LA RECHERCHE SUR LA SANTÉ DES SOLS EN MARAICHAGE AU CETAB+

Charlotte Giard-Laliberté, agr. M.Sc.

Chargée de projet

CETAB+

CÉGEP DE VICTORIAVILLE

LE MARAÎCHAGE AU CETAB+

- Denis La France, CETAB+
- Jean-Baptiste Milesi, technicien, CETAB+
- Claudia Thibodeau, technicienne, CETAB+
- Emmanuelle Bergeron, agr.
- Stéphanie Duranceau, agr. M.Sc.
- Xavier Villeneuve-Desjardins, agr.
- Anne Le Mat, agroéconomiste
- Geoffroy Ménard, agroéconomiste

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

13 ANS DE RECHERCHE SUR LES SOLS EN MARAÎCHAGE

Mise au point d'un système de travail minimum du sol avec planches permanentes

- 2009-2012: Denis La France, Maryse Leblanc

Essai de trois sous-soleuses dans du foin ou des engrais verts en croissance

- 2011-2014: Anne Weill, Denis La France

Évaluation d'engrais verts de légumineuses à croissance rapide en horticulture maraîchère

- 2014-2016: Anne Weill, Denis La France

L'occultation comme outil de gestion de plantes nuisibles et de destruction d'engrais vert

- 2012-2014: Sam Chauvette, Denis La France

CETAB+

CÉGEP DE VICTORIAVILLE

CONTEXTE ACTUEL

Importants défis à venir/ en cours pour la production maraîchère bio:

- Protection de la ressource sol
- Approvisionnement en matières fertilisantes durables
- Équilibre chimique des sols (saturation phosphore) et efficacité d'utilisation des engrais (pertes environnementales)
- Adaptation aux changements climatiques

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

SURVOL

- Les effets bénéfiques d'un EV en rotation en production maraîchère sur planche permanente
- Les EV déplacés comme apport fertilisant et comme amendement de sol
- Non-travail de sol et paillage en contexte maraîcher

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

LES ENGRAIS VERTS EN ROTATION

Mesurer les impacts agronomiques et la faisabilité économique de l'implantation d'une prairie et d'EV dans une rotation en comparaison avec des cultures légumières biologiques en continu.

2 sites: INAB et ferme Croque-Saisons

Traitements	2019		2020		2021
EV en dérobé	Betterave	EV pois et avoine	Laitue	EV pois et avoine	Brocoli- 100% N Brocoli-50% Brocoli 0% N
EV 1 an	Betterave	EV pois et avoine	EV seigle d'automne et vesce velue		Brocoli 100% N Brocoli 50% N Brocoli 0% N
Prairie	Betterave	Prairie			Brocoli 100% N Brocoli 50% N Brocoli 0%
Légumes en continu-occultation	Betterave	Occultation	Laitue	Occultation	Brocoli 100% N Brocoli 50% N Brocoli 0% N

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

LES ENGRAIS VERTS EN ROTATION

Prairie

EV 1 an: Seigle vesce velue

EV en dérobé: Avoine pois

CETAB+

CÉGEP DE VICTORIAVILLE

SANTÉ DES SOLS

Engrais verts en rotation

Stabilité des agrégats (2-4 mm)

		INAB	Ferme Croque-Saisons
EV dérobé	printemps 2020	0,77 a	0,77 b
EV 1 an		0,82 a	0,83 b
Prairie		0,84 a	0,80 b
Légumes en continu		0,85 a	0,35 a
P		0,12	<0,0001
EV dérobé	début été 2021 (avant implantation brocoli)	0,65 ab	0,76 b
EV 1 an		0,78 c	0,88 c
Prairie		0,75 bc	0,80 b
Légumes en continu		0,58 a	0,47 a
P		0,0008	<0,0001
EV dérobé	Été 2021 (récolte brocoli)	0,71 a	0,82 b
EV 1 an		0,64 a	0,79 b
Prairie		0,71a	0,81 b
Légumes en continu		0,71 a	0,67 a
P		0,63	0,03

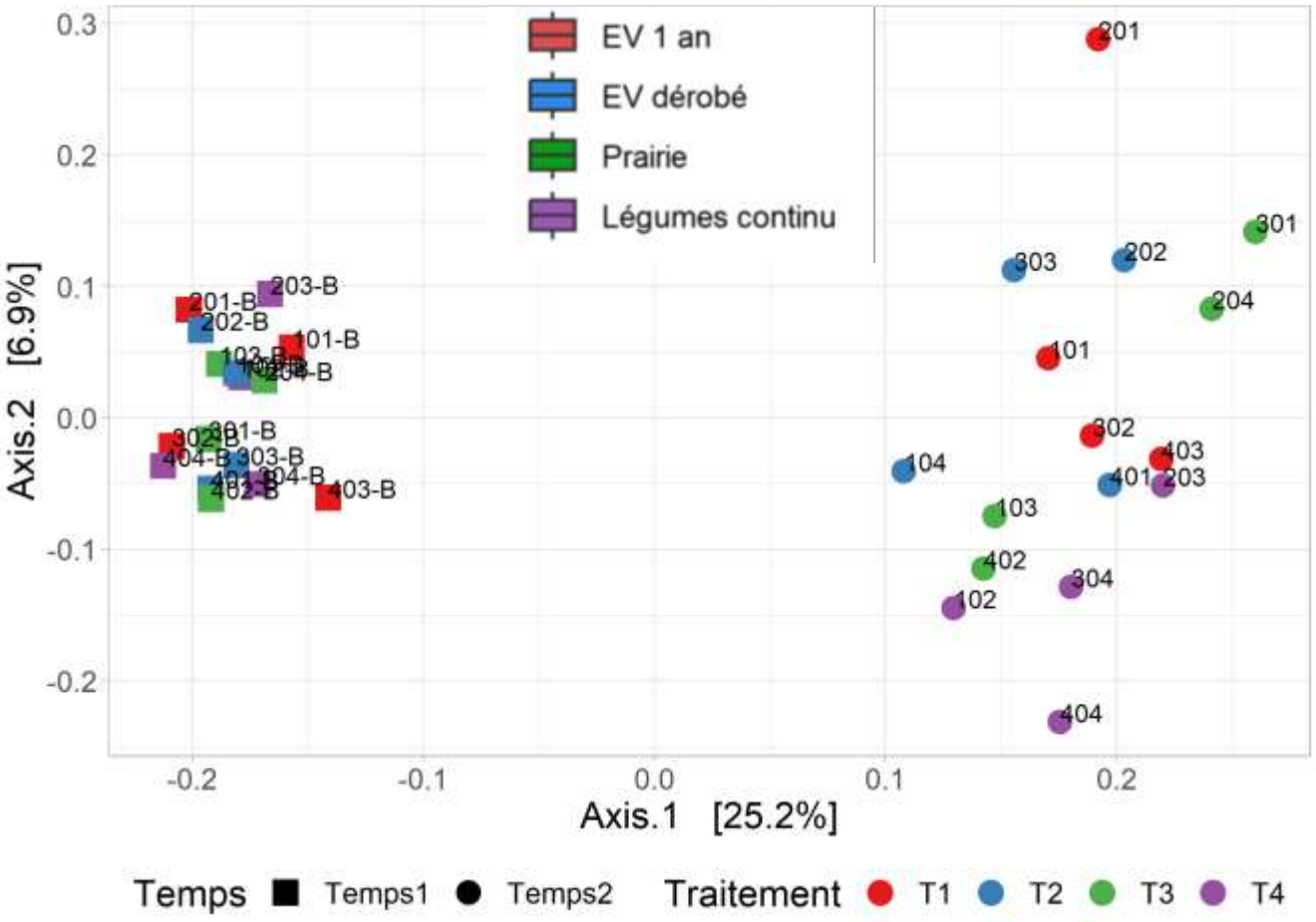
- ✓ *Effet bref de l'EV à l'INAB (sable loameux, témoin avec occultation)*
- ✓ *Effet marqué et persistant à la FCS (loam sableux, témoin sans occultation)*
- ✓ *Tendance similaire pour les agrégats de 1-2 mm*

