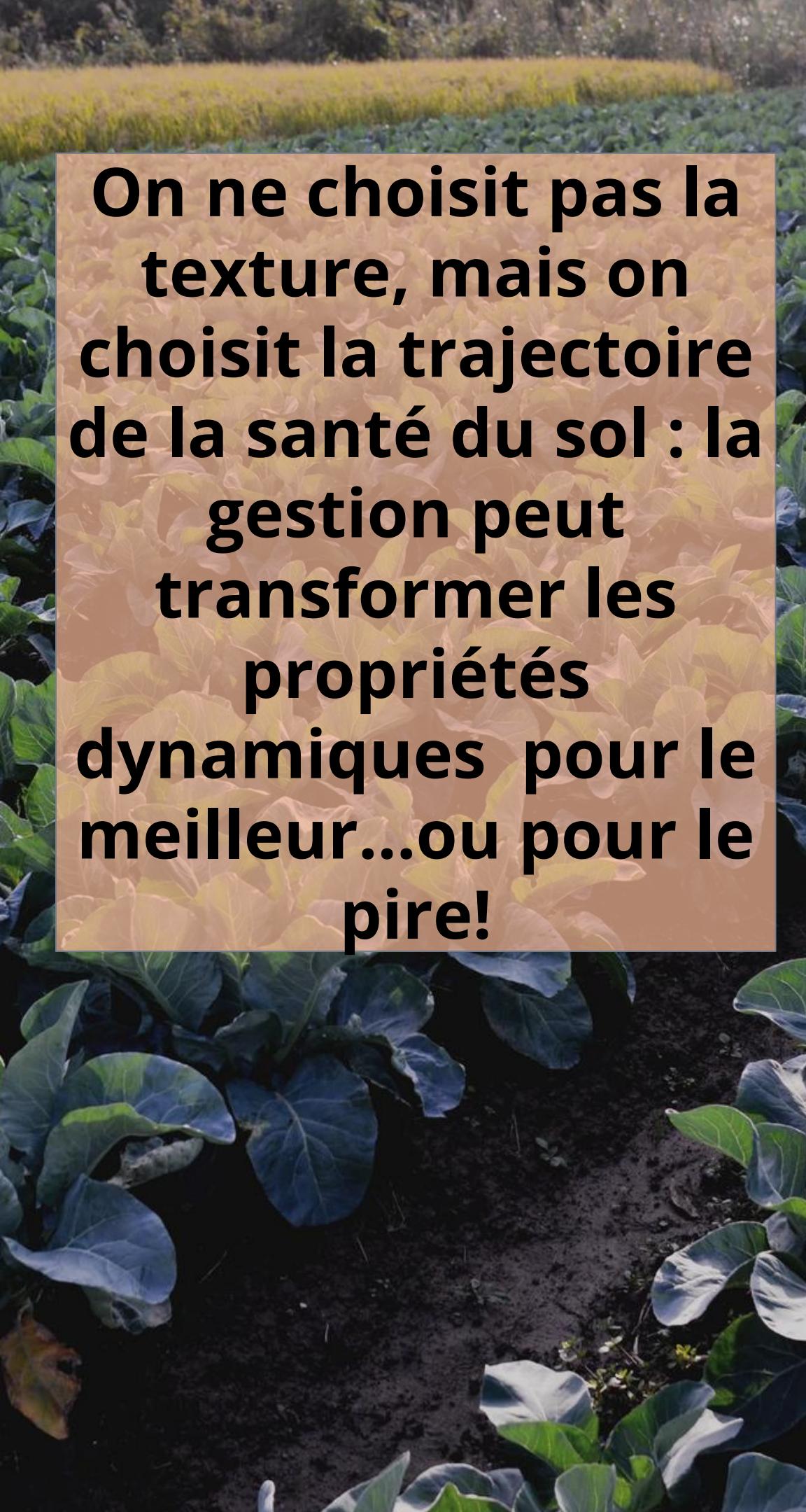


Santé des sols

UN SOL A DES PROPRIÉTÉS *INHÉRENTES* (DONNÉES À LA "NAISSANCE") QUI FIXENT UNE PARTIE DU POTENTIEL, ET DES PROPRIÉTÉS *DYNAMIQUES* QUE LA GESTION PEUT DÉGRADER... OU AMÉLIORER.

Comme un corps humain : la génétique (taille, ossature) = inhérente; la forme physique (muscle, cardio) = dynamique, façonnée par l'entraînement et l'alimentation.





On ne choisit pas la texture, mais on choisit la trajectoire de la santé du sol : la gestion peut transformer les propriétés dynamiques pour le meilleur...ou pour le pire!

Santé des sols

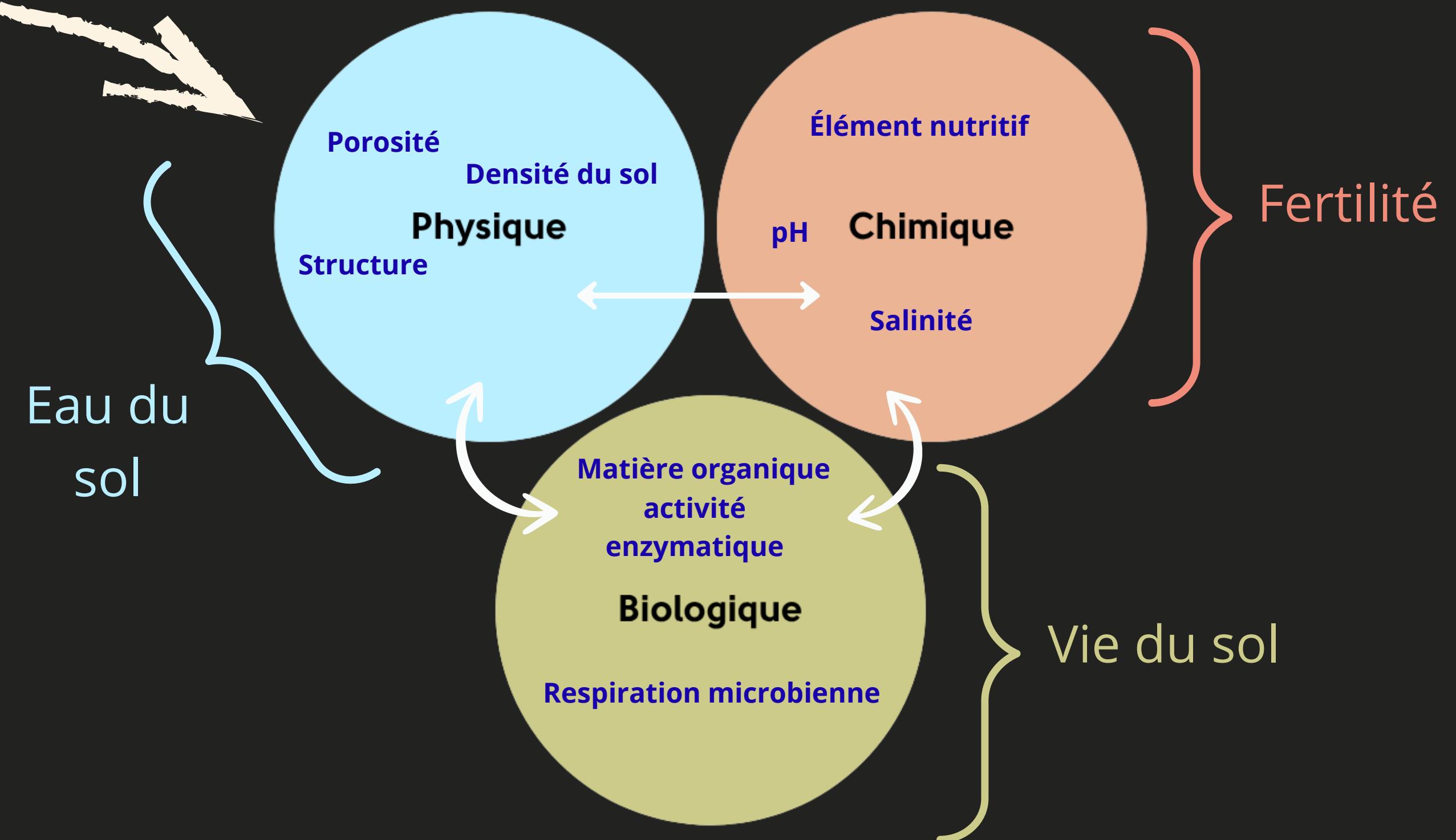


Les
dynamiques





Santé des sols-Les indicateurs



Pourquoi un projet « Santé des sols maraîchers » au Québec?



1) UN SECTEUR STRATÉGIQUE, MAIS VULNÉRABLE

Le Canada importe massivement des légumes : déficit commercial de 3,32 G\$ (2024) → dépendance et risque de sécurité alimentaire. Le Québec pèse ~30% de la production canadienne de fruits & légumes; les légumes de champ y sont la 1re source de revenus horticoles.



2) UN CONSTAT DE DÉGRADATION QUI S'ACCÉLÈRE

La dégradation des sols (structure/compaction, baisse de MO, pollution) menace la productivité, eau, biodiversité et climat; il faut accélérer l'adoption de pratiques durables.



3) LACUNES SPÉCIFIQUES AU MARAÎCHER

- Intensité de la production
- État de santé peu connu dans le contexte Québécois
- Indicateurs peu connu et souvent calés sur les grandes cultures;



4) OPPORTUNITÉS ET RETOMBÉES

- Réduire la dépendance aux importations, améliorer la durabilité et la résilience du secteur
- Outils transférables : indicateurs clés, seuils utiles, pratiques validées en ferme expérimentales

LE PROJET: CONSERVATION ET SANTÉ DES SOLS MARAÎCHERS DU QUÉBEC



1) Dresser un état des lieux provincial de la santé des sols en production de légume de champs, en établissant des indicateurs et des seuils

2) Valider en fermes expérimentales des pratiques de conservation qui améliorent les fonctions du sol et réduisent les intrants.

État des lieux provincial de la santé des sols en production de légume

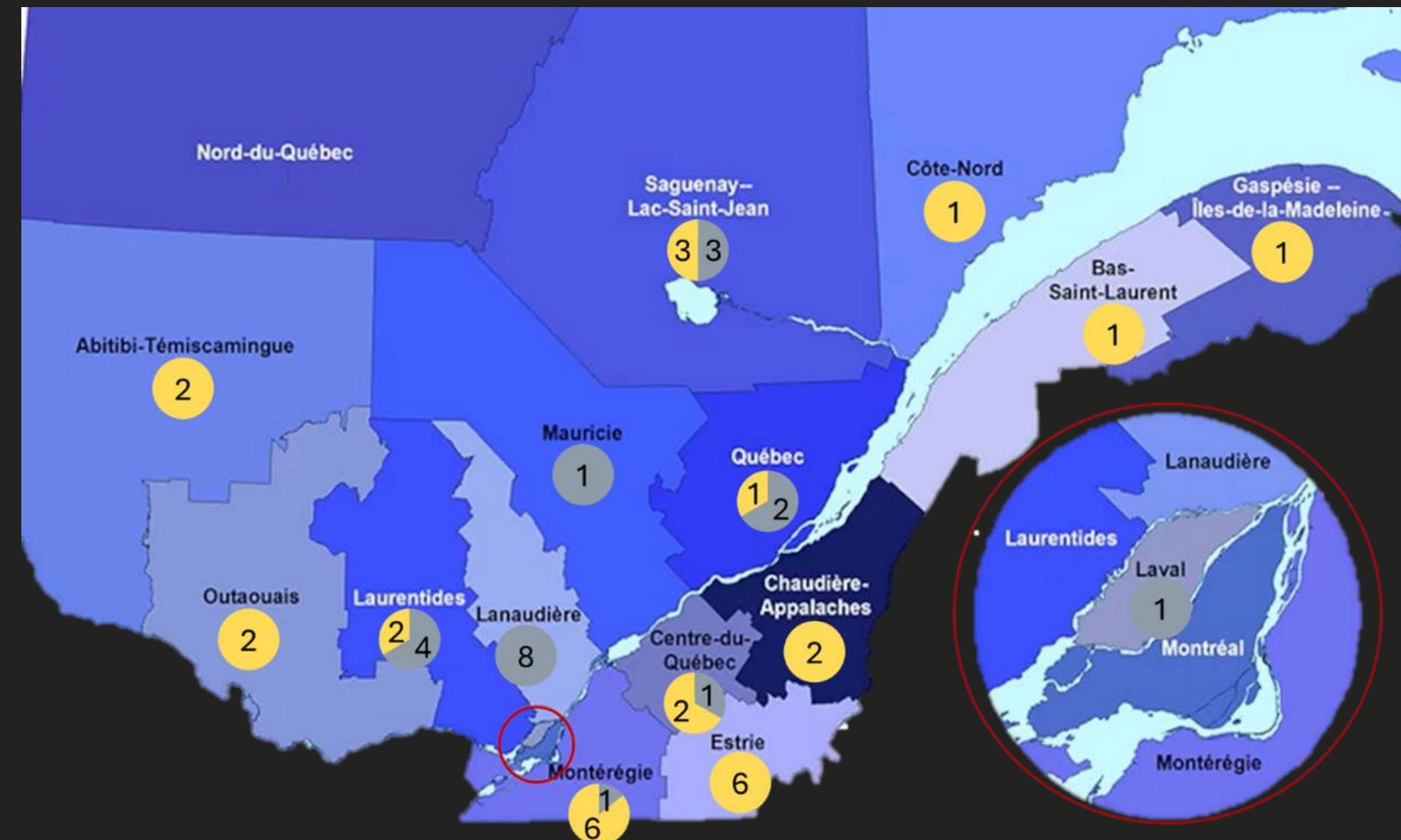


ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE: ALEXANDRA BÉLANGER ET THOMAS
BERNÈCHE



État des lieux

50 FERMES ÉCHANTILLONNÉES À TRAVERS
LE QC



Nombre de fermes biologiques (jaune) et conventionnelles (gris) échantillonnées dans chaque région administrative du Québec. Crédit photo: Alexandra Bélanger



État des lieux



50 FERMES ÉCHANTILLONNÉES À TRAVERS
LE QC

ENVIRON 1000 ÉCHANTILLONS DE SOL PRÉLEVÉS

2 champs par ferme/ 3-6 échantillon par champs à trois profondeurs

UN QUESTIONNAIRE SUR LES PRATIQUES

Travail du sol, culture de couverture, rotations, fertilisation/amendements



État des lieux



LE QUESTIONNAIRE (UN BREF APERCU)

Caractéristique	Biologique	Conventionnel
Nombre de légumes cultivés	> 20 (61%)	≤ 5 (60%)
Diversité des cultures de couverture	≥ 2 (88%)	1 (71%)
Utilisation des cultures de couverture	100%	45%
Nombre de pratiques de conservation (ex: travail réduit)	≥ 2 (100%)	≤ 1 (70%)
Utilisation d'amendement organique	100%	20%

Crédit : Alexandra Bélanger



État des lieux



LES INDICATEURS MESURÉS (PRÈS DE 15 000 ANALYSES DE SOL)

Densité

Texture

Physique

Stabilité des agrégats

Rapport C/N
Éléments disponibles MIII

Carbone total

Azote total

Chimique

Indice saturation P

CE

pH

Fractions du carbone

Respiration microbienne
Diversité bactéries et champignons
Protéines totale
ACE

Biologique

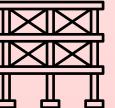
Ratio Bactérie/champignon
Matière organique du sol
Activité enzymatique
(6)

squelettique
tills **limon** argile
texture
minéralogie **sable** profondeur de sol

richesse du microbiome
drainage protéine du sol
respiration microbienne azote structure
ratio champignon/bactérie infiltration
pH matière organique salinité
diversité du microbiome réserve en eau
nutriments biomasse microbienne
densité du sol carbone POX-C
carbone stabilité des agrégat
activité enzymatique

Santé des sols

Les indicateurs de santé des sols présentés aujourd'hui

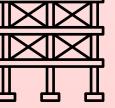
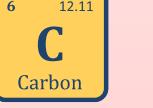
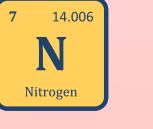
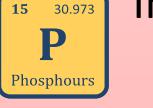
Indicateurs physiques	Indicateurs chimiques	Indicateur biologiques
 Structure		
 Compaction		

squelettique
tills **limon** argile
texture
minéralogie **sable** *profondeur de sol*

richesse du microbiome
drainage protéine du sol
respiration microbienne azote structure
ratio champignon/bactérie infiltration
pH matière organique salinité
diversité du microbiome réserve en eau
nutriments biomasse microbienne
densité du sol carbone carbone POX-C
carbone stabilité des agrégat
activité enzymatique

Santé des sols

Les indicateurs de santé des sols présentés aujourd'hui

Indicateurs physiques	Indicateurs chimiques	Indicateur biologiques
 Structure	 C Carbon	
 Compaction	 N Nitrogen	Azote
	 P Phosphorus	Indice de saturation en phosphore

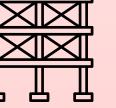
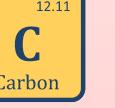
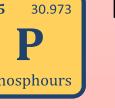
squelettique
tills **limon** argile
texture
minéralogie **sable** profondeur de sol

richesse du microbiome
drainage protéine du sol
respiration microbienne azote structure
diversité du microbiome ratio champignon/bactérie infiltration
pH matière organique salinité
nutriments réserve en eau
densité du sol biomasse microbienne
carbone carbone POX-C
stabilité des agrégat activité enzymatique



Santé des sols

Les indicateurs de santé des sols présentés aujourd'hui

Indicateurs physiques	Indicateurs chimiques	Indicateurs biologiques
 Structure	 Carbone	 Matière organique du sol
 Compaction	 Azote	 Protéine du sol
	 Indice de saturation en phosphore	 Respiration microbienne
		 Potentiel d'activité biologique totale
		 Richesse en bactéries et champignons



