



INSTITUT DE RECHERCHE  
ET DE DÉVELOPPEMENT  
EN AGROENVIRONNEMENT

Journées St-Rémi  
8 déc. 2022

# Essais de synchronisation des apports d'azote par les engrais verts fauchés- récoltés en culture biologique du maïs

Présenté par: Christine Landry agr., biol. Ph.D.

*Chercheure en fertilisation et valorisation des biomasses*

*Co-auteurs: Julie Mainguy, Mylène Marchand-Roy, Aurélie Demers et  
Maude Langelier.*

## ■ Producteur

- Marial Morin, Ferme Morinnal senc.

## ■ Réseau de lutte intégrée de Bellechasse

- Denis Giroux, agr.

## ■ MAPAQ

- Jonathan Roy, agr., DRCA
- Véronique Samson, agr., MAPAQ

## ■ Financement

- Programme PADAAR
- Programme Prime-vert volet 3.1

## ■ IRDA

- Techniciens, ouvriers agricoles, stagiaires



- Hausse de la transition vers la production biologique
- Au Québec, producteurs en grandes cultures bio (fourrages exclus):
  - 2012: 323 prod. (23 511 ha)
  - 2018: 519 prod. (40 558 ha)(Gouvernement du Québec, 2020)

- Politique bioalimentaire du QC (2018):  
(Gouvernement du Québec, 2018)



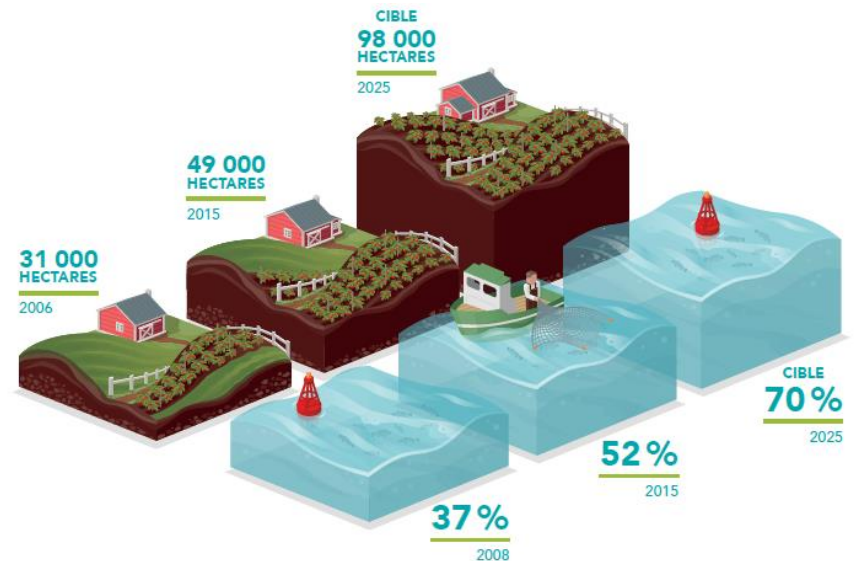
**Grandes cultures (2020) :**  
**40 312 hectares** de cultures

(Agri réseau, 2022)

**Toutes production (2022) :**  
**98 400 hectares** de cultures

(<https://www.quebec.ca>, 2022)

## DOUBLER LA SUPERFICIE EN PRODUCTION BIOLOGIQUE



# Le maïs en régie biologique

## Défis

- Maximiser l'apport en azote efficace ( $N_{\text{eff}}$ ) + bon moment
- Apport en phosphore total ( $P_{\text{tot}}$ ) équilibré

1) Recours aux engrais de ferme (EF) : ratio  $N_{\text{eff}}/P_{\text{tot}}$  faible

2) Engrais verts: ?? valeur fertilisante et dynamique de production  $\text{NO}_3$  ??



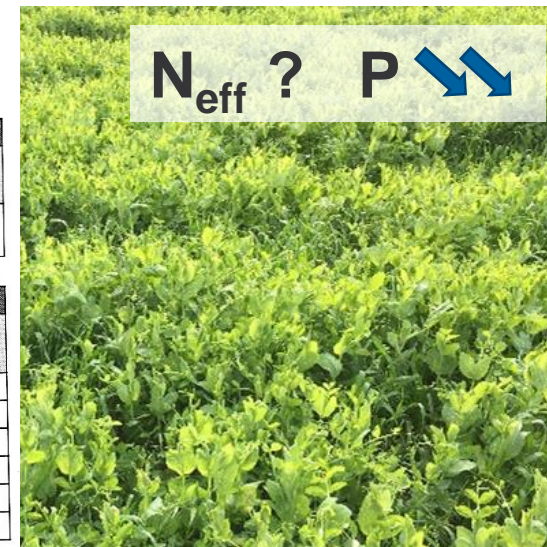
MAÏS-GRAIN - 2010

(CRAAQ 2010)

pH adéquat : 5,8-7,0

AZOTE (N)	
Temps et mode d'apport	Recommandation (kg N/ha)
Selon la zone climatique et les textures de sol dont 30 à 50 kg/ha en bande au semis	120-170