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

SANTÉ DES SOLS

Engrais verts en rotation

Bactéries: Diversité beta



Tiré des analyses métagénomiques réalisées par le LEM-IRDA

- ✓ *Ordination: plus les points sont proches, plus ils sont similaires en terme d'espèces microbiennes présentes;*
- ✓ *Échantillonnage au stade 10-12 feuilles du brocoli: effet persistant de l'EV (effet sur la diversité beta à valider statistiquement).*

Abondance absolue

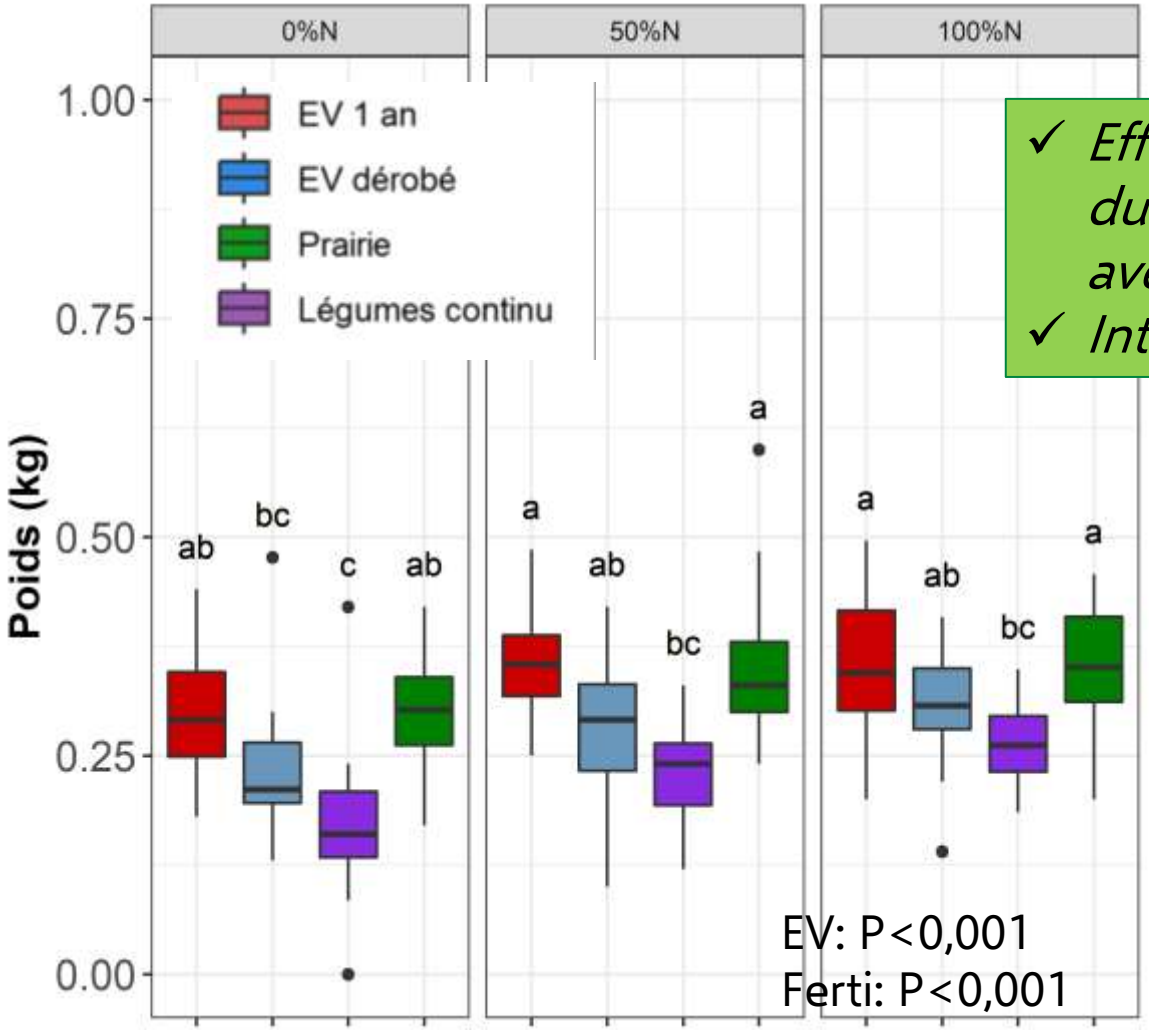
Traitement	Bactéries (copie 16S/g sol sec)
EV 1 an	6,48E+09 ab
EV dérobé	7,38E+09 a
Prairie	6,38E+09 ab
Légumes continu	5,61E+09 b
P	0,02