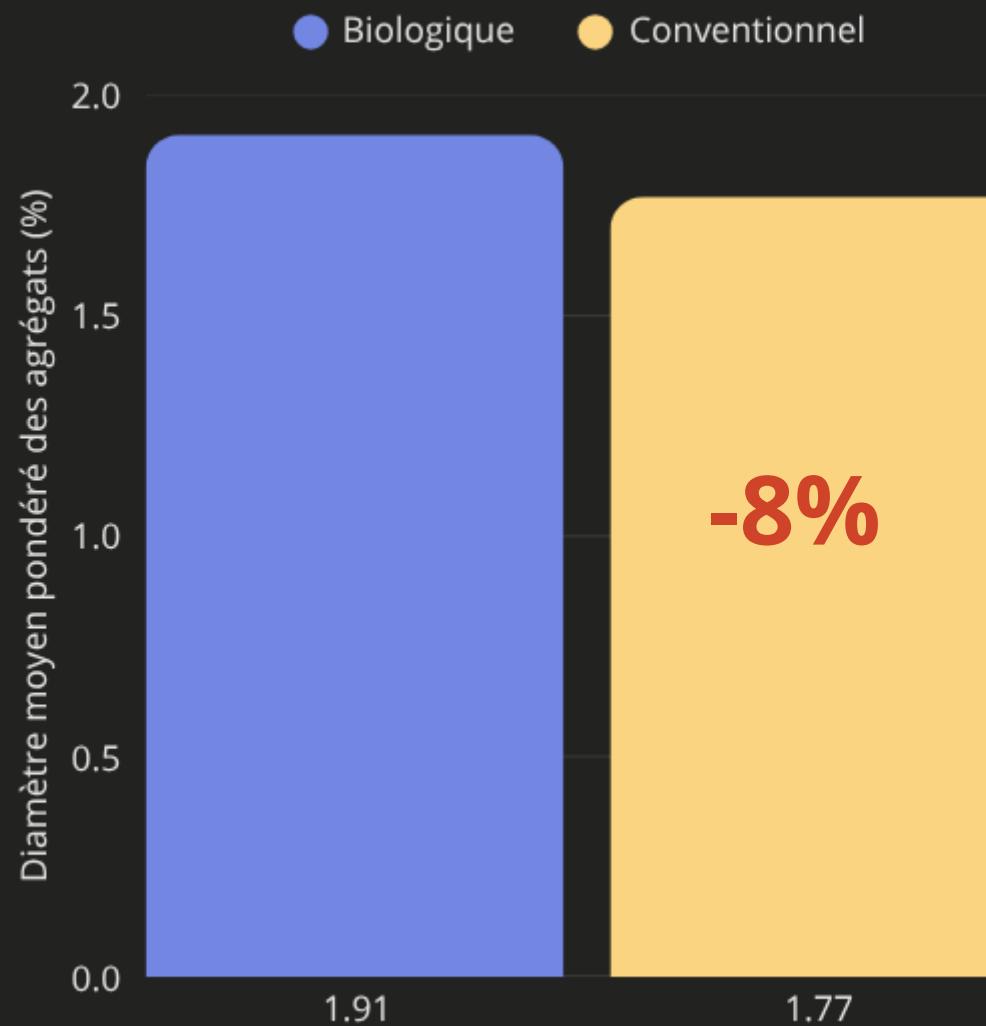
Texture	
G1	40%
G2	17%
G3	43%



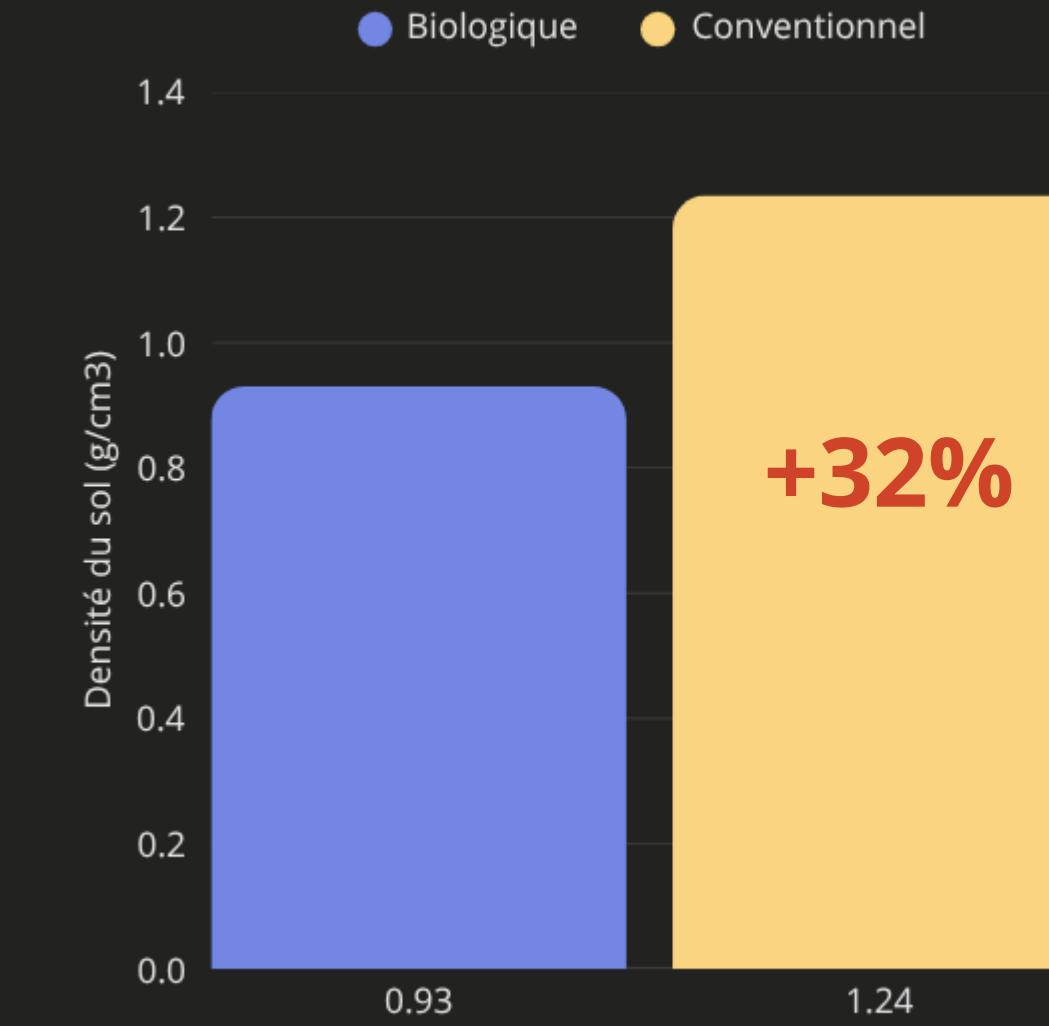
État des lieux



INDICATEURS PHYSIQUES



Structure



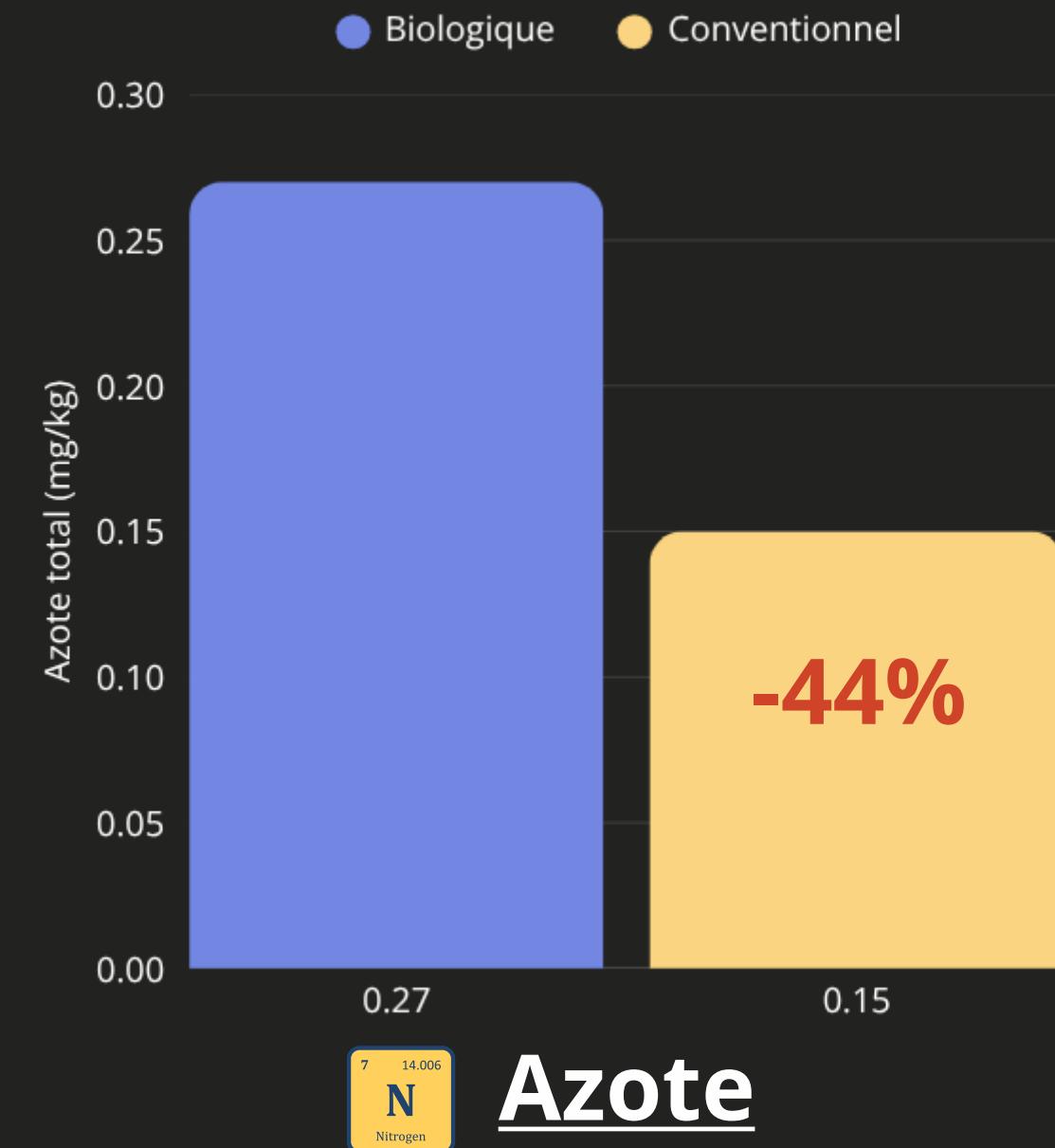
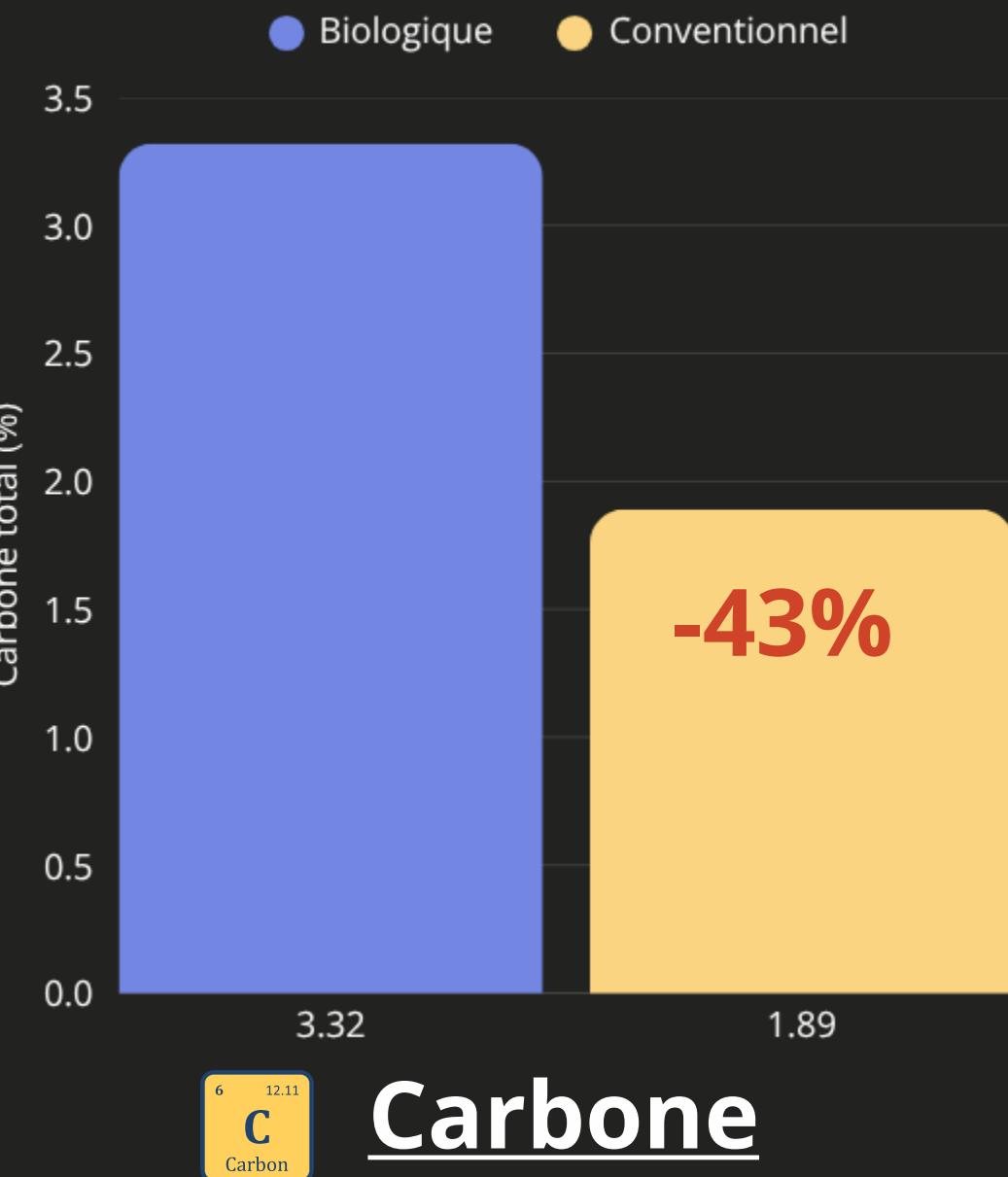
Compaction