PHOSPHORE (P)	
Analyse ISP <sup>1</sup> (%)	Recommandation <sup>2</sup> (kg $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha)
0-2,5	80
2,6-5,0	60
5,1-10,0	40
10,1-15,0	20
15,1-20,0	0-20
20,1 et +	0



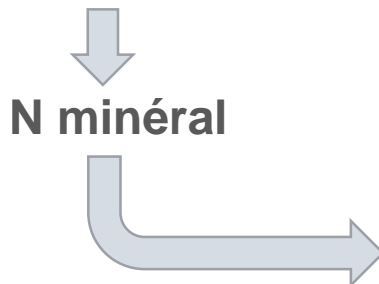




- Part de  $N_{\min}$
- Coefficients d'efficacité (CE) et pertes = valeurs références

(CRAAQ 2010)

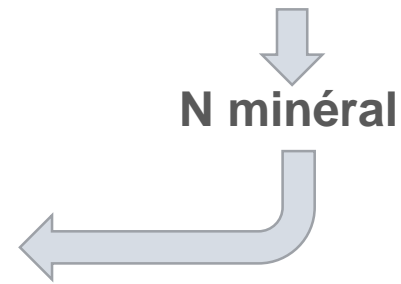
- ✓ Types (compost, lisier, fumier)
- ✓  $N_{\min}$  et  $N_{\text{org}}$
- ✓ Ratio C/N
- ✓ Mode et période
- ✓ Type de sol et de culture