CETAB+ CÉGEP DE VICTORIAVILLE

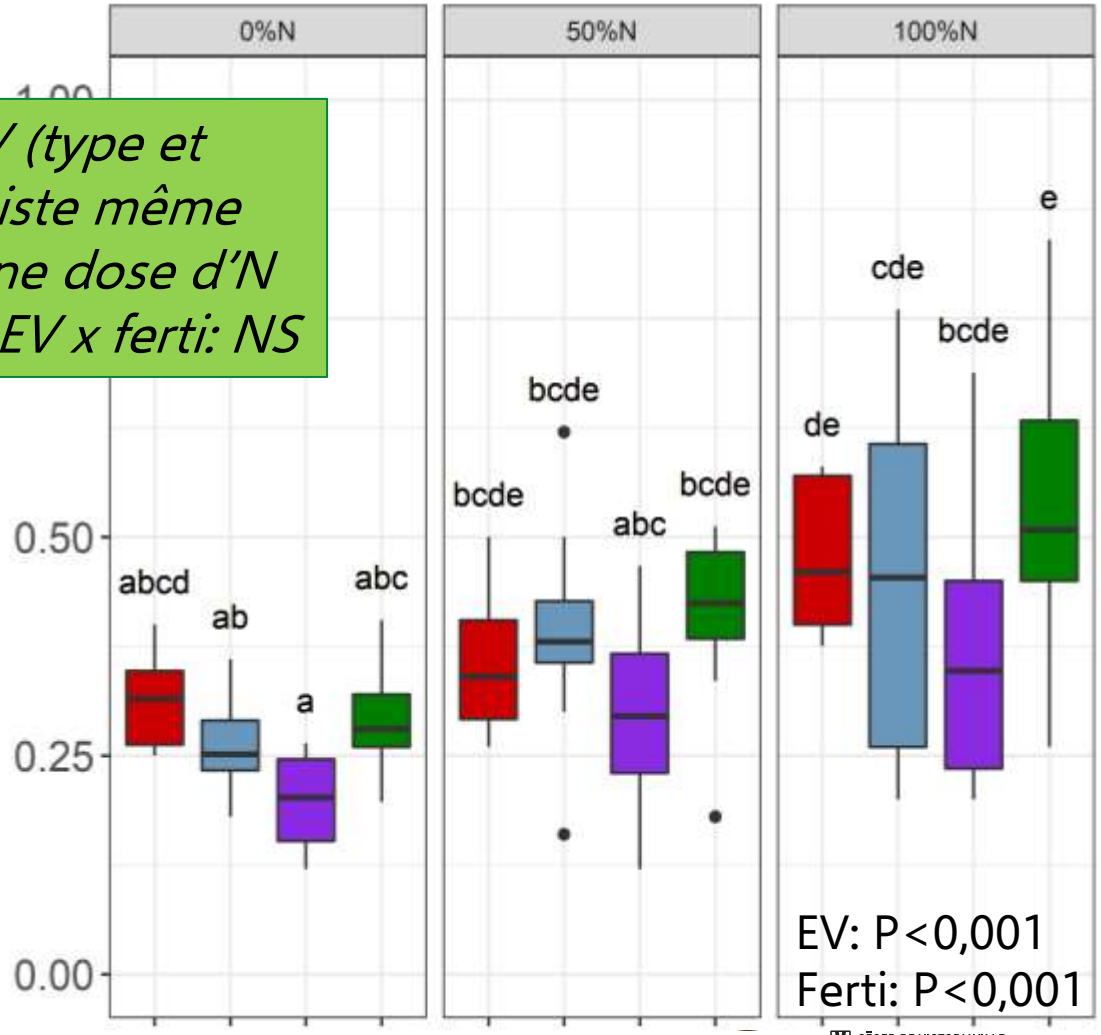
POIDS UNITAIRE DES BROCOLIS

Engrais verts en rotation

INAB



Ferme Croque-Saisons



- ✓ *Effet de l'EV (type et durée) persiste même avec la pleine dose d'N*
- ✓ *Interaction EV x ferti: NS*

SUITE

- Connu de la littérature: les prairies augmentent les taux de carbone organique et l'azote total du sol (Forest-Drolet, 2020)
  - Mais études avec prairie de 5-10 + ans

- Courte prairie (1,5 ans) et EV ont aussi un effet sur:
  - Stabilité des agrégats (moins pour les sols très sableux)
  - Communauté microbienne du sol
  - Rendement des cultures

- Gestion de la prairie en contexte maraîcher et sur planche permanente
  - Semis, destruction
- Culture en bandes: légumes cultivés sous EV;

Photo Ferme Croque-Saisons, 2020

LES ENGRAIS VERTS DÉPLACÉS

Récolter et déplacer une biomasse d'EV pour fertiliser une parcelle en culture:

Cultiver l'EV

Faucher

(Andainer), Récolter

(Broyer)

Appliquer

+	-
Espace limité pour la culture légumière	Réussir son EV
Contrôle la quantité d'EV appliquée	Équipement adapté
Contrôle le moment d'application	Ne contrôle pas le moment d'application

- ✓ *EV en rotation: système et exsudats racinaires!*
- ✓ *+ que l'effet fertilisant: santé des sols, briser le cycle des maladies, etc.*
- ✓ *EV déplacés: plus que l'effet fertilisant?*

CETAB+

CÉGEP DE VICTORIAVILLE

LE PROJET

Développer une stratégie de fertilisation basée sur l'utilisation d'engrais verts déplacés permettant de fournir l'azote nécessaire aux légumes tout en limitant l'apport en phosphore.

Engrais verts (EV) :

Trèfle rouge

Prairie mixte

Ensilage prairie mixte

Vesce velue (2021)

Témoins:

Fum. granulé poule

Aucune fertilisation

TE

Doses:

Végétale	75 kg/ha N dispo
	150 kg/ha N dispo
Mixte	150 kg/ha N dispo (75EV_75AC)

SANTÉ DES SOLS

Engrais verts déplacés

Santé globale des sols (AgroEnviroLab)

Traitement	Respiration Solvita (CO_2)	Azote labile	Carbone actif	Santé globale des sols
	ppm	ppm	ppm	/100
150 kg N/ha FGP	66,4 ab	348,6	1086,37	70 ab
150 kg N/ha Prairie	75,78 b	372,4	1119,58	71,25 b
Témoin	53,98 a	302,4	1047,18	62,5 a

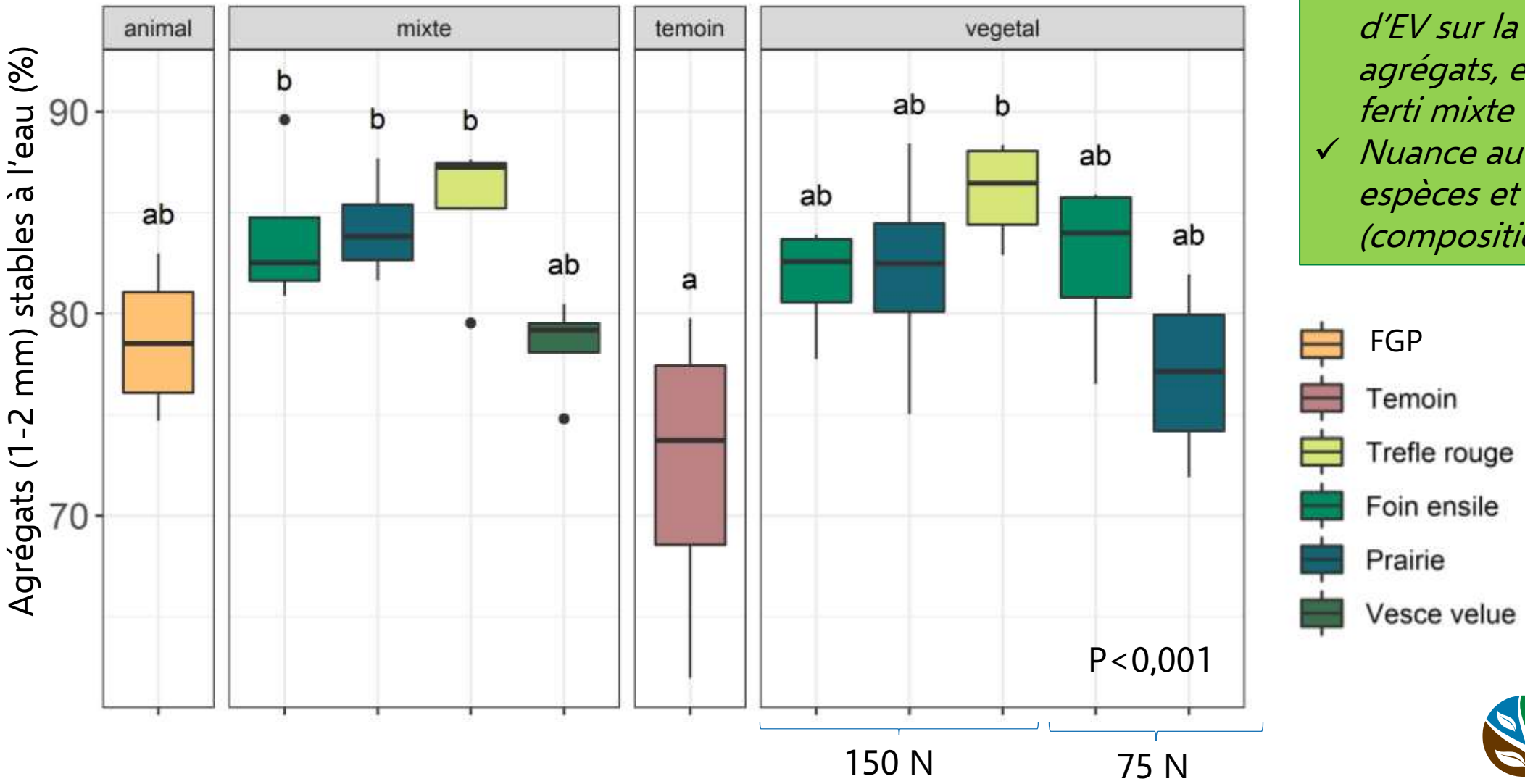
- ✓ *Échantillonnage au stade 10-12 feuilles du chou-fleur;*
- ✓ *Effet bénéfique significatif de l'ajout d'EV déporté sur la respiration microbienne et l'indice SGS, en comparaison du témoin;*
- ✓ *Tendance d'un effet bénéfique supérieur pour la fertilisation avec EV en comparaison aux FGP.*