État des lieux



INDICATEURS CHIMIQUES



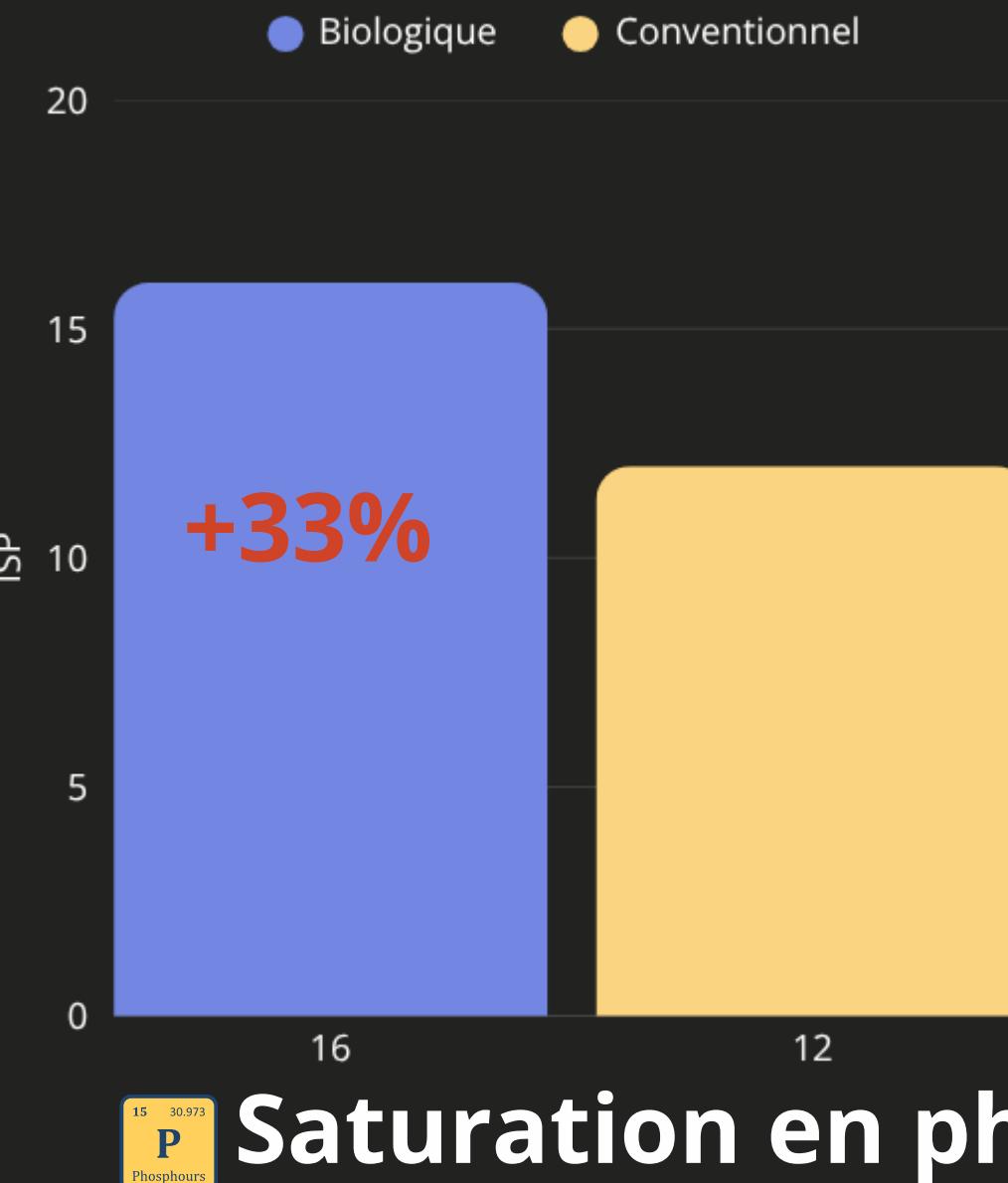


ISP	
G1	14%
G2	7%
G3	11%

État des lieux



INDICATEURS CHIMIQUES



Nutriments extractibles, pH, Salinité: très similaires entre les systèmes

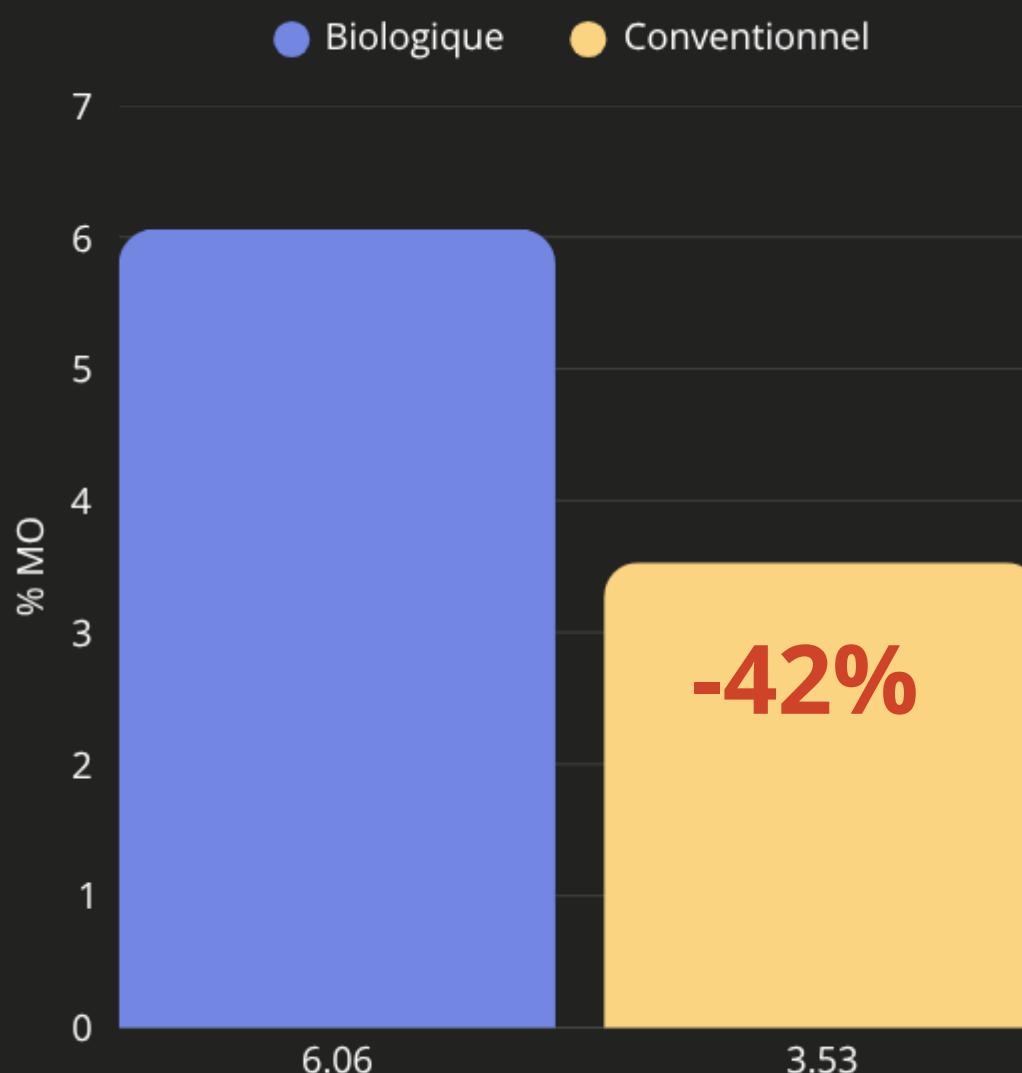




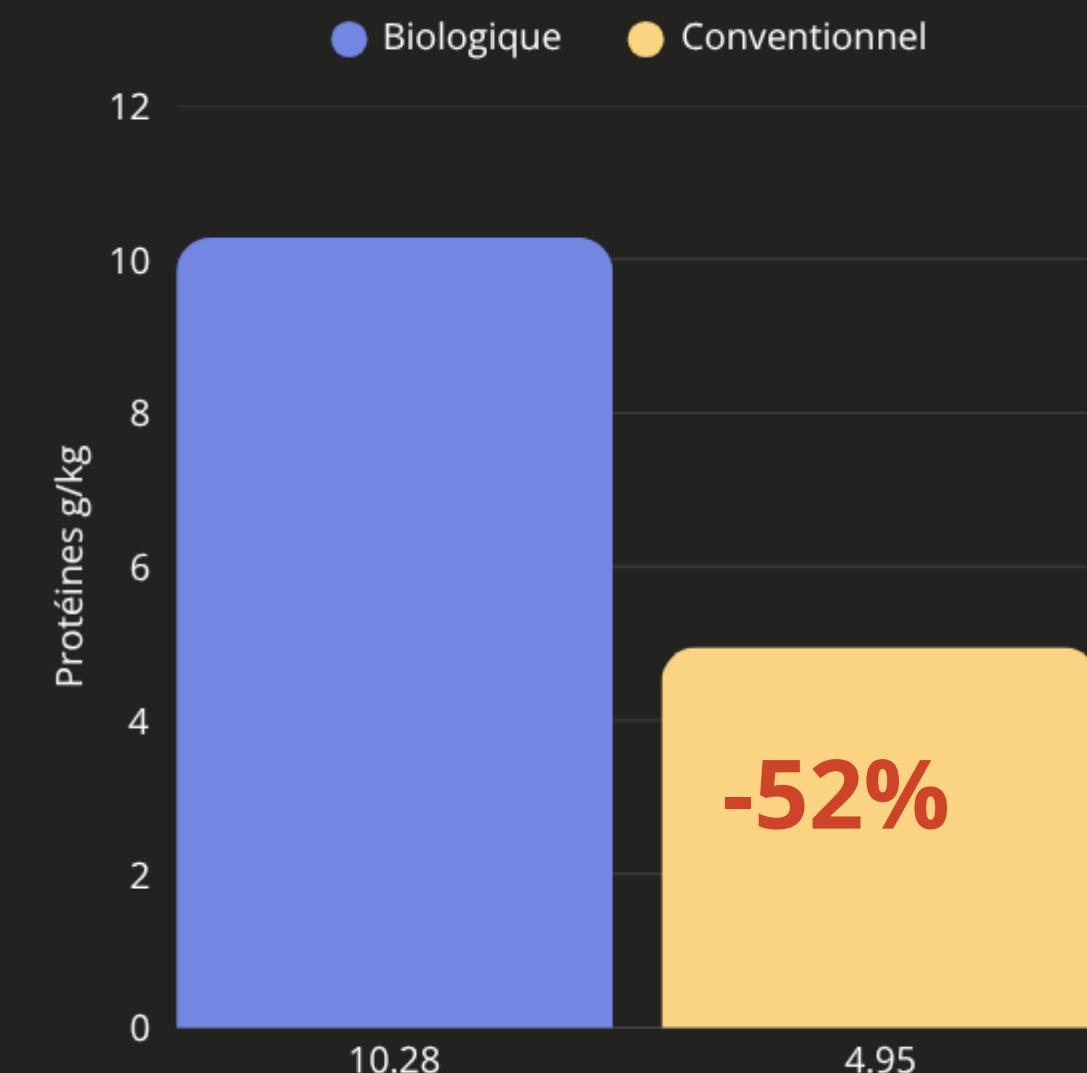
État des lieux



INDICATEURS BIOLOGIQUES



Matière organique



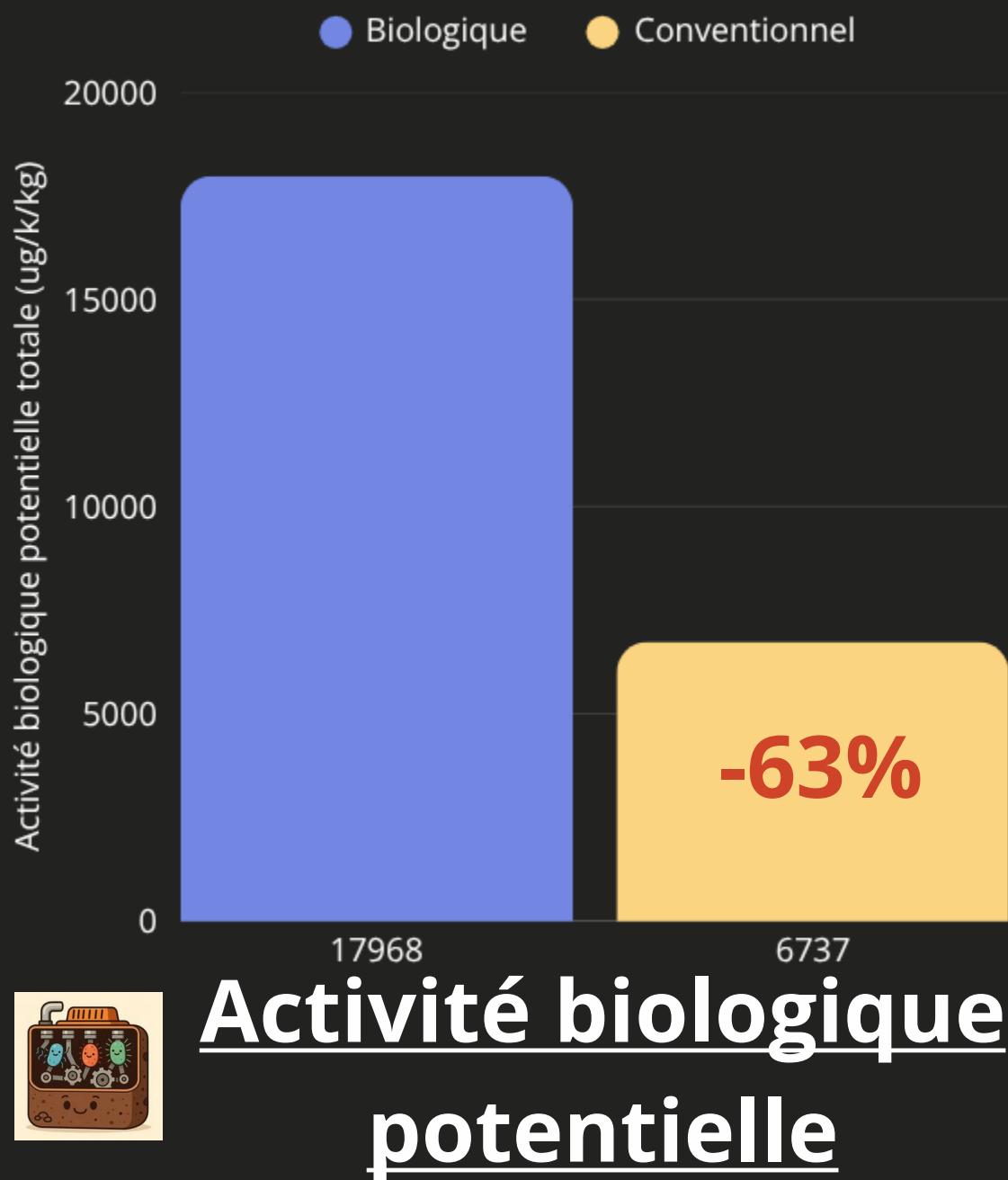
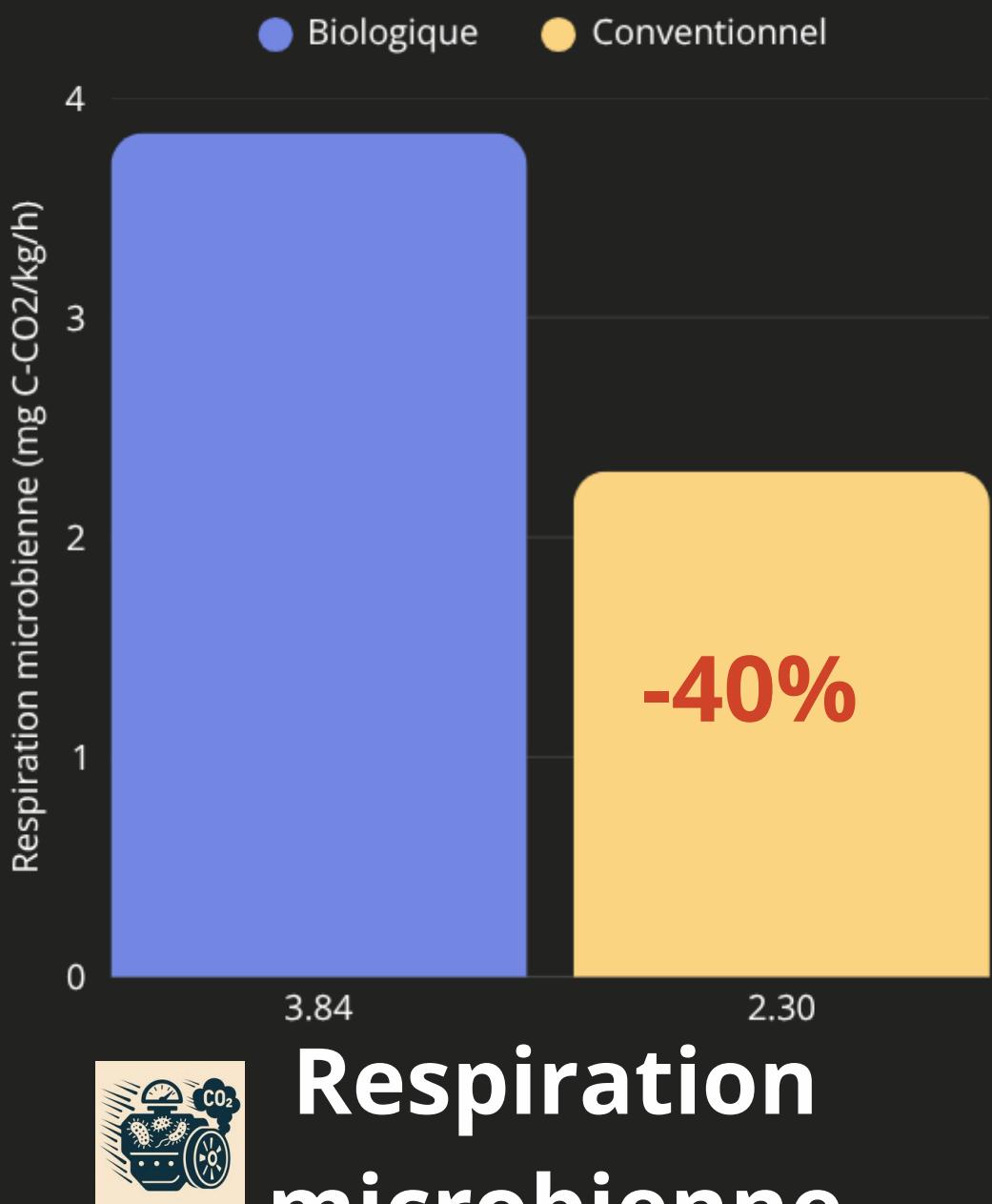
Protéines du sol