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

SANTÉ DES SOLS

Engrais verts déplacés

Stabilité des agrégats



- ✓ *Effet bénéfique de l'apport d'EV sur la stabilité des agrégats, en pure ou en ferti mixte*
- ✓ *Nuance au niveau des espèces et mélanges (composition chimique?)*

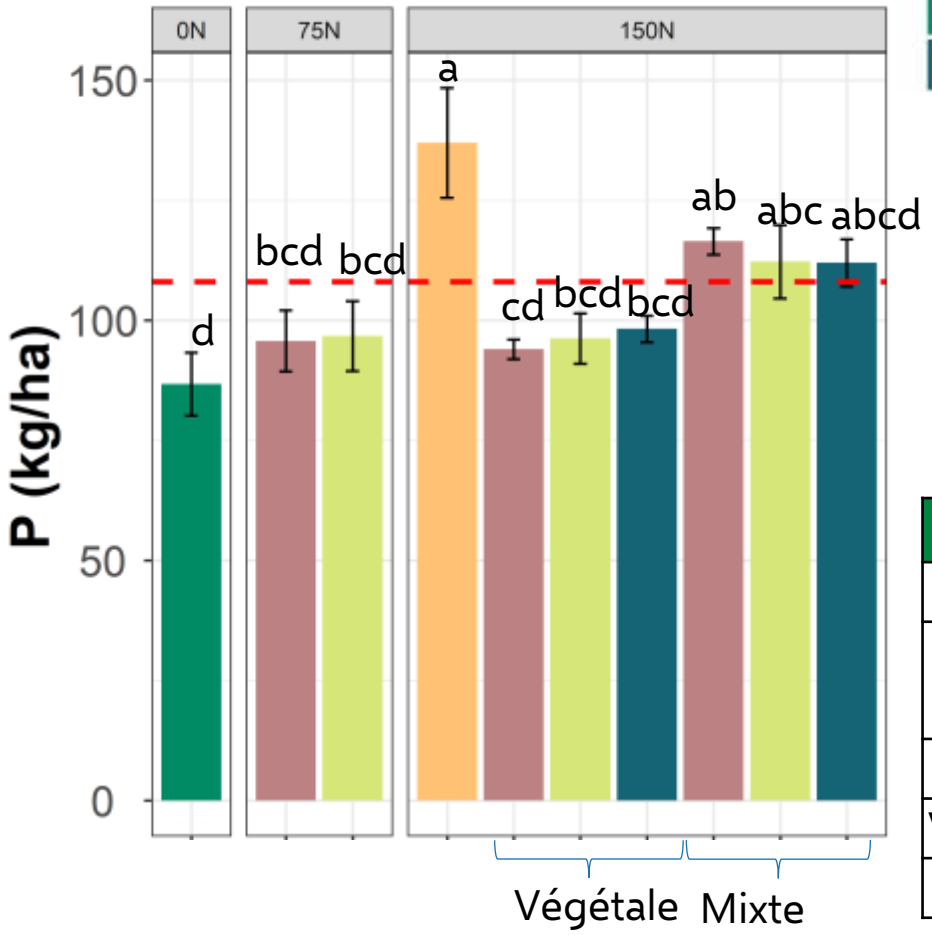
CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

PHOSPHORE ET POTASSIUM

Engrais verts déplacés

Échantillonnage post-récolte

Phosphore (2021)

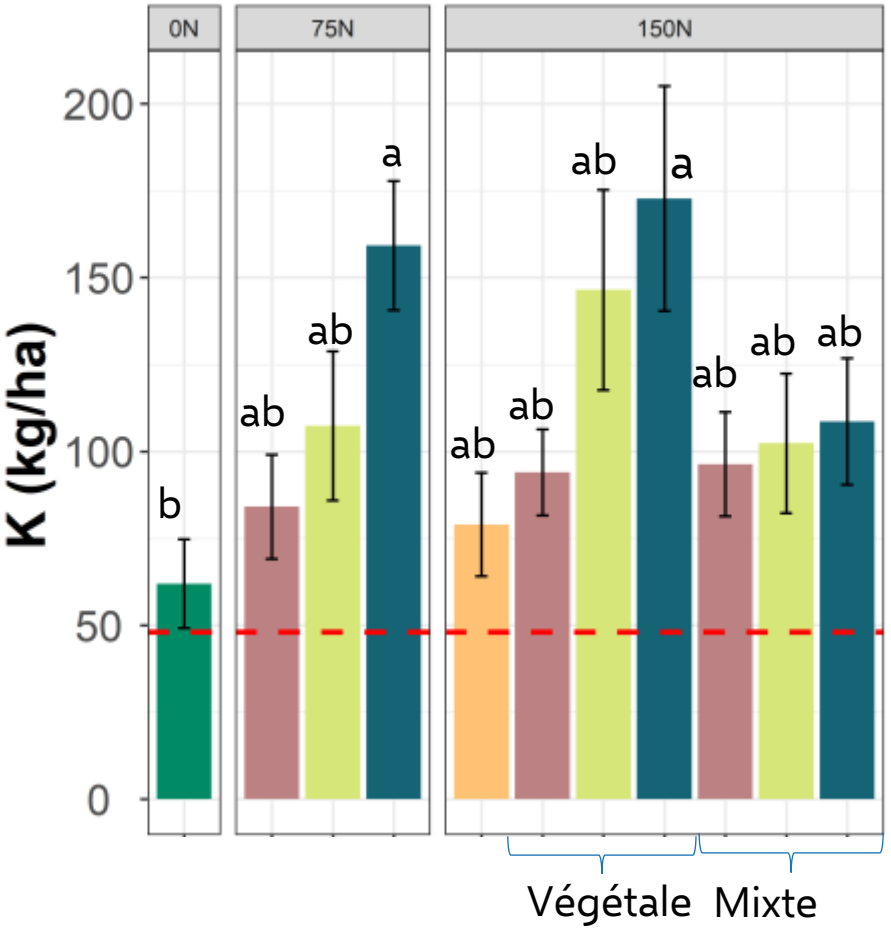


- ✓ *Diminution du P sous ferti 100% végé*
- ✓ *100% légumineuse et 100% végé: apport important en K*

Analyse foliaire

EV	P	K
Prairie	0,3	2,3
Trèfle rouge	0,2	2,7
Foin ensilé	0,3	2,1
Vesce velue	0,4	3
FGP	3	2

Potassium (20-2021)



EN BREF

- EV déplacé : potentiel fertilisant intéressant et support à l'amélioration de la santé des sols;
- EV+100% fertilisation=enjeu agroenvironnemental ?

- Besoins:
  - *Développement d'outils adaptés*
  - *Développement de variétés adaptées*

- Dimension économique: viendra nuancer les résultats et le potentiel d'adoption des pratiques.

- Projet de recherche 2023: fertilisation végétale en serre
  - *Effet sur le microbiote du sol*
  - *Bilan de l'azote (lessivage, GES, efficacité d'utilisation)*
  - *Effet sur la productivité des cultures*

TRAVAIL DE SOL RÉDUIT (TSR)

Effets démontrés mais parfois mitigés sur les propriétés physiques et biologiques du sol

- ↗ Macroporosité (Méta-analyse: Liu et al. 2021)
- ↗ Vie microbienne (biomasse microbienne et activités enzymatiques) (Méta-analyse: Zuber et Villamil, 2016)
- ↗ Vers de terre (anéciques)
- ? Infiltration d'eau
- ? Séquestration du carbone

Travail de sol

Critique adressée à l'agriculture bio

Agriculture bio vs agriculture régénératrice

Mal nécessaire?

- Minéralisation de la matière organique
- Incorporation des matières fertilisantes et des résidus
- Destruction des CC
- Préparation d'un lit de semences uniforme
- Sarclage

Défis additionnels au maraîchage

- Contexte semi-mécanisé
- Système diversifié
- Peu d'outils adaptés (semoirs et transplanteurs)
- Outils coûteux

CETAB+

LE PROJET

Paillage et non-travail de sol

Comparer une régie avec non-travail de sol et paillis organique à une régie avec TS sans paillage, en production maraîchère bio.

2 sites: INAB et ferme Bibeau

Traitement principal: type de paillis

- Feuilles caduques
- Broyat de branches
- Foin ensilé
- Paille de panic érigé
- Sans paillis

} Sans travail de sol

Traitement secondaire ('split plot'):

ajout de fertilisation sous forme de fumier granulé poule (0%-50%-100% des besoins de la culture)