État des lieux



INDICATEURS BIOLOGIQUES

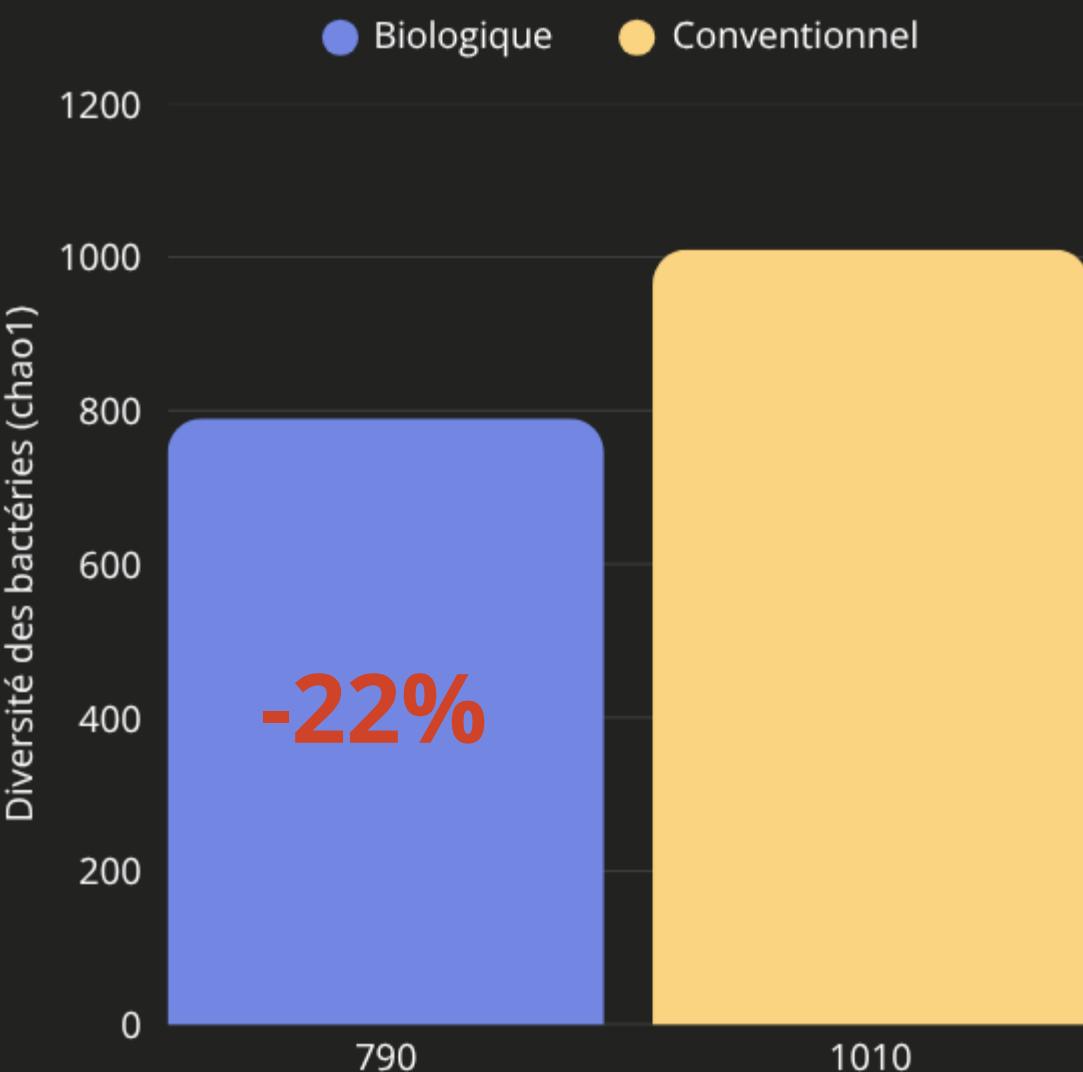




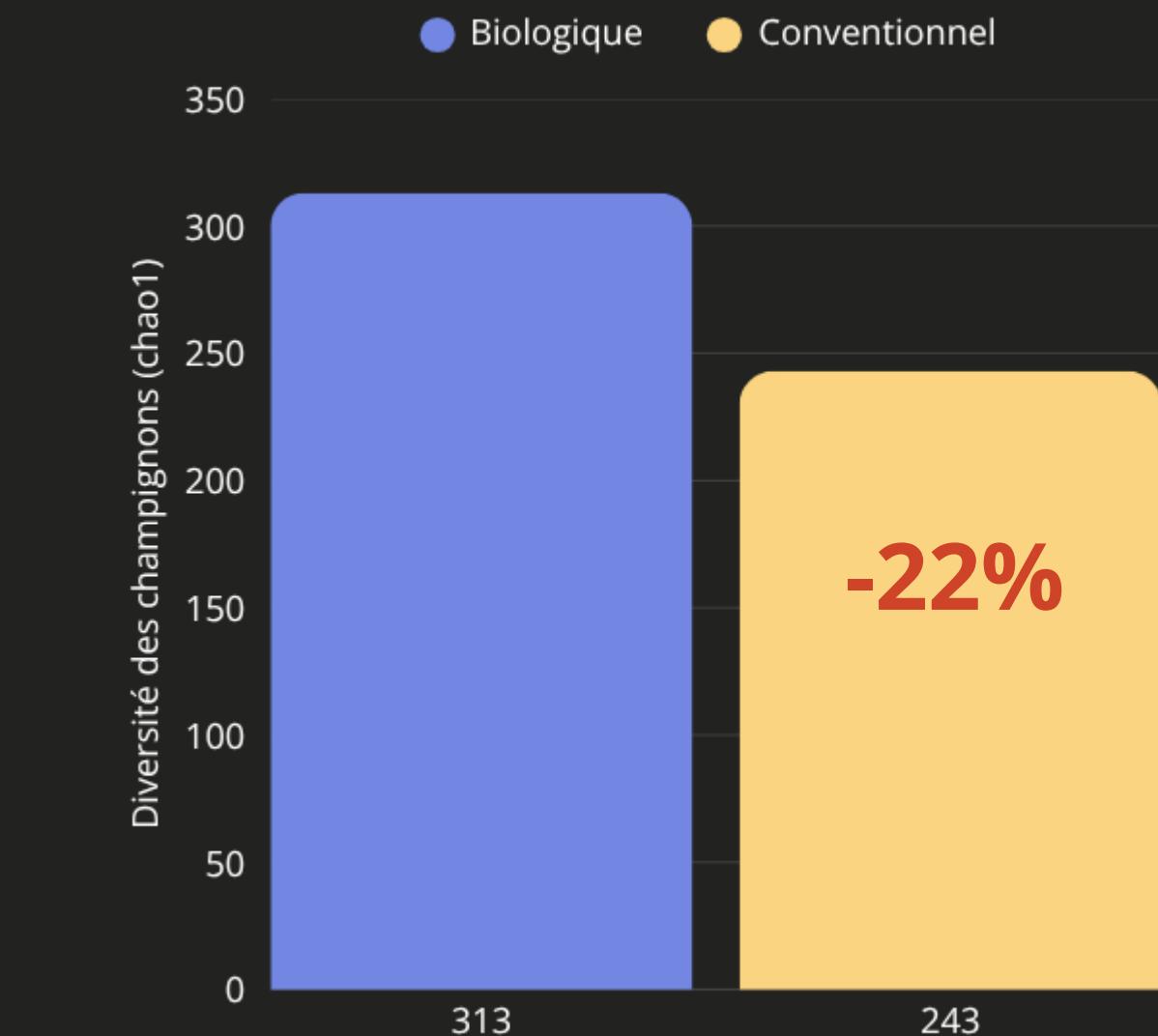
État des lieux



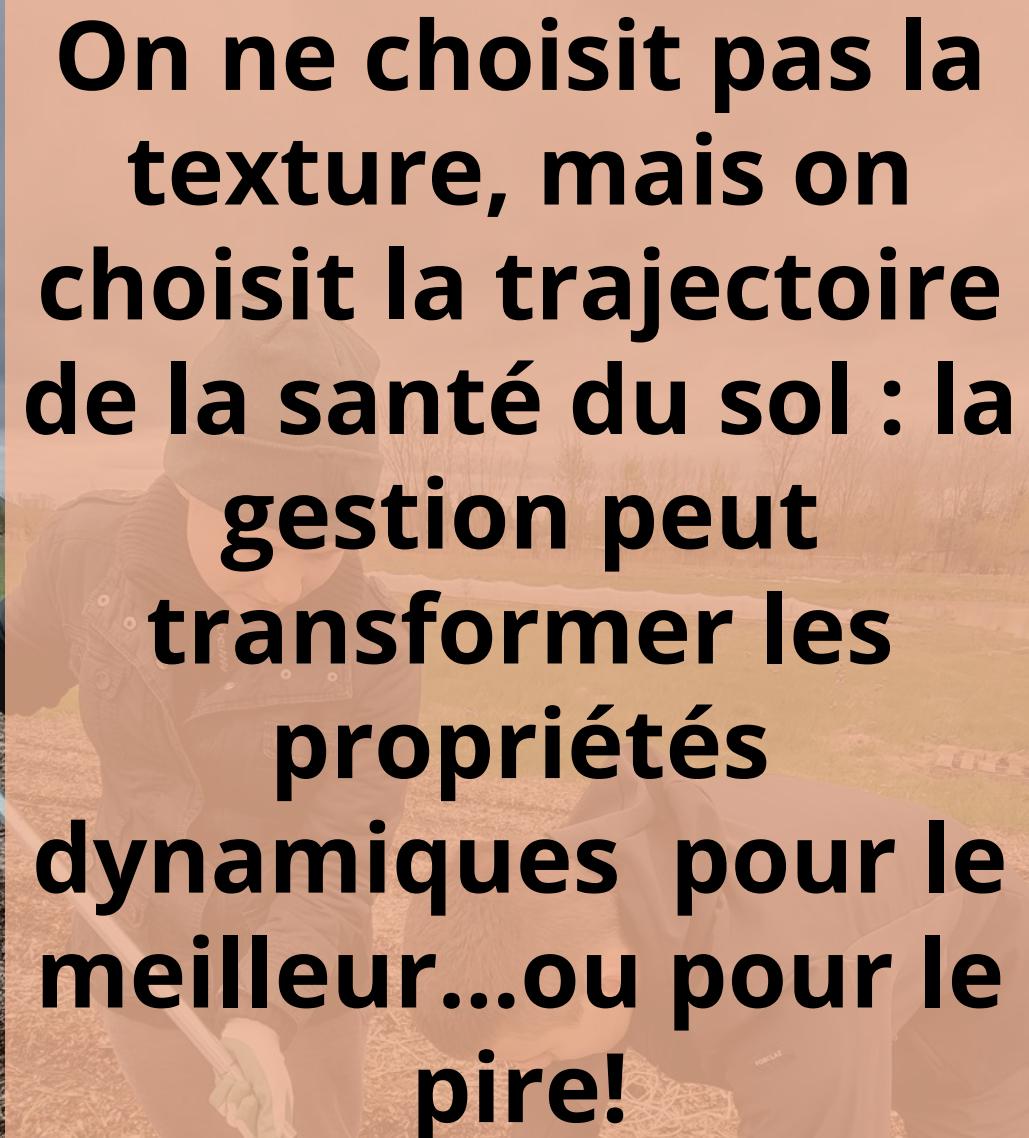
INDICATEURS MICROBIOLOGIQUES



Richesse des
bactéries



Richesse des
champignons



On ne choisit pas la texture, mais on choisit la trajectoire de la santé du sol : la gestion peut transformer les propriétés dynamiques pour le meilleur...ou pour le pire!



État des lieux

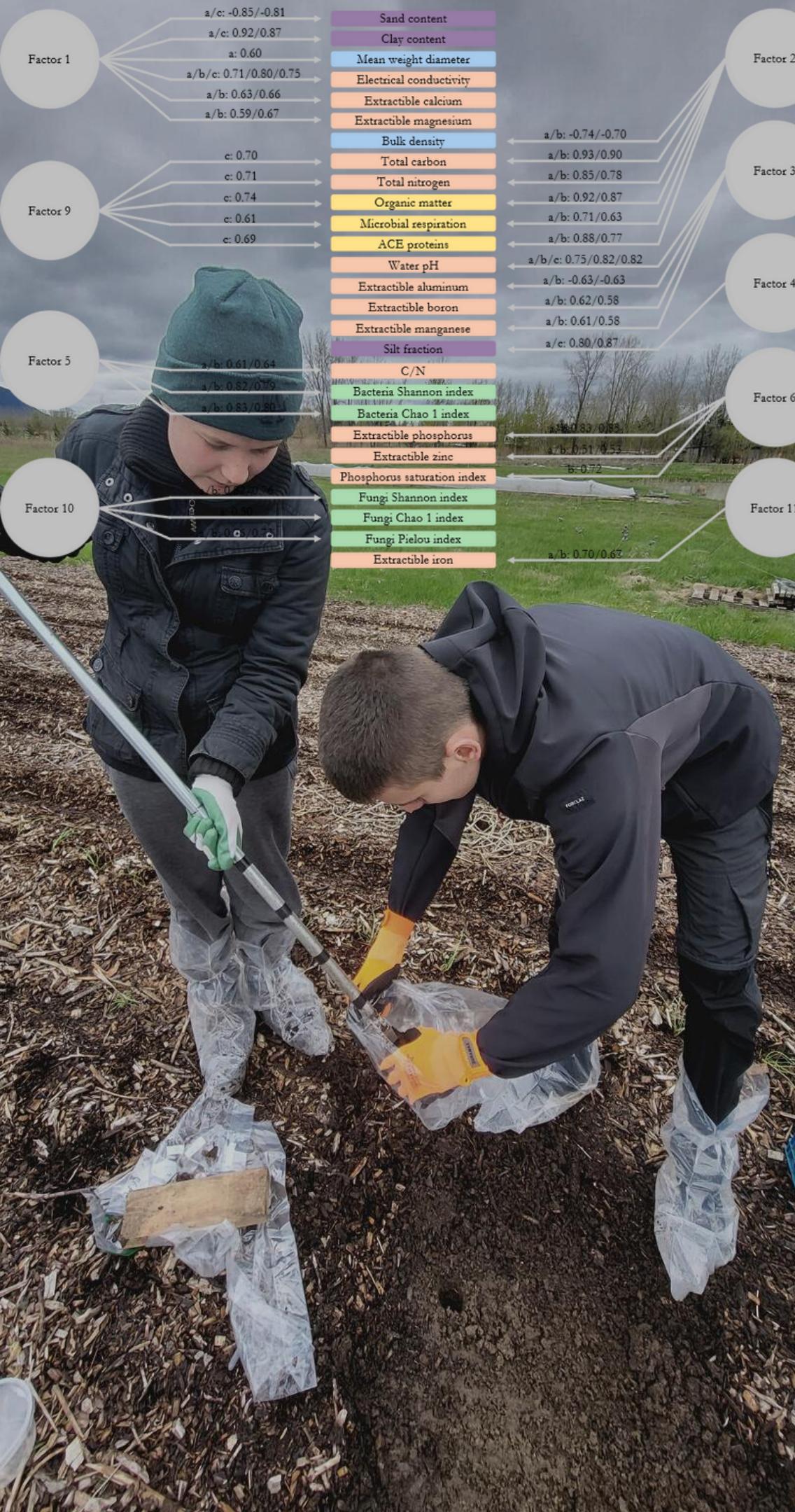


CONSTAT EN LIEN AVEC LES PRATIQUES

Characteristiques	Biologique	Conventionnel
Nombre de légumes cultivés	> 20 (61%)	≤ 5 (60%)
Diversité des culture de couverture	≥ 2 (88%)	1 (71%)
Utilisation des culture de couverture	100%	45%
Nombre de pratiques de conservation (ex: travail réduit)	≥ 2 (100%)	≤ 1 (70%)
Utilisation d'amendement organique	100%	20%

Les fermes bio appliquent plus de bonnes pratiques et ça se voit dans les données : la santé des sols répond.

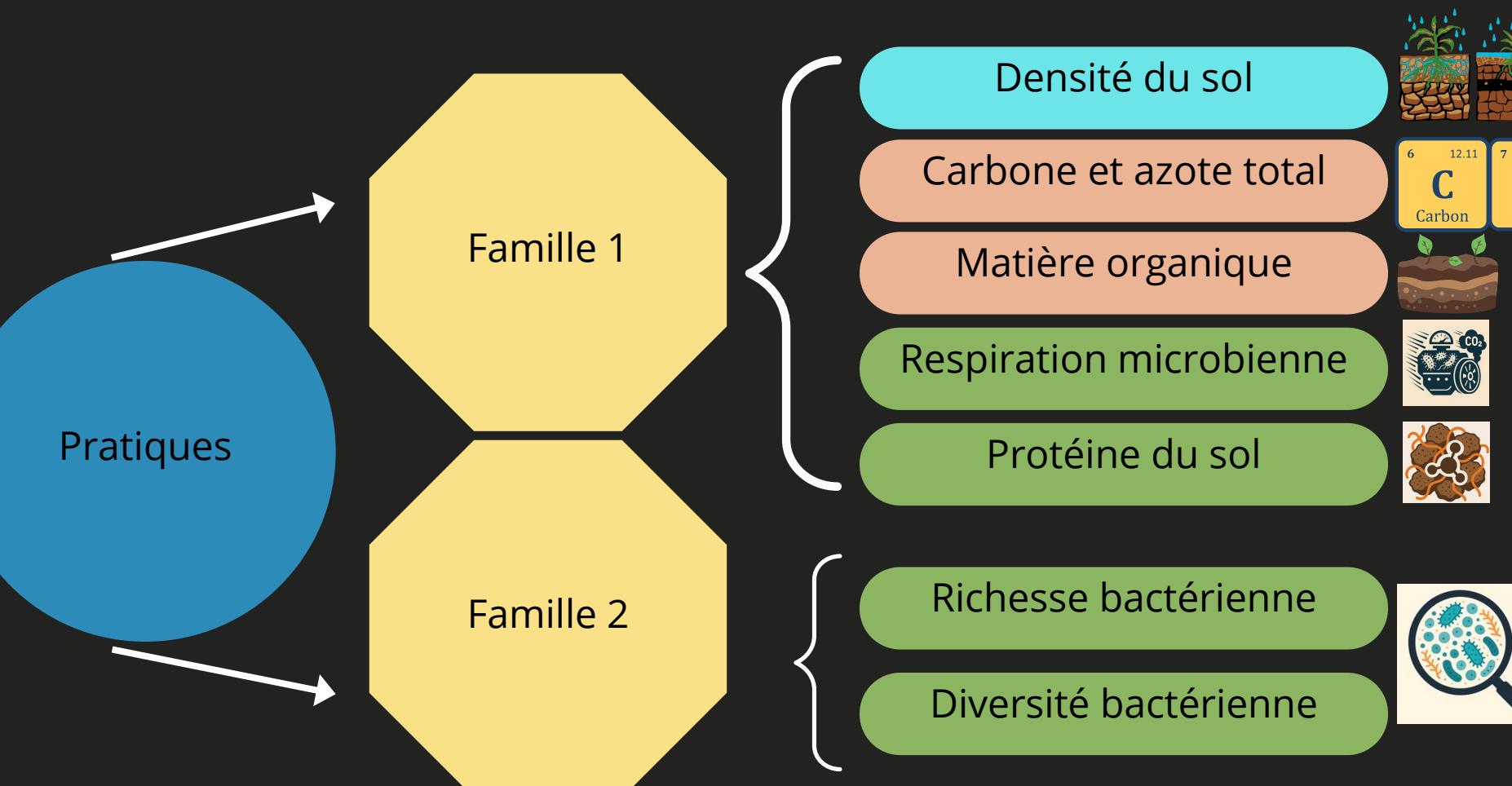
Pour les fermes en conventionnel: ajouter des pratiques adaptées à chaque réalité, même à petite échelle, peut déjà changer la donne



État des lieux

LES INDICATEURS LES PLUS SENSIBLES AUX PRATIQUES

Avec une méthode statistique, on a laissé les données s'organiser en **familles** (comme trier un panier de fruits par ressemblances) et on a choisi certains fruits “représentants” par famille : ce sont nos indicateurs clés.





Pratiques de conservation en production légumières

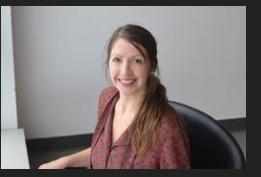
ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE: GUILLAUME GAUTHIER ET MARIE-EVE TANGUAY, ÉTUDIANT AU DOCTORAT: KRISHNA POUDEL

Les fermes expérimentales et les pratiques testées



BISHOP'S

Paillis organique
Paillis plastique
Paillis vivant
Bandes fleuries



L'ACADIE (AAC)

Paillis de bois
Paillis de graminées
Seigle roulé
Intercalaire de festulolium



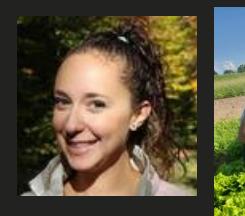
CETAB+

Travail du sol (réduit vs conventionnel)
Amendement organique (d'origine végétale vs animale)



FERME CAMPUS (ULAVAL)

Fertilisation (minérale, actisol, mélange)
Biochar
Culture de couverture

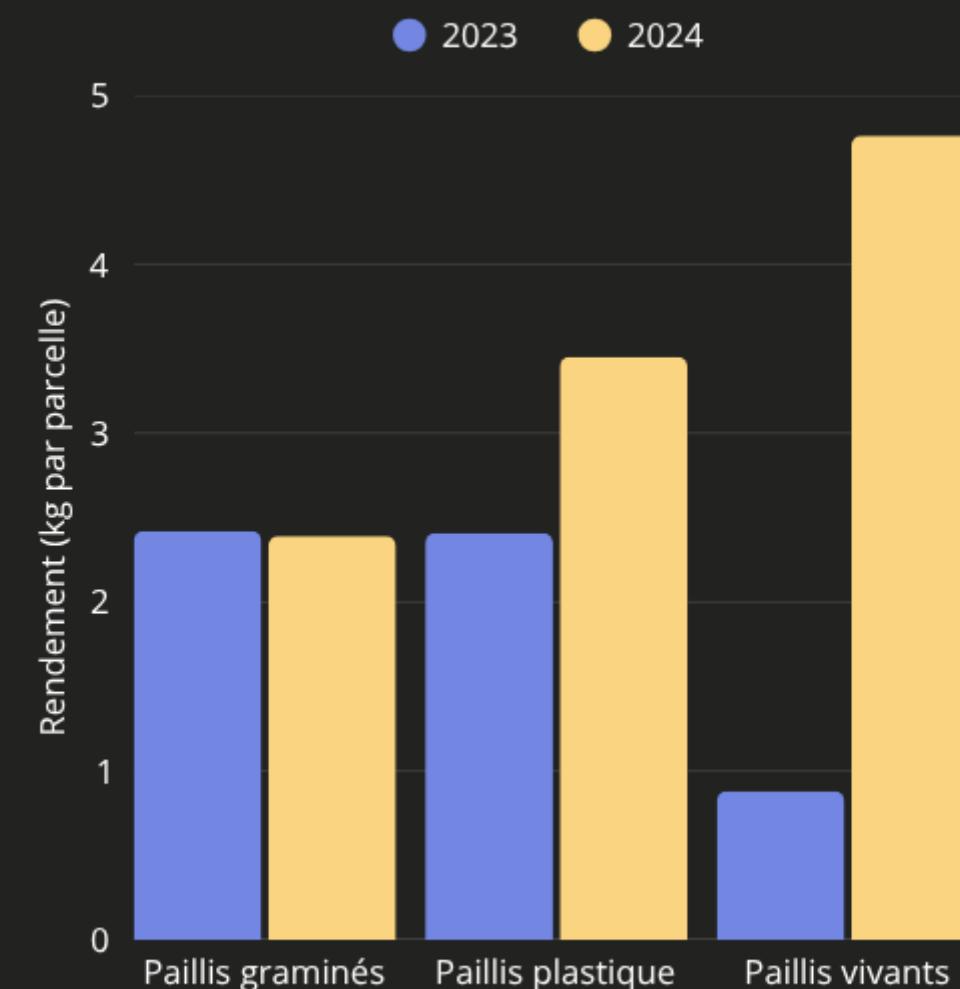




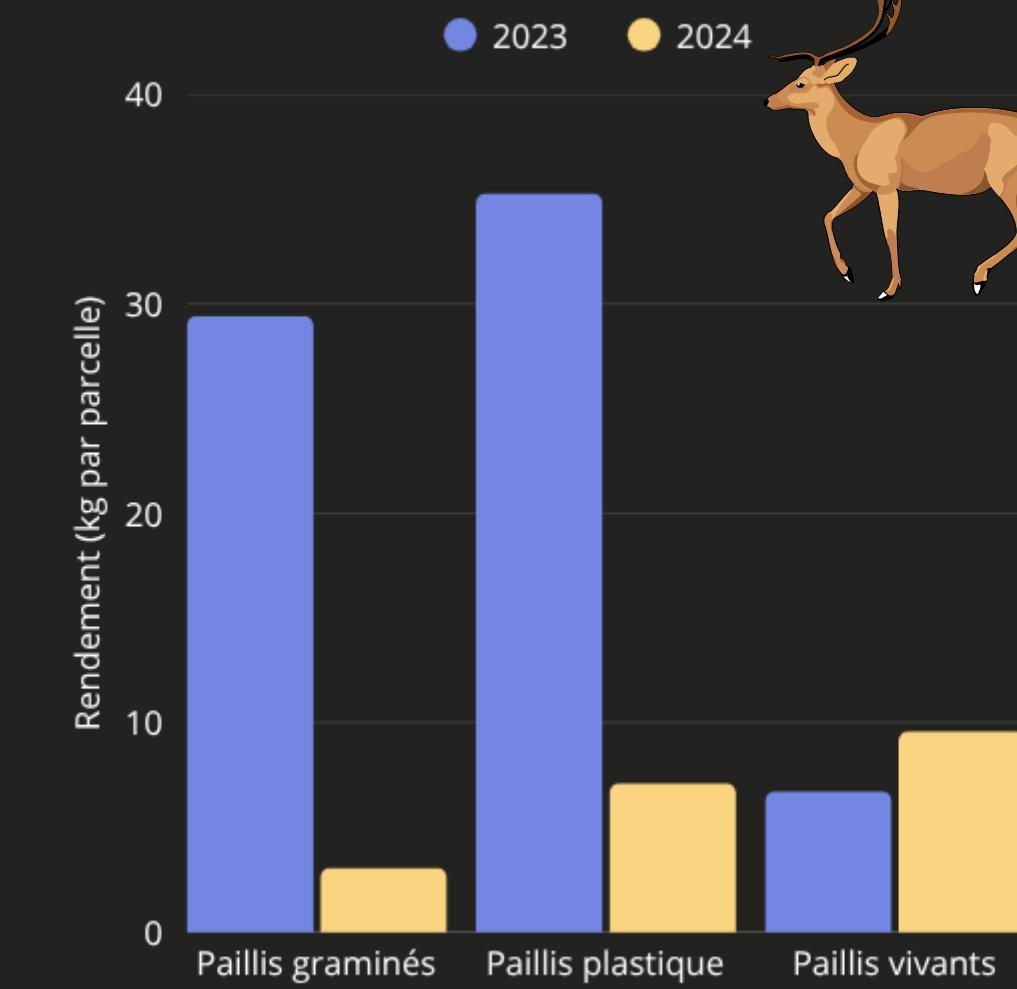
Les fermes expérimentales : Bishop's, un aperçu.



ROTATIONS SUR 4 ANS (HARICOT, CAROTTE ZUCCHINI ET MAÏS SUCRÉ)



Haricot



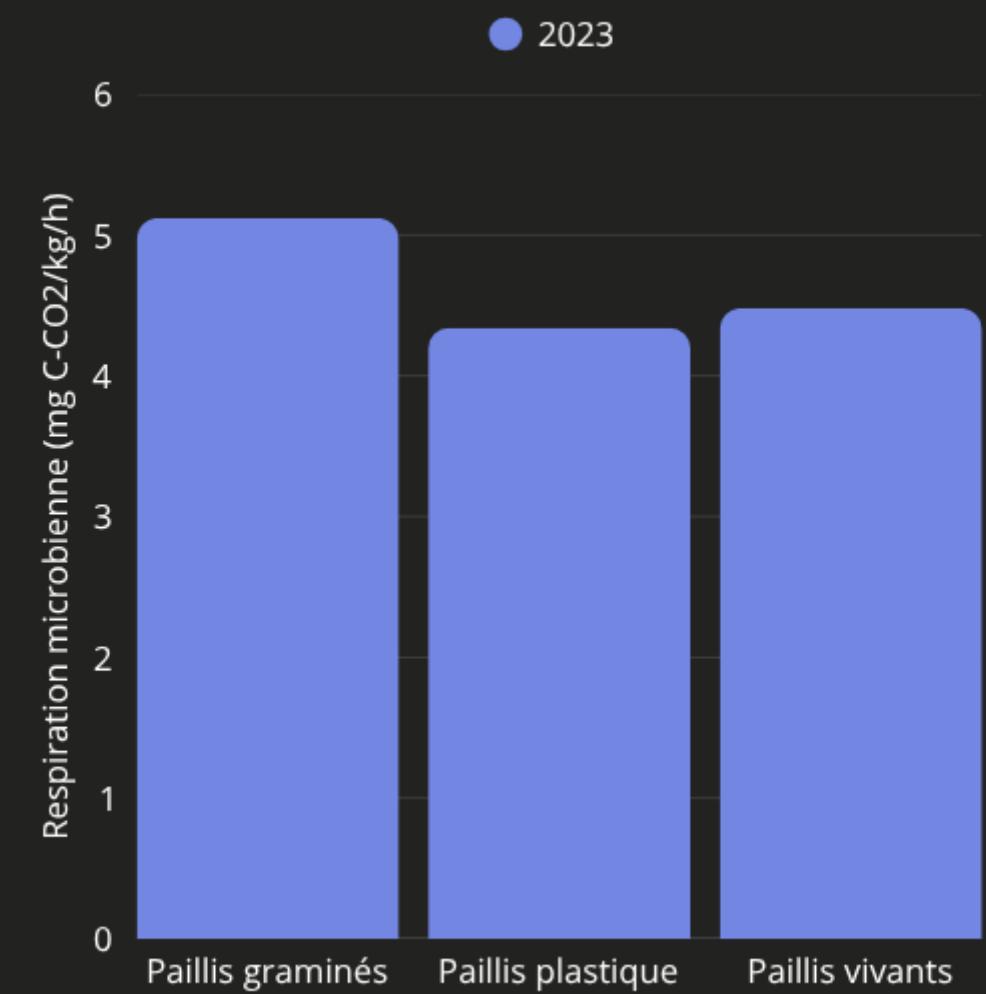
Carotte



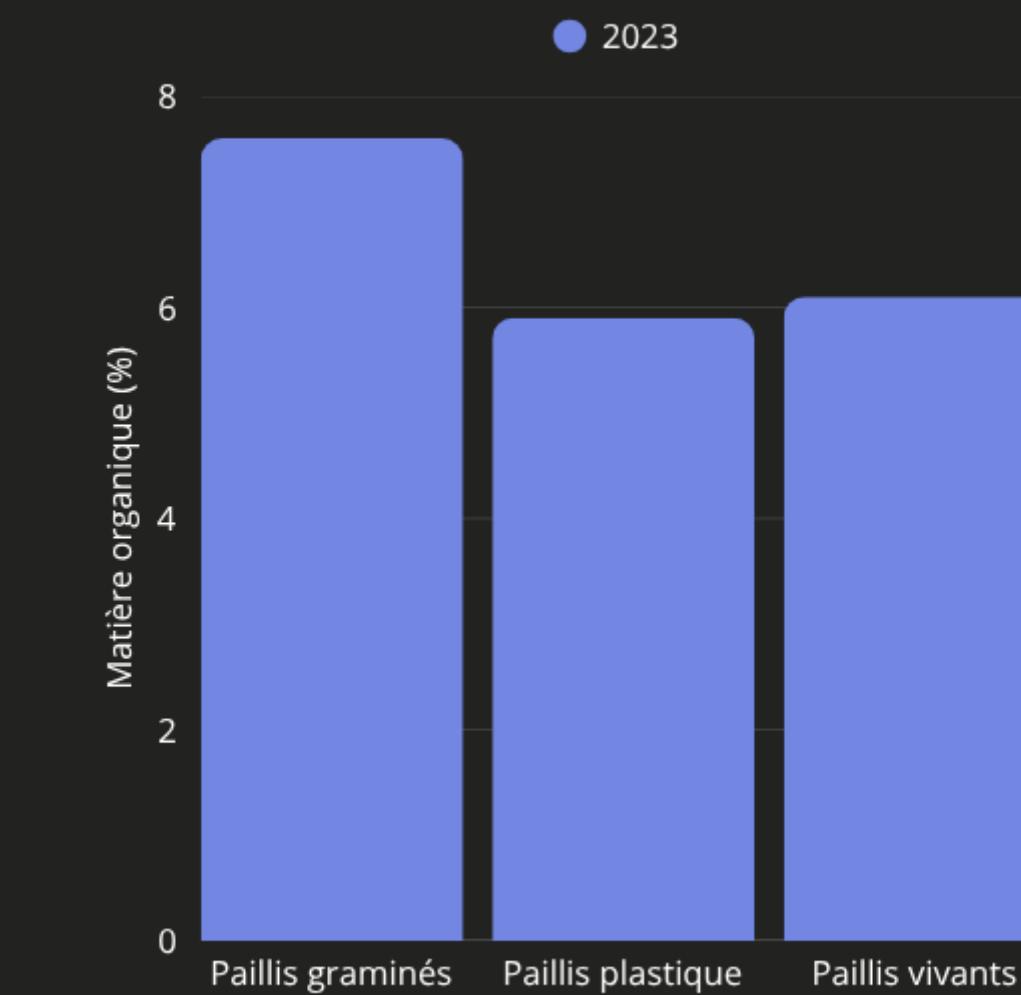
Les fermes expérimentales : Bishop's, un aperçu.



INDICATEURS SANTÉ DES SOLS (2IÈME ANNÉE)



Respiration
microbienne



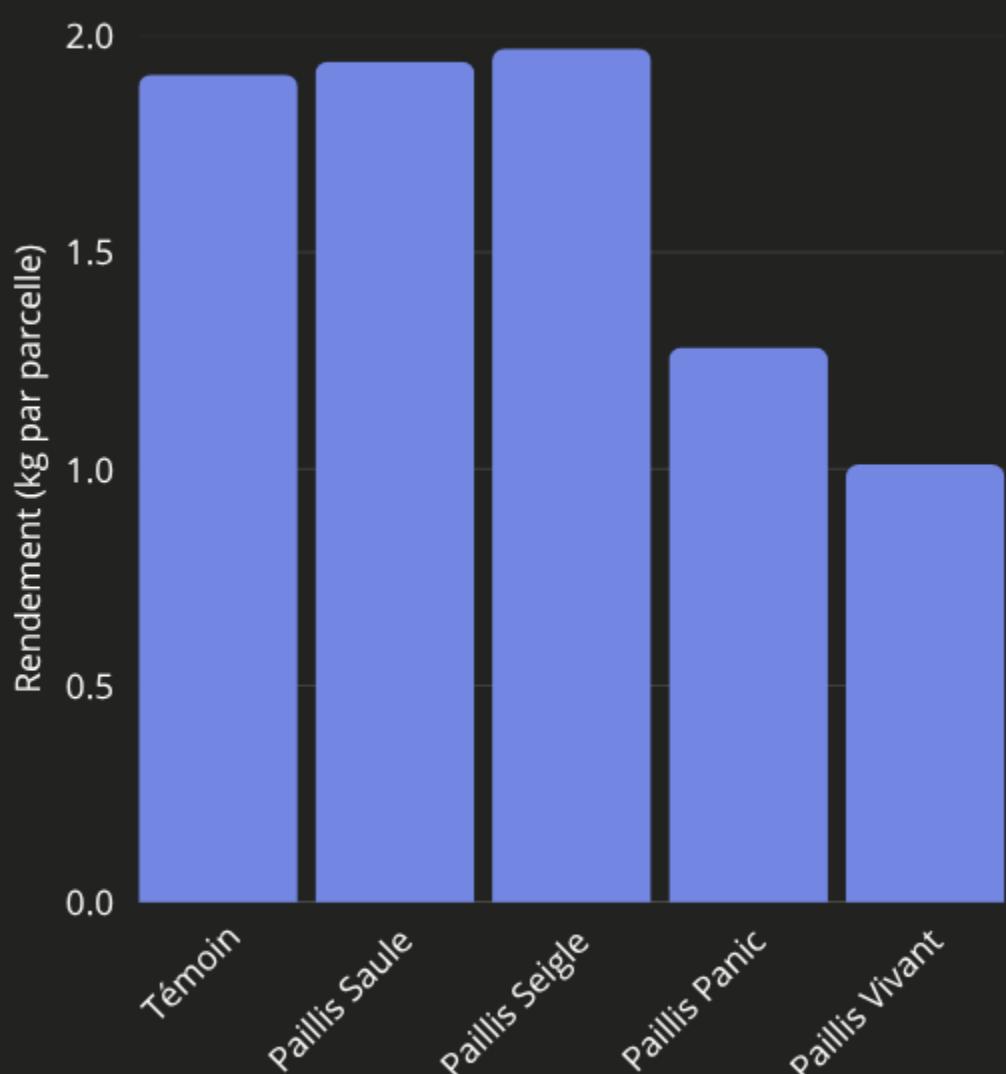
Matière organique



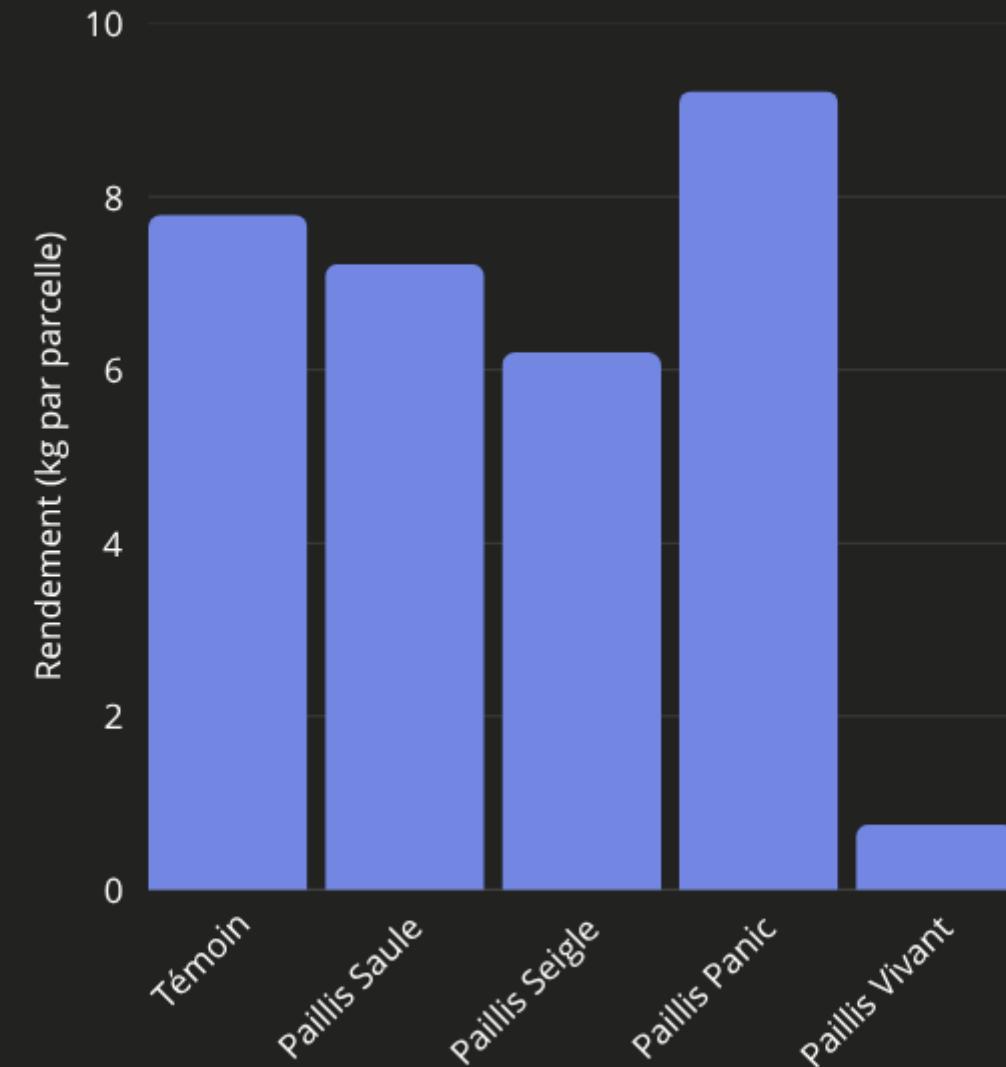
Les fermes expérimentales : L'acadie, un aperçu.