2020

Laitue transplantée
Cv Muir

2021

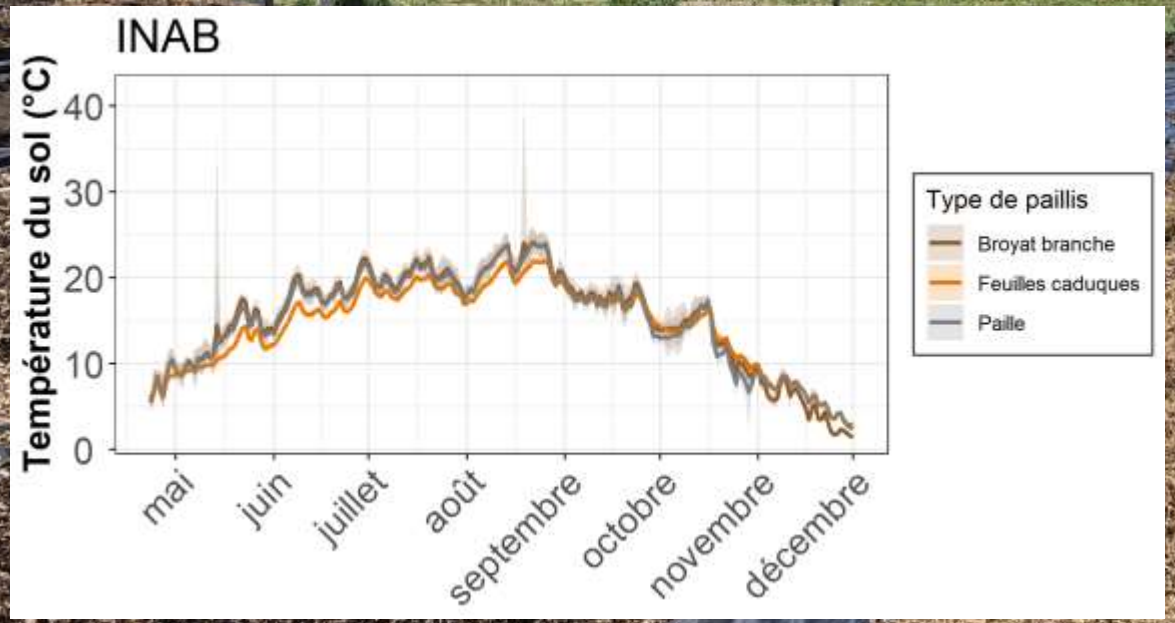
Ail
Cv Music et Messidor

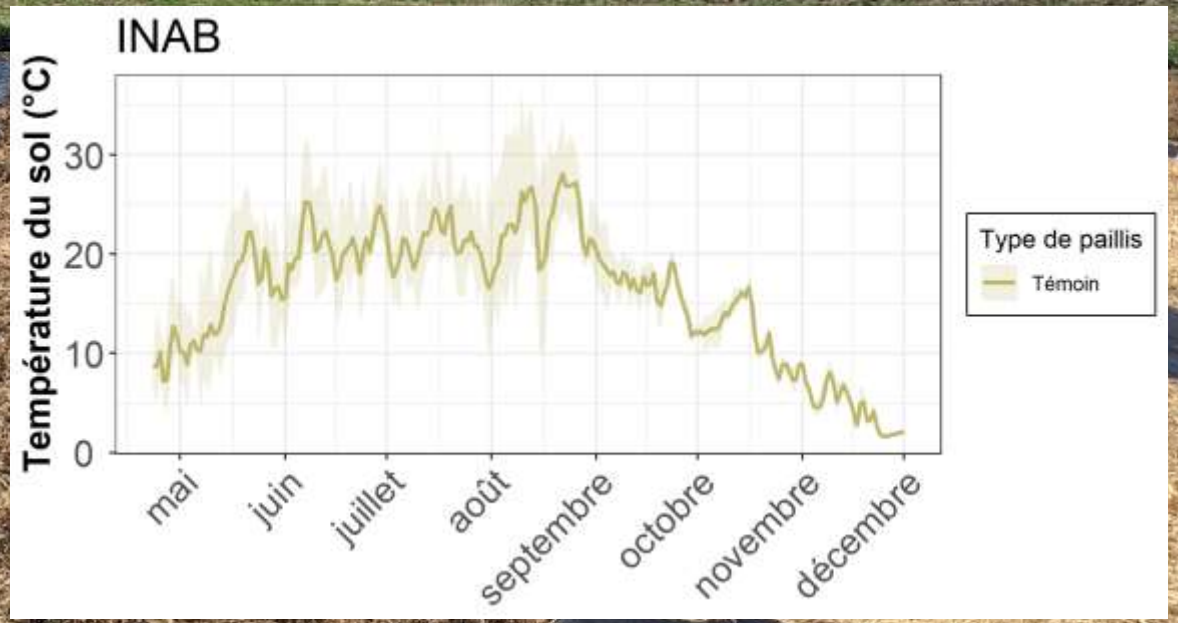
2022

Brocoli transplanté
Cv Imperial

TEMPÉRATURE DU SOL

Paillage et non-travail de sol





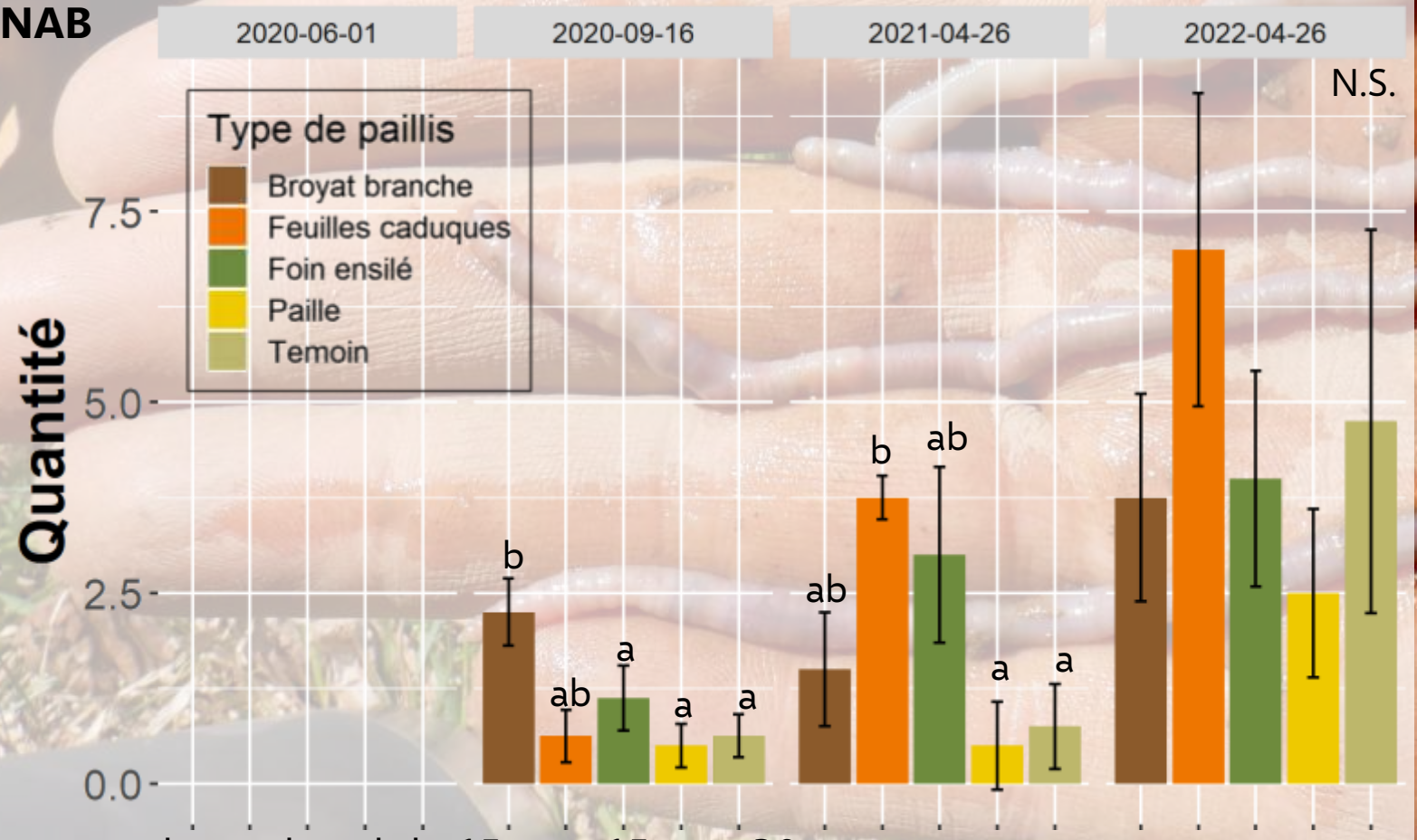
- ✓ *L'utilisation de paillis permet de tempérer les températures extrêmes et de diminuer les variations min max journalières*
- ✓ *Risque de garder le sol trop froid (ex. primeur 2022)*

CETAB+

VERS DE TERRE

Paillage et non-travail de sol

INAB



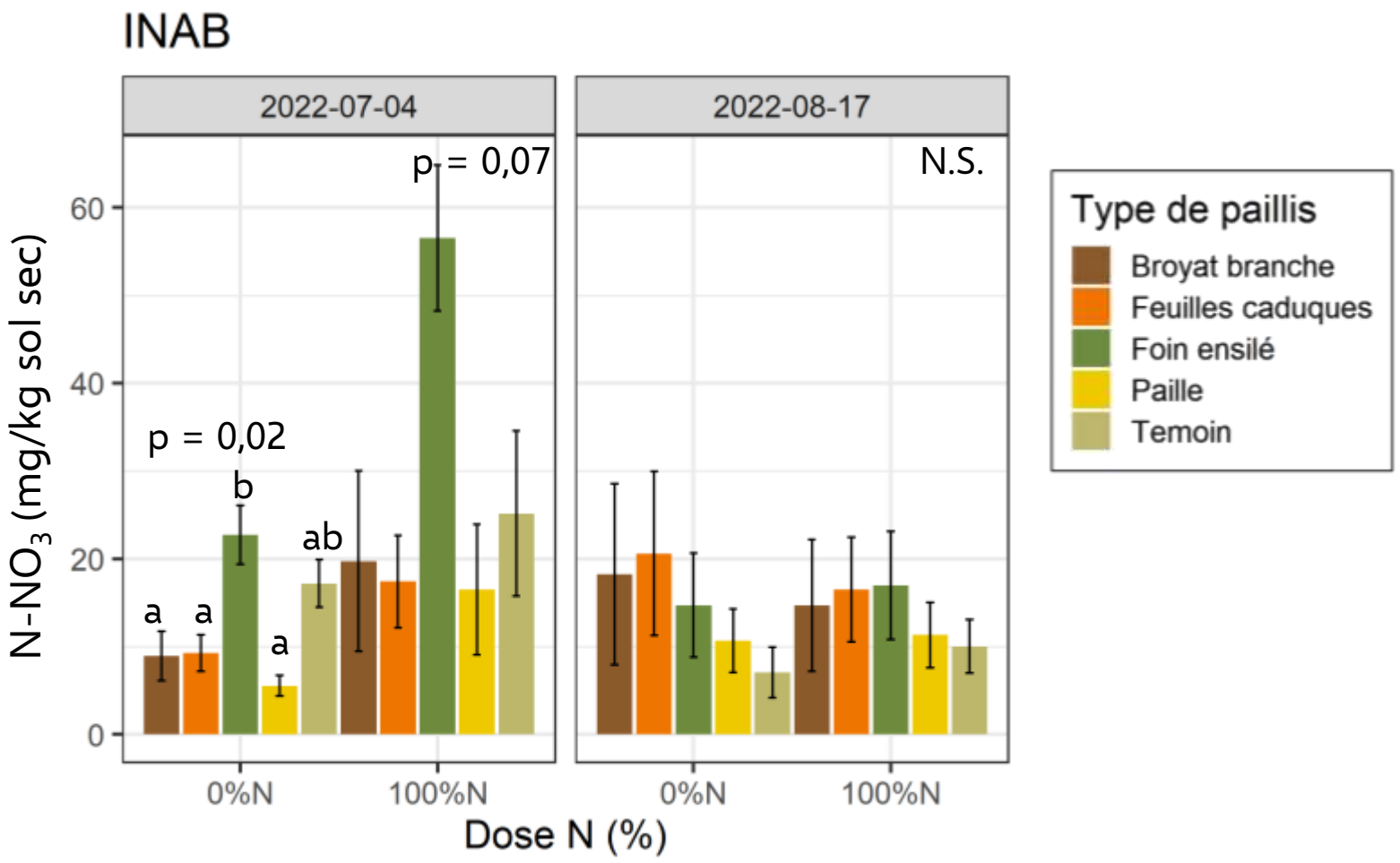
Pour un volume de sol de 15cm x 15cm x 30cm

- ✓ *10 VDT/30cm2 =4,5M VDT /ha (30 cm profond)*
- ✓ *↗ généralisée du nombre de vers de terre au fil des années (distance parcourue par les VDT vs espacement entre les parcelles)*
- ✓ *En général, effet positif des paillis et TSR sur l'abondance de VDT*
- ✓ *Tendance paille: moins VDT*
- ✓ *Faible pop. Anécique. Tendance paillis > témoin*

CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

AZOTE MINÉRAL DU SOL

Teneur en nitrate dans le sol (0-15 cm)

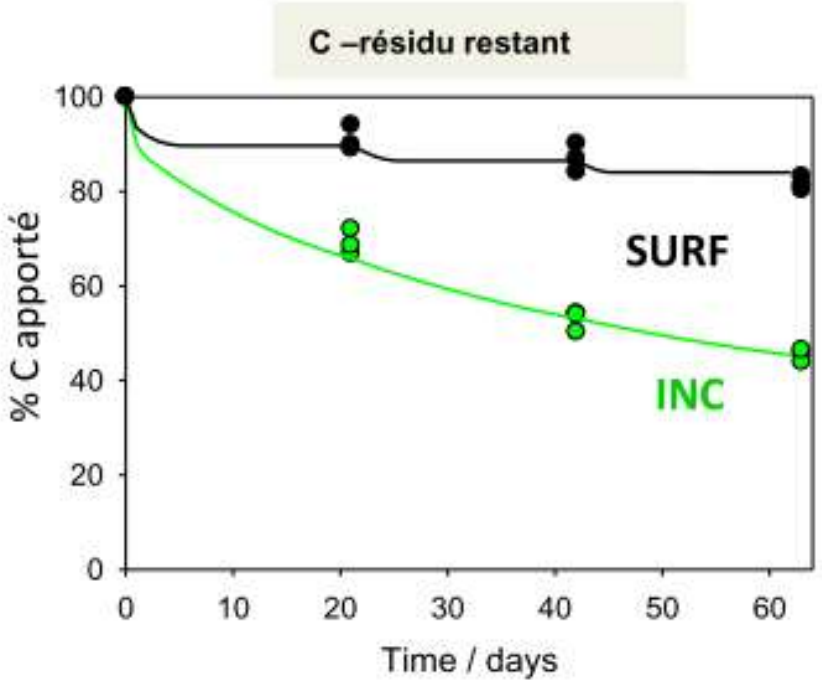


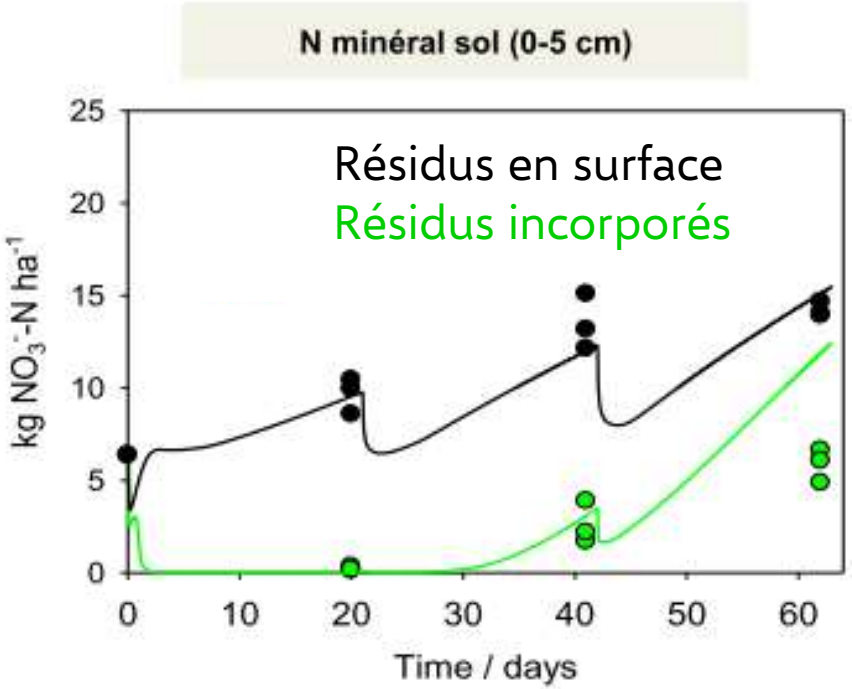
- ✓ *En cours de saison: Foin ensilé> témoin > autres paillis.*
- ✓ *Aucune différence en post-récolte (lessivage?)*

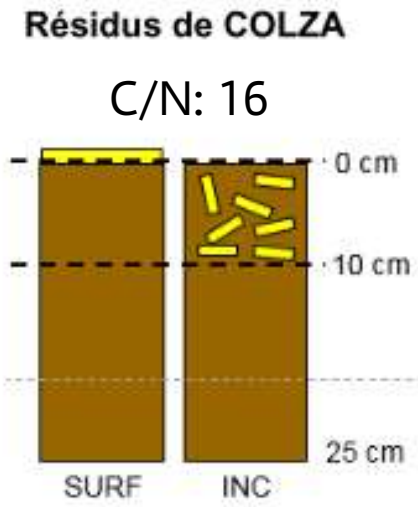
CETAB+
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

FERTILISER AVEC LES PAILLIS?

Paillage et non-travail de sol







- ✓ *Décomposition du résidu (C): incorporé > surface*
- ✓ *Accumulation de nitrate dans le sol : surface > incorporé*
  - ✓ *Pourquoi? Moins d'immobilisation en surface car les microorganismes n'ont pas accès au C du résidu*
  - ✓ *↗ risques de lessivage, mais intéressant pour l'aspect fertilisant*

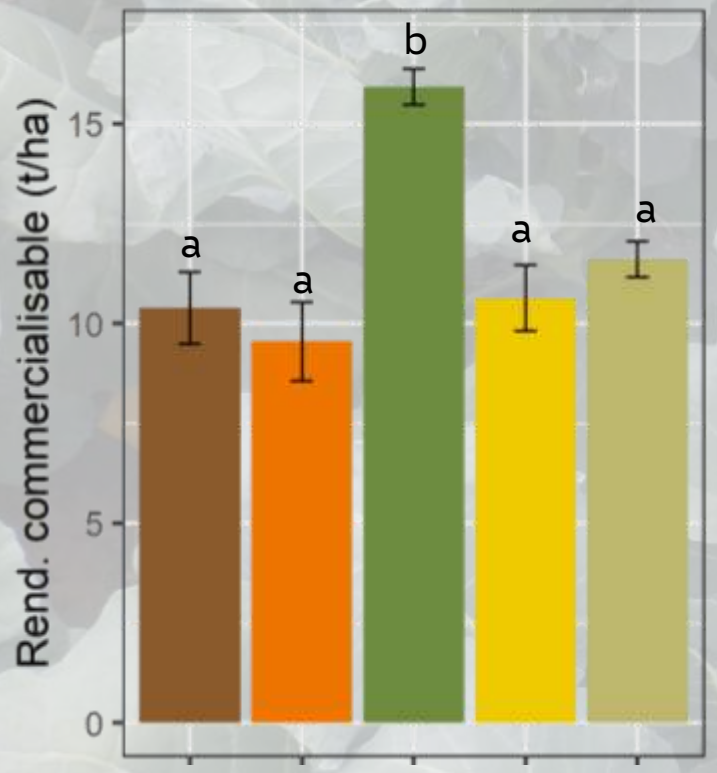
Figures tirées de: Recous, 2020 et Coppens et al., 2007

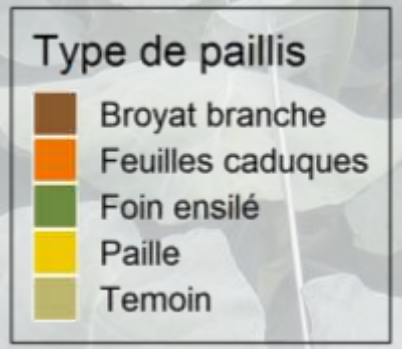
CETAB
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