ROTATIONS SUR 3 ANS (HARICOT, BROCOLI, MAÏS SUCRÉ)



Haricot



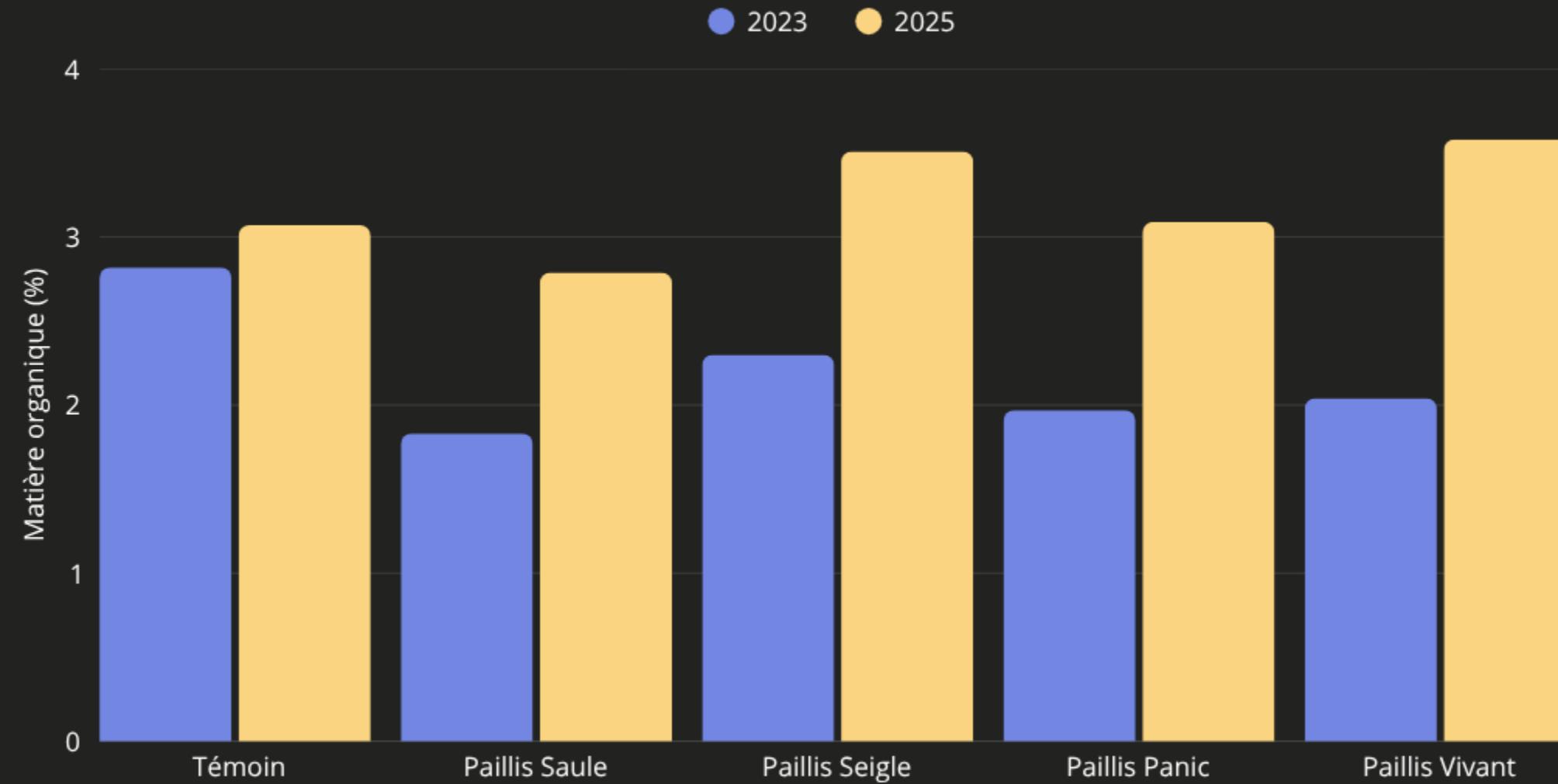
Brocoli



Les fermes expérimentales : L'acadie, un aperçu.



INDICATEURS SANTÉ DES SOLS



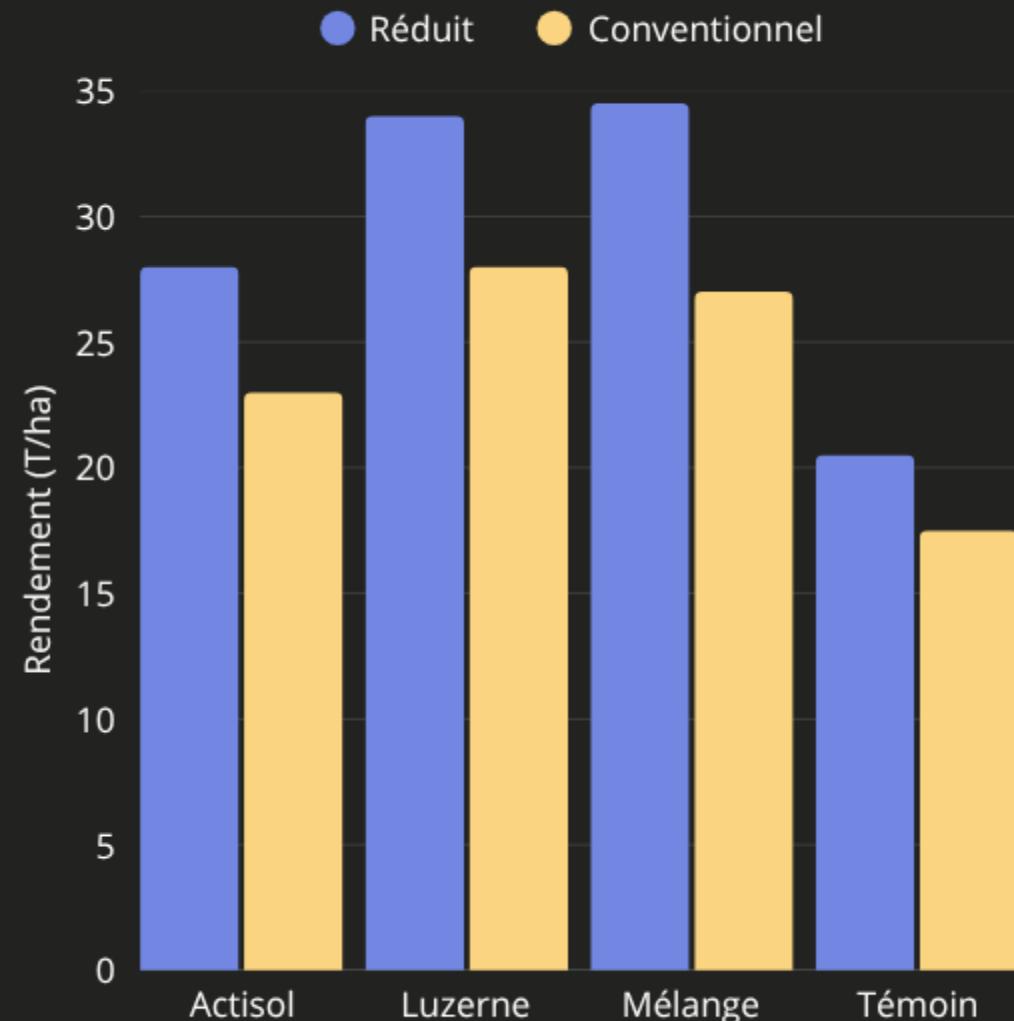
Matière organique



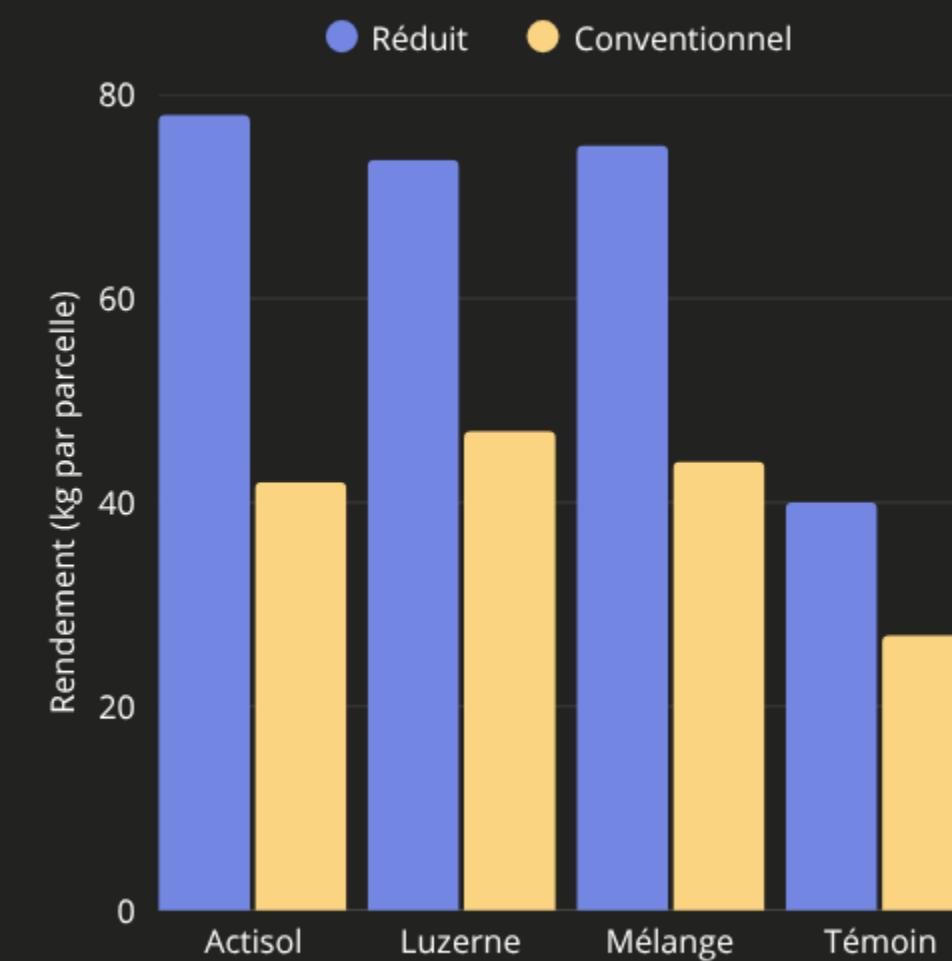
 

Les fermes expérimentales : CETAB+, un aperçu.

ROTATIONS SUR 3 ANS (LAITUE, COURGE, BROCOLI)



Laitue

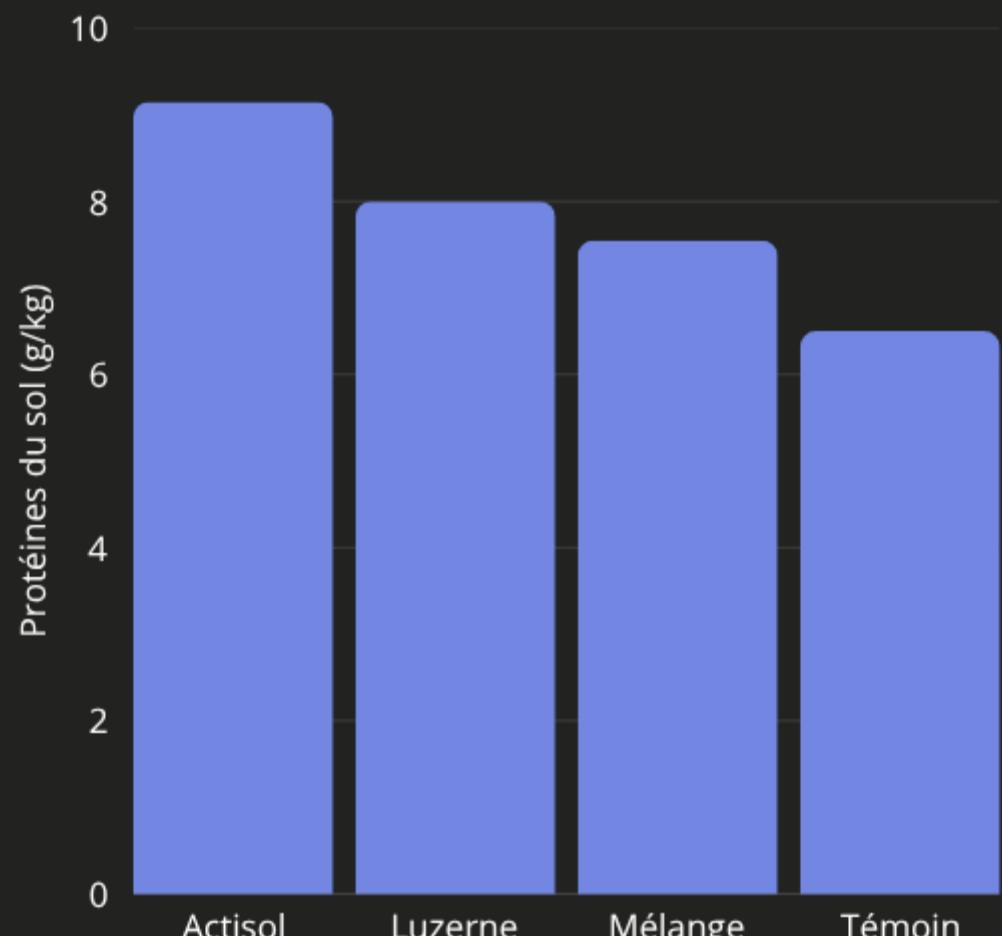


Courge

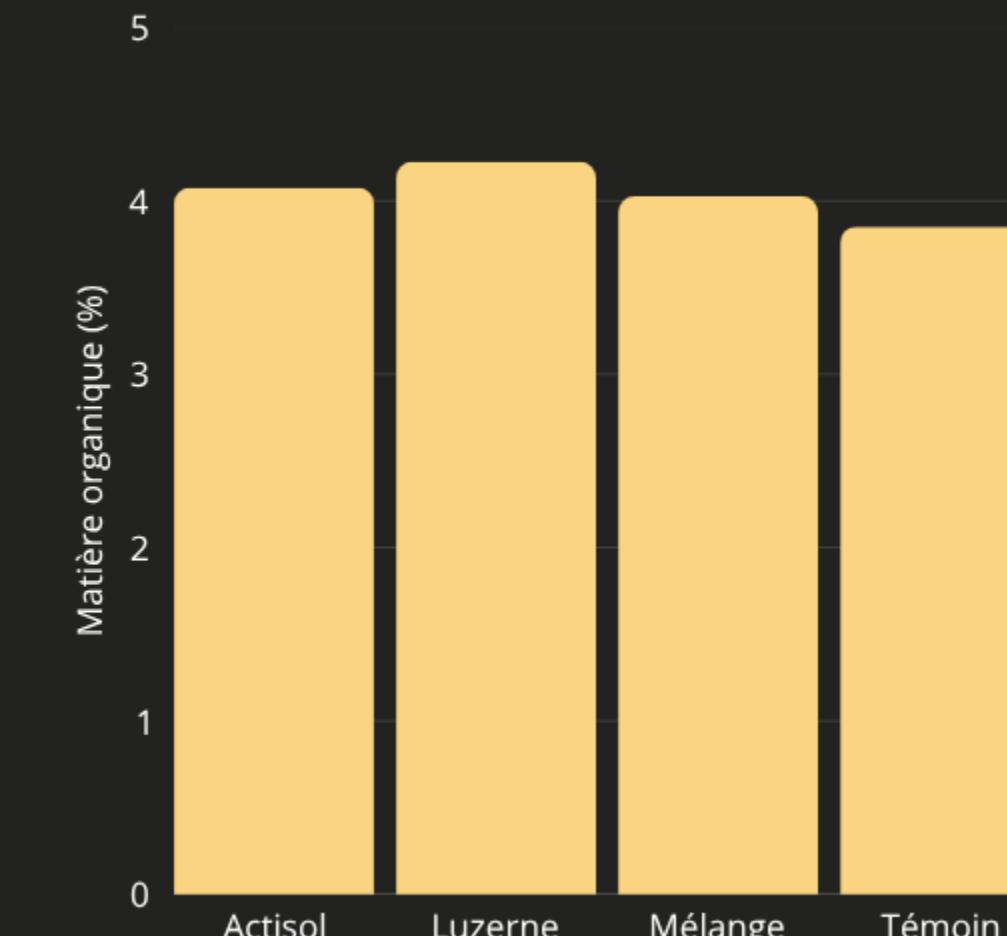


 **Les fermes expérimentales :
CETAB+, un aperçu.** 

INDICATEURS SANTÉ DES SOLS (1ière année)



Protéines



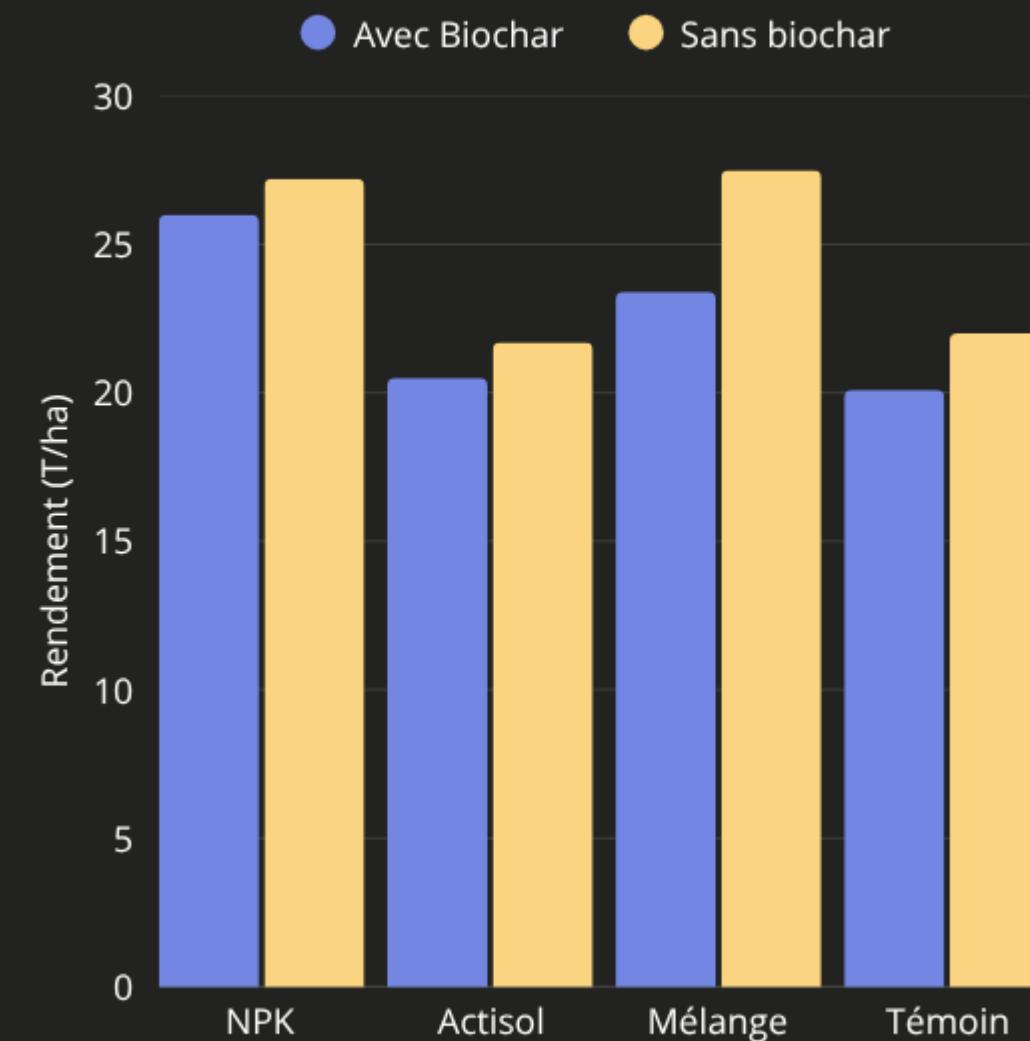
Matière organique



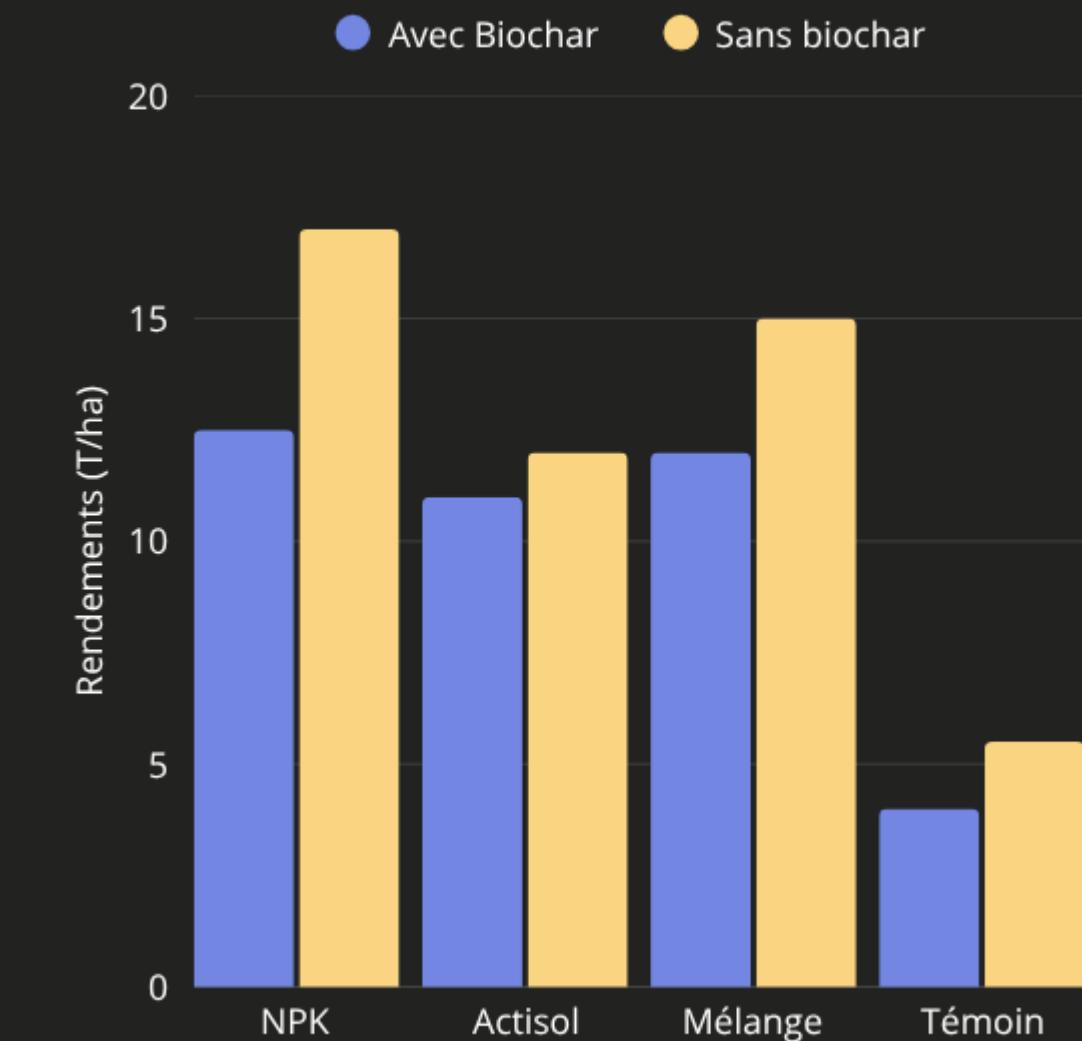
Les fermes expérimentales : Ferme campus, un aperçu.



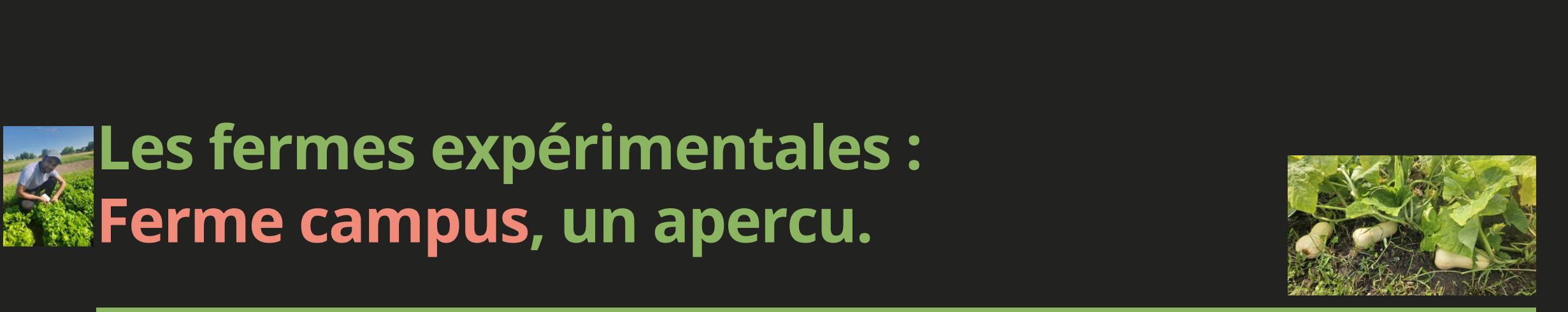
ROTATIONS SUR 3 ANS (LAITUE, COURGE, CAROTTE)



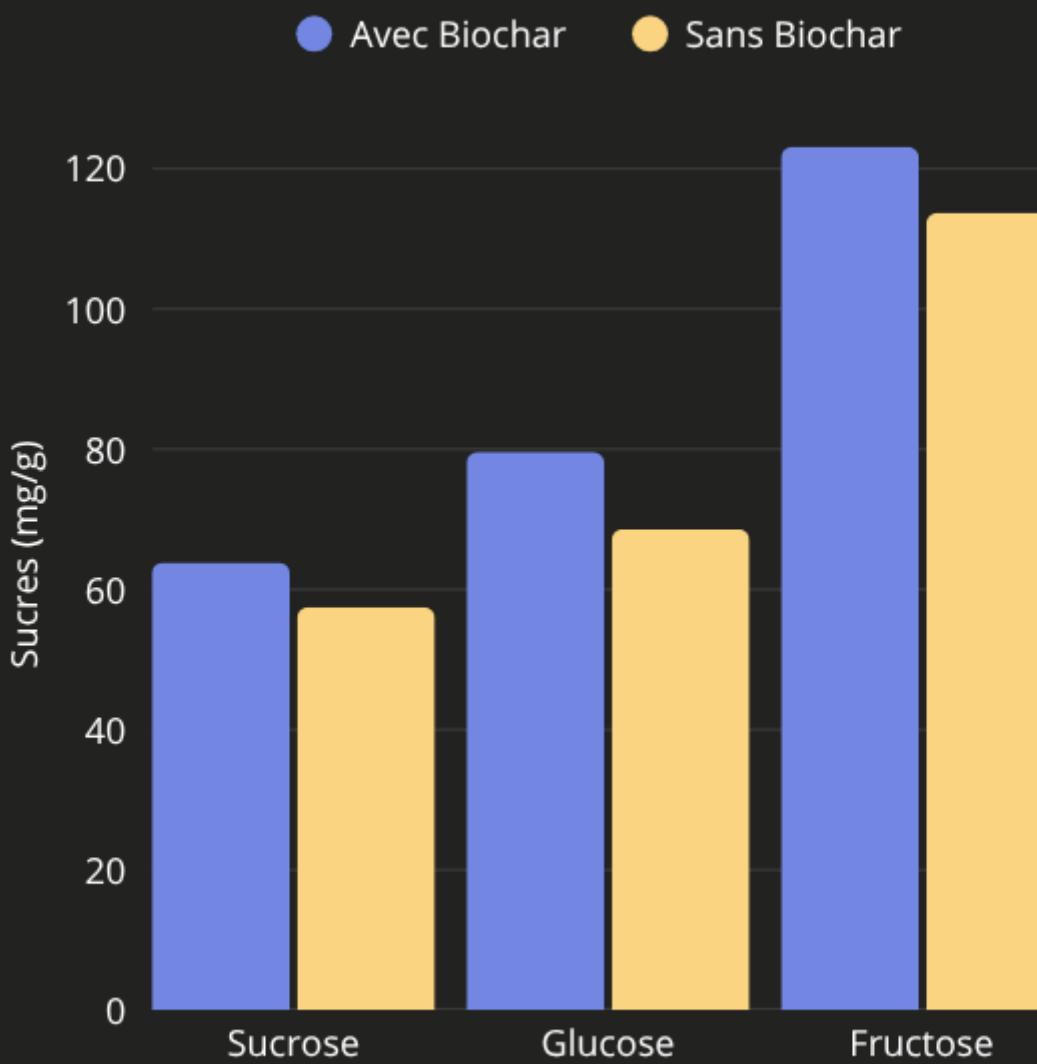
Laitue



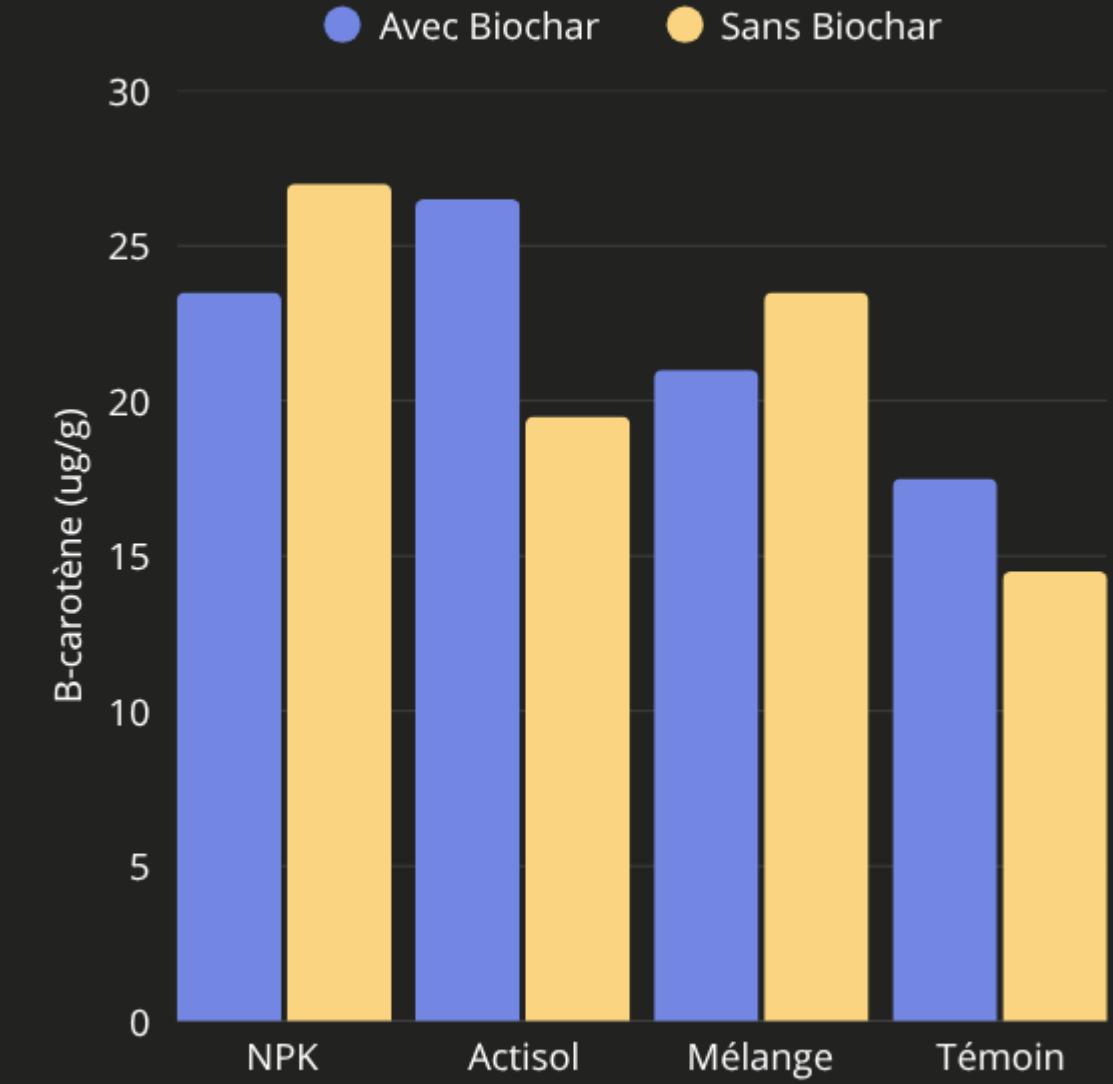
Courge



QUALITÉ NUTRITIONNELLE DE LA COURGE



Sucres



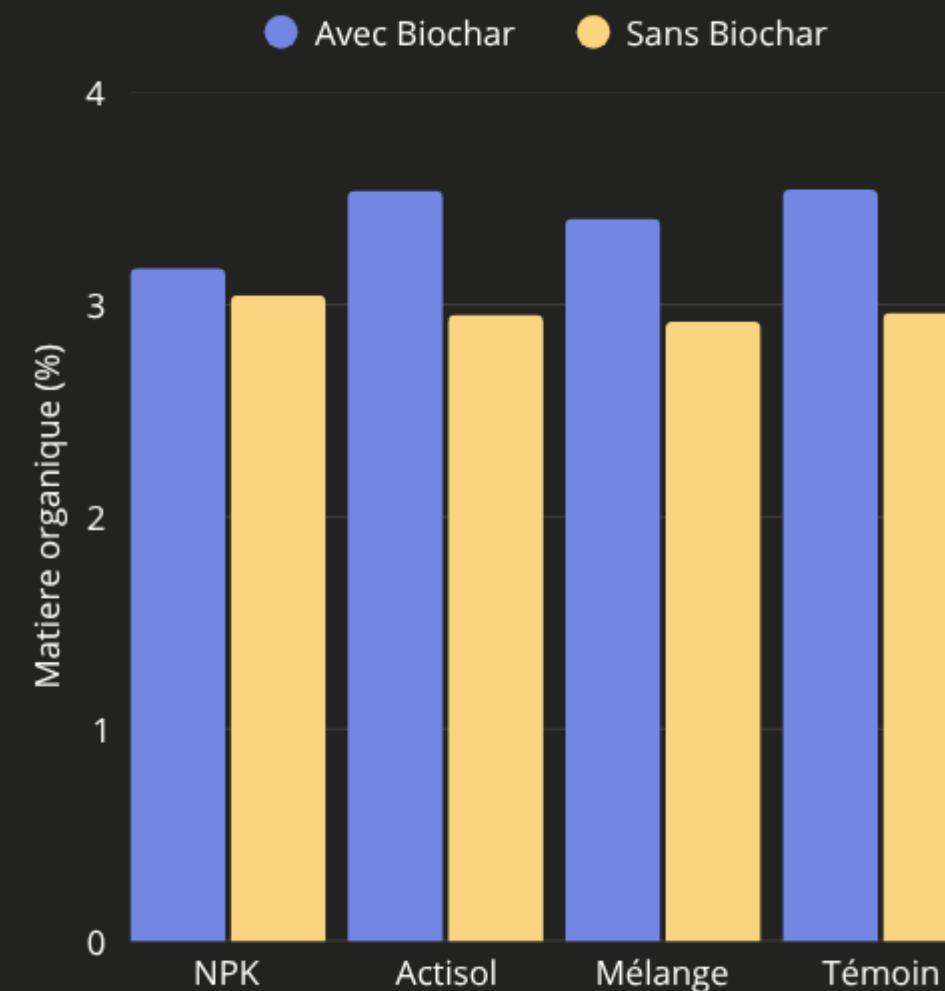
Beta-carotene



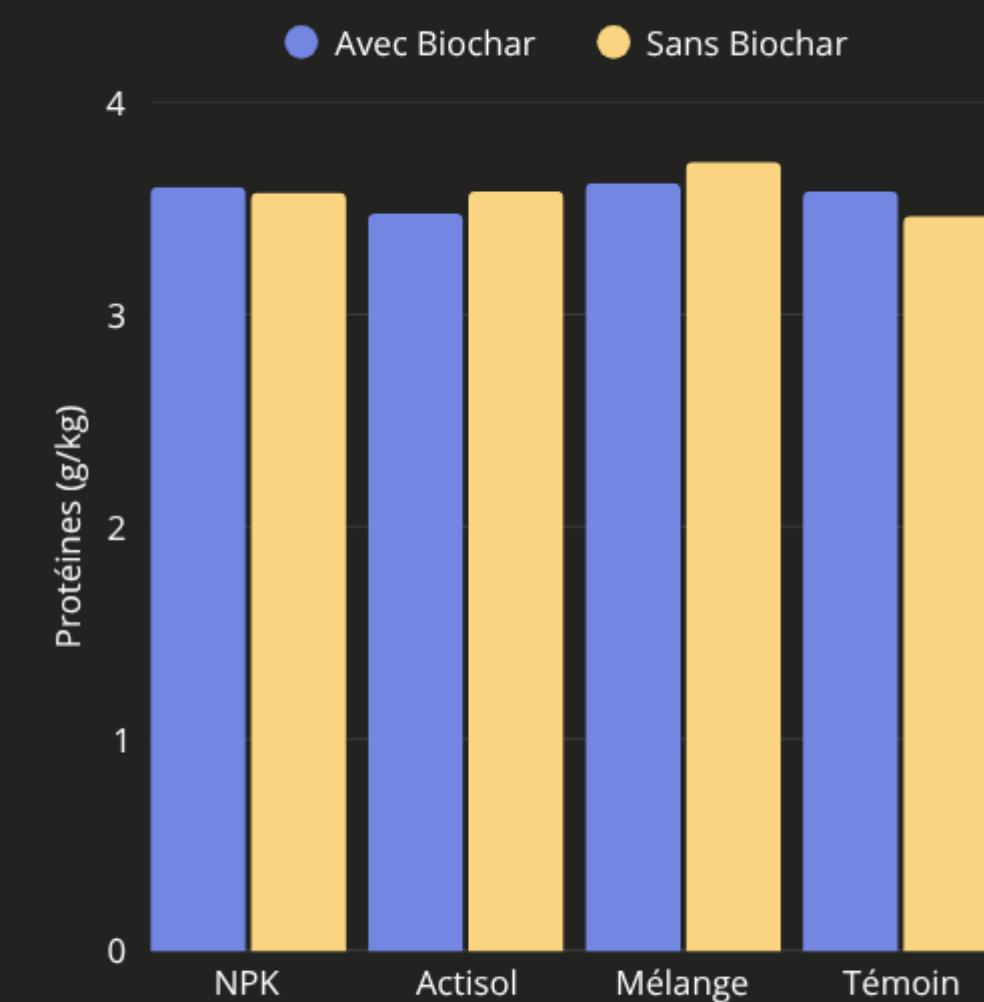
Les fermes expérimentales : Ferme campus, un aperçu.