RENDEMENT EN LÉGUMES

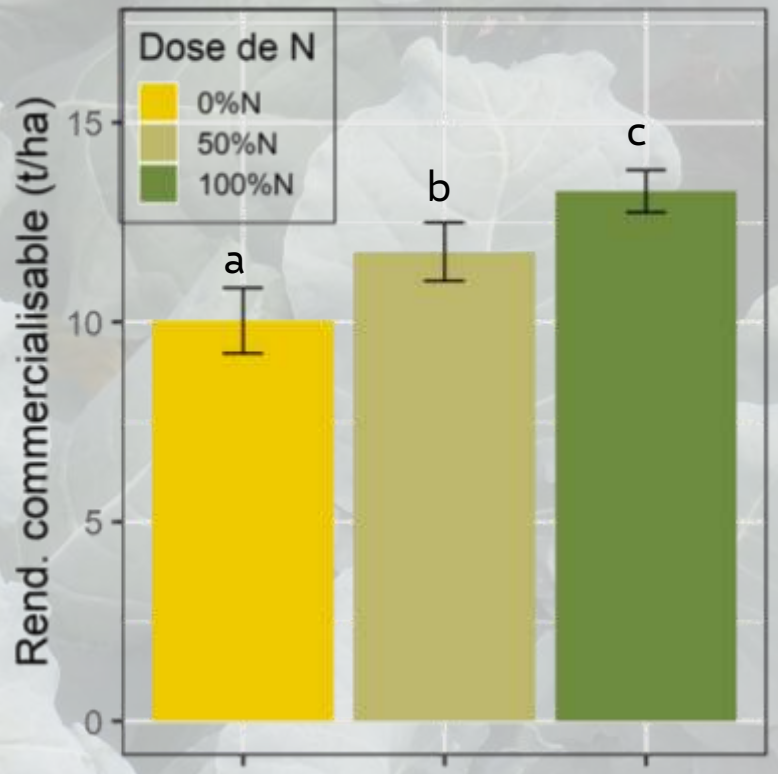
Paillage et non-travail de sol

Brocoli





Paillis: p < 0,0001
Dose N: p < 0,0001
Paillis x dose N: N.S.



- ✓ *100%N: 150 kg d'N disponible à l'hectare (fumier de poulet granulé, CMN 85%)*
- ✓ *Effet du paillage et du NTS n'est pas néfaste à la culture lorsque le N n'est pas limité*
- ✓ *Fertilisation d'appoint augmente le rend. même pour paillis de foin ensilé, problème de synchronisation de la minéralisation du N?*

CONCLUSION ET SUITE

- Culture sous paillis et NTS: méthode intéressante lorsque le N n'est pas limité
  - *↗ population générale de vers de terre*
  - *Maintien ou amélioration du rend. en légumes*
  - *Gestion assez efficaces des MH*
  - *Autres paramètres de santé des sols?*
  - *Faisabilité technique?*
- Paillis multicouches
  - *Couche labile en dessous et carbonée au dessus*
  - *CC roulé + paille*
- Développement d'itinéraires permettant le semis direct
- Gestion des CC avec l'occultation et la solarisation

MERCI!

Projet sur les engrais verts et la prairie en rotation de culture en production maraîchère:

- L'**équipe du CETAB+:** Jean-Baptiste Milesi, Stéphanie Duranceau, Denis La France, Jorge Monerris, Manon Verville, Claudia Thibodeau, Mathieu Picard-Flibotte et tous les étudiants stagiaires.
- **Ferme Croque-Saisons**
- **Ferme du Coq à l'Âne de Bury**

Ce projet a été réalisé en vertu du sous-volet 3.1 du programme Prime-Vert 2018-2023

Projet sur les engrais verts déplacés en production maraîchère:

- L'**équipe du CETAB+:** idem

Ce projet a été réalisé en vertu du sous-volet 3.1 du programme Prime-Vert 2018-2023

Travail de sol réduit et paillage:

- L'équipe du CETAB+: idem
- **Ferme Bibeau**
- **Ferme Croque-Saisons**
- **Ferme Vallée des Prairies**
- **Ferme Bonté de la Vallée**

Ce projet a été réalisé en vertu du programme PART-IT du MES

CETAB+

Photo Ferme du Coq à l'âne de Bury, 2020

RÉFÉRENCES

- Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, V., Smith, L., Ramankutty, N., & Nesme, T. (2021). Global option space for organic agriculture is Delimited By Nitrogen Availability. *Nature Food*, *2*.
- Dion, P. P., Jeanne, T., Thériault, M., Hogue, R., Pepin, S., & Dorais, M. (2020). Nitrogen release from five organic fertilizers commonly used in greenhouse organic horticulture with contrasting effects on bacterial communities. *Canadian Journal of Soil Science*, *100*(2), 120–135.
- Giard-Laliberté, C., Breune, I. 2021. Essais variétaux d'engrais verts: bilan des essais 2020. Rapport final. Projet PART-IT. Disponible sur: https://cetab.bio/publications/
- Grzyb, A., Wolna-Maruwka, A., & Niewiadomska, A. (2021). The significance of microbial transformation of nitrogen compounds in the light of integrated crop management. *Agronomy*, *11*(7).
- Vanasse, A. 2017. Méta-analyse sur la contribution des cultures de couverture à la dynamique de l'azote, à la qualité des sols et aux rendements des grandes cultures. Rapport final projet Innov'Action IA214152. 68 p.
- Capowiez, Y., Cadoux, S., Bouchant, P., Ruy, S., Roger-Estrade, J., Richard, G., & Boizard, H. (2009). The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. *Soil and Tillage Research*, *105*(2), 209–216. https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.002
- Coppens, F., Garnier, P., Findeling, A., Merckx, R., & Recous, S. (2007). Decomposition of mulched versus incorporated crop residues: Modelling with PASTIS clarifies interactions between residue quality and location. Soil Biology and Biochemistry, 39(9), 2339–2350. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.04.005
- Iqbal, A., Beaugrand, J., Garnier, P., & Recous, S. (2013). Tissue density determines the water storage characteristics of crop residues. *Plant and Soil*, *367*(1–2), 285–299. https://doi.org/10.1007/s11104-012-1460-8
- Liu, X., Wu, X., Liang, G., Zheng, F., Zhang, M., & Li, S. (2021). A global meta-analysis of the impacts of no-tillage on soil aggregation and aggregate-associated organic carbon. *Land Degradation and Development*, *32*(18), 5292–5305. https://doi.org/10.1002/ldr.4109
- Recous, S. 2020. Quels rôles ont les paillis végétaux de surface sur les cycles du carbone et de l'azote dans le sol? Webinaire AFES. 16 Janvier 2020. Disponible en ligne.
- Zuber, S. M., & Villamil, M. B. (2016). Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, *97*, 176–187. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.011

CETAB+

CÉGEP DE VICTORIAVILLE

RÉGIE DE CULTURE

INAB

Loam sableux série de sol Fourchette (MO: 6,6%)

Travail de sol initial (2020)

- Formation de planches permanentes
- Herse à disques, cultibutte, vibroplanche

Application des paillis

- Qté basée sur l'épaisseur et non le poids, afin d'uniformiser l'effet sur le contrôle des MH.
- 10 cm d'épaisseur

Fertilisation

- Initiale (tous-2020) : 25 T/ha fumier de bovins composté (7 kg/t d'N)
- D'appoint (traitement split): en bande sous les paillis (au printemps)

Irrigation

- Système goutte à goutte dans les témoins
- Système par aspersion au besoin pour l'ensemble du dispositif

Témoin

- 25 T/ha fumier de bovin composté (7 kg/t d'N) en 2021
- EV en dérobé après toutes les cultures.