INDICATEURS SANTÉ DES SOLS (1ière année)



Matière organique



Protéines



SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

QUATRE ANNÉES DE RECHERCHE

SYNTHÈSE 1 – Ce que l'état des lieux nous dit

UN CAPITAL SOL STRATÉGIQUE, MAIS SOUS PRESSION

Peu de terres agricoles au Canada, forte intensité en maraîcher au Québec

Compaction, baisse de MO et structure fragile reviennent dans plusieurs régions



50 FERMES, PRÈS DE 1000 ÉCHANTILLONS : UN PORTRAIT INÉDIT DES SOLS MARAÎCHERS

Fermes biologiques et conventionnelles, plusieurs régions administratives

Questionnaire de pratiques + indicateurs physiques, chimiques, biologiques et microbiologiques

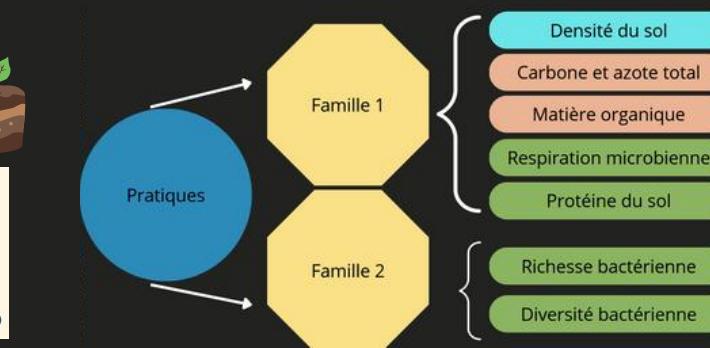
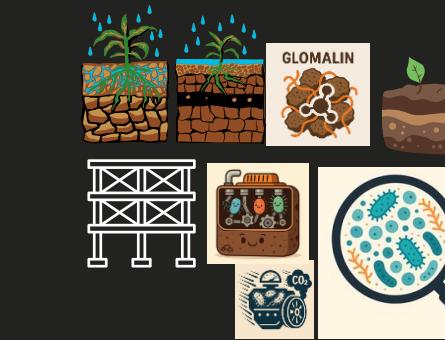


BONNES PRATIQUES = SOL PLUS EN SANTÉ

Meilleure structure, moins de compaction

Plus de carbone, azote, MO et protéines du sol,

Plus d'activité biologique et de richesse en champignons



LES FERMES CONVENTIONNELLES : UN POTENTIEL D'AMÉLIORATION IMPORTANT

pH, salinité et nutriments classiques souvent « corrects »

Mais structure plus fragile, MO et indicateurs biologiques plus bas

La santé des sols ne se résume pas à P-K-pH : il faut regarder comment le sol fonctionne.



SYNTHESE 2 - Ce que montrent les fermes expérimentales

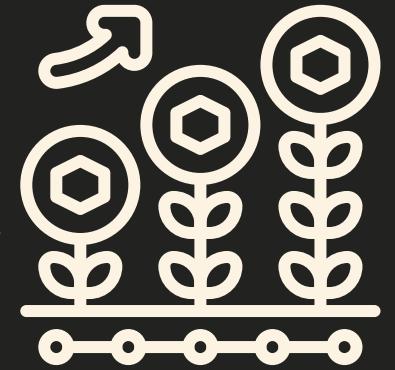
DES PRATIQUES CONCRÈTES TESTÉES EN CONDITIONS RÉELLES

Paillis
Travail du sol
Amendements
Fertilisation (minérale, Actisol, mélanges) + biochar
En cultures : laitue, courge, brocoli, carotte...



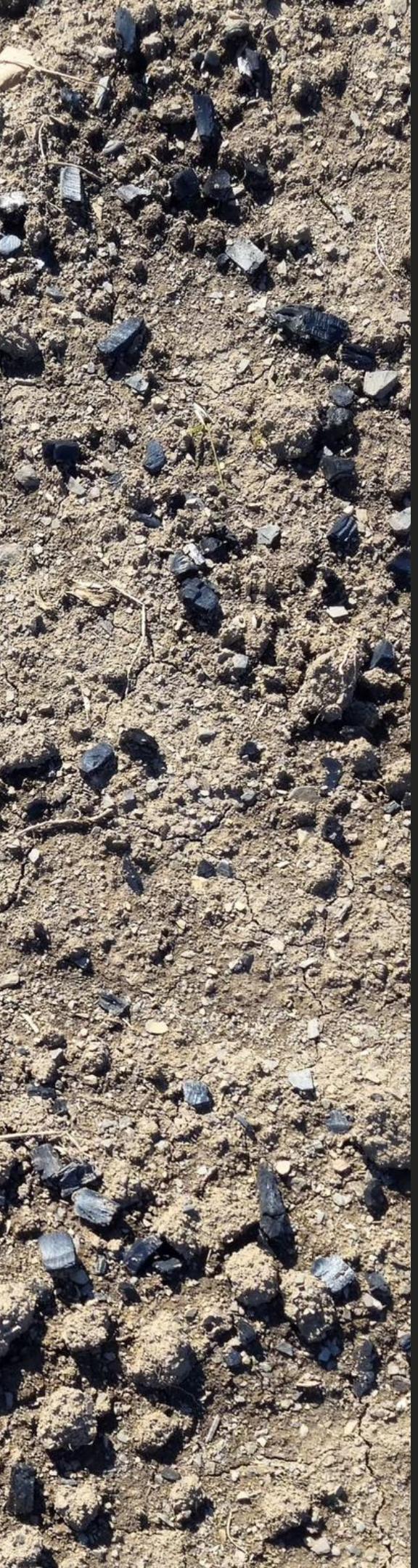
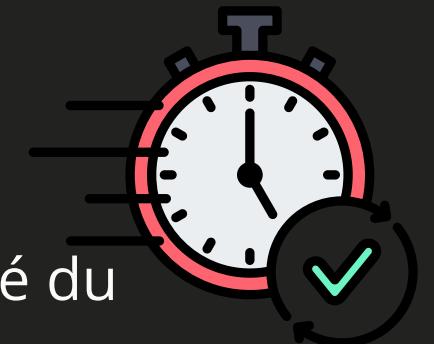
RENDEMENTS : PAS DE RECETTE MIRACLE, MAIS DES COMBINAISONS GAGNANTES

Certaines pratiques de conservation maintiennent ou améliorent les rendements
D'autres peuvent réduire un peu le rendement à court terme, mais amortir les risques (climat, structure, MO) à moyen-long terme
On parle de stratégies de système, pas d'un intrant magique.



SOLS : DES RÉPONSES MESURABLES MOINS DE 3 ANS

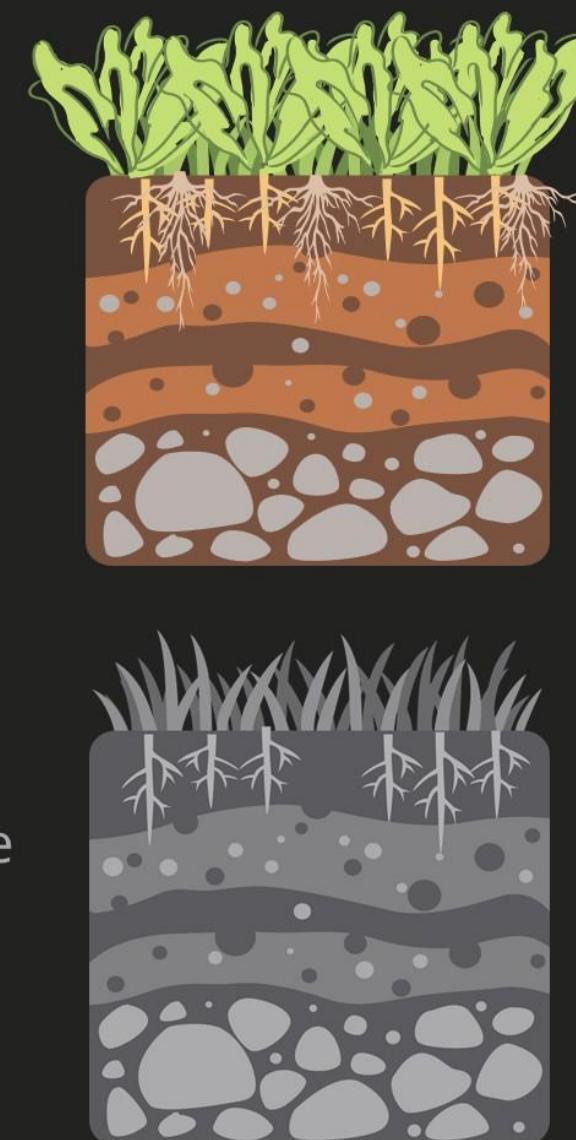
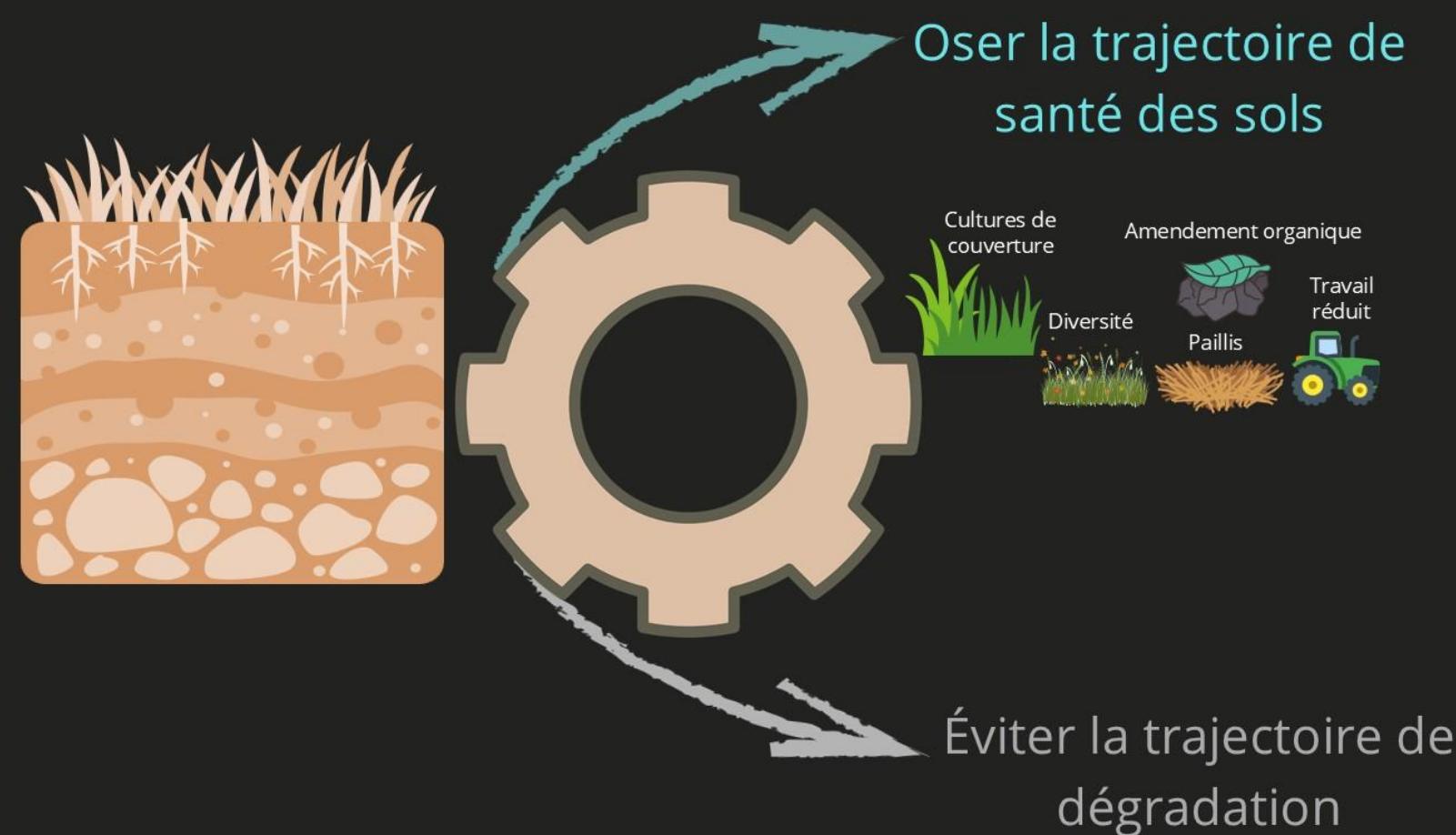
Travail réduit + amendements organiques : ++MO; protéines du sol
Paillis : ++Respiration microbienne et MO;
Biochar : gains sur la qualité (sucres, bêta-carotène) et sur certains indicateurs de C et de santé du sol



SYNTHÈSE 3 – Indicateurs-clés et messages pour les producteurs

LES PRATIQUES QUI FONT VRAIMENT BOUGER L'AIGUILLE

- 🕒 Diversifier la rotation des légumes
- 🌱 Intégrer des cultures de couverture régulièrement
- ⚙ Réduire l'intensité du travail du sol lorsque possible
- 🌿 Miser sur des amendements organiques de qualité
- 🍂 Utiliser des paillis pour protéger le sol et nourrir la vie du sol

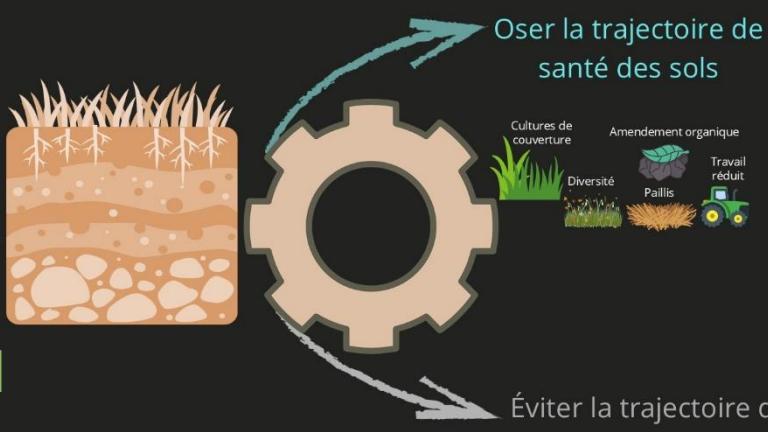


Messages de fin et perspectives



1. LA SANTÉ DES SOLS MARAÎCHERS EST UN LEVIER DE RENDEMENT ET DE RÉSILIENCE.

Les sols les mieux structurés, riches en MO et en vie du sol offrent une portance plus fiable, des rendements plus stables et une meilleure gestion de l'eau et des nutriments



3. IL N'Y A PAS DE SOLUTION UNIQUE, MAIS UN CHEMIN PROPRE À CHAQUE FERME.

1-2 pratiques réalisistes, suivre 2-3 indicateurs-clés, ajuster au fil des années : c'est ainsi qu'on bâtit une trajectoire de santé des sols.



2. IL EST POSSIBLE DE PRODUIRE INTENSIVEMENT EN RECONSTRUISANT LE SOL.

Ce n'est pas « bio vs conventionnel » mais la densité de bonnes pratiques (rotations, couverts, amendements, travail du sol réfléchi) qui fait la différence.



4. LA SUITE DU PROJET

Fiches et articles de vulgarisation
Courbes de notation pour les nouveaux indicateurs
Nouveaux financements pour poursuivre cette belle recherche

*Le sol n'est pas qu'un support :
sa santé nourrit la récolte d'aujourd'hui et la durabilité de
demain.*

Remerciements



Nos auxiliaires de recherche:
Jean-Martin Côté
Ana Vorobieva
Hugo Lemoine
Salathiel Moise
Valentine Gressier
Sara Benchaa
Maina Sara Orelhomme
Victor Valdez
Antoine-Olivier Pilon
Lucie Pedneault
Andrea Surprenant
Laurent Gosselin



Diane Bulot, professionnelle de recherche, notre pilier de l'organisation qui mène le bateau avec brio depuis le début!

L'équipe Samira Chbouki et Oussama Benslimane
L'équipe du CETAB+
Tous les collaborateurs