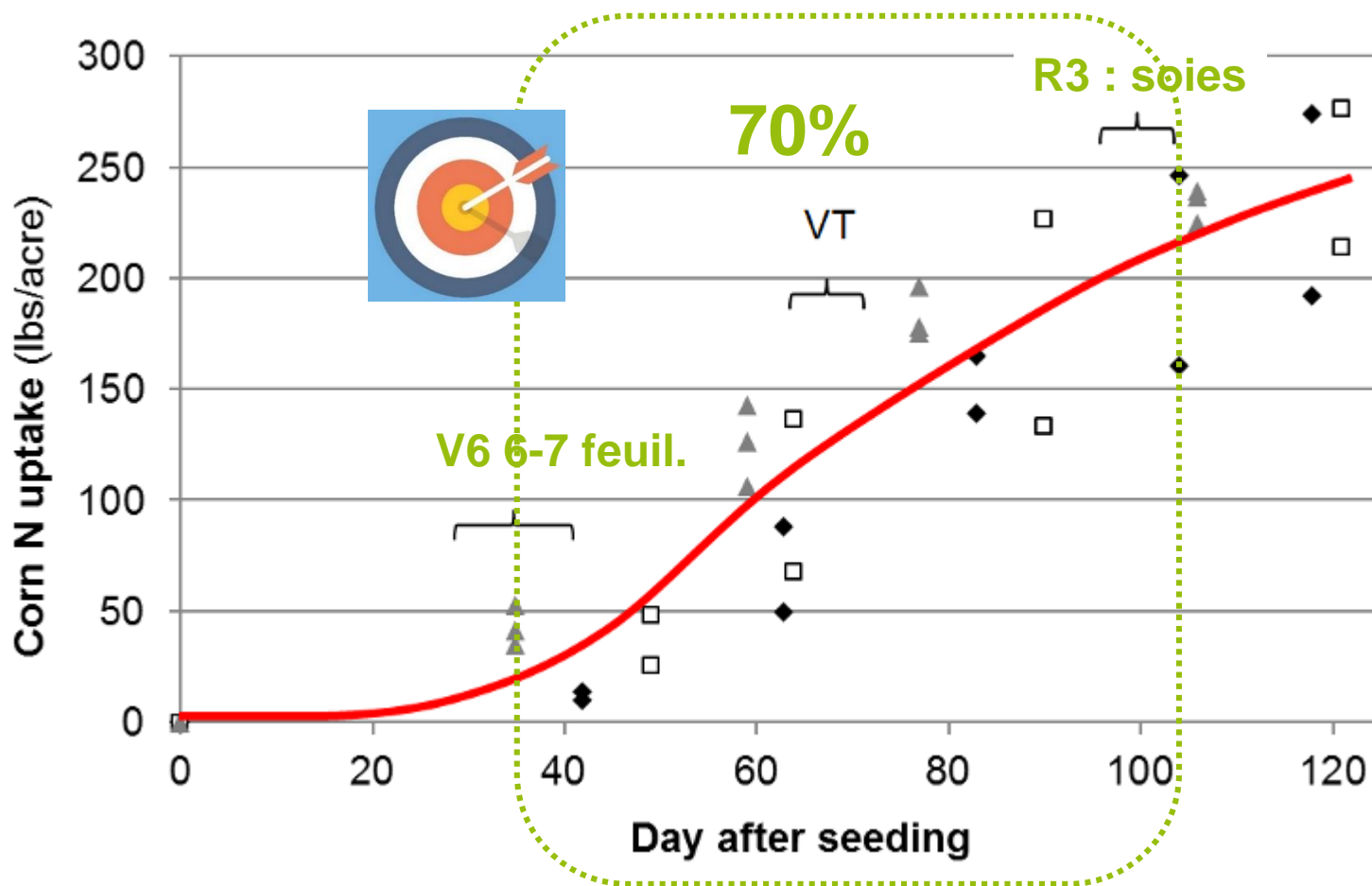
Absorption

- Près de 100%  $N_{\text{org}}$
- Pas de CE officiels

- ? Espèces (lég. vs graminées)
- ? Maturité (stade)
- ? Ratio C/N, % N tissus
- ? Mode et période
- ? Type de sol et de culture



# Pic de besoins en N du maïs



Prélèvement en N du maïs selon le nombre de jours après semis.

# Plusieurs avantages des l'EV<sub>fr</sub>

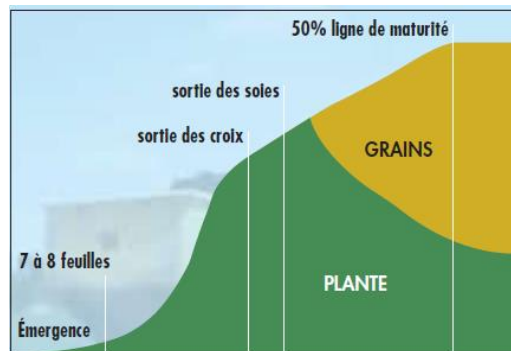
**Polyvalence**



**Santé des sols**



**Synchronisation**





# Synchronisation des apports vs prélèvement

A PACIFIC NORTHWEST EXTENSION PUBLICATION

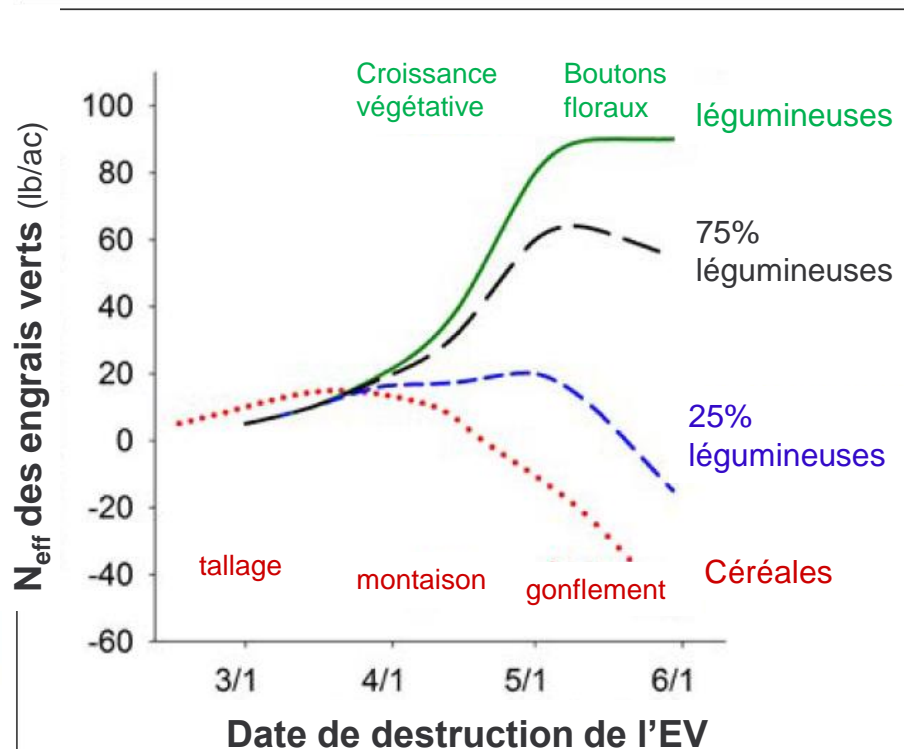
## Estimating Plant-Available Nitrogen Release From Cover Crops

D.M. Sullivan, N. Andrews and L.J. Brewer

August 2020



(<https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/pnw636.pdf>)



Effet de la date de destruction de l'EV sur la production de  $N_{\text{eff}}$  vs type EV.

- Les EV se décomposent rapidement : la majorité du  $N_{\text{eff}}$  est produit dans les 4-6 semaines suivant l'incorporation.



- Étude de 2018 : Mesure du relâchement de  $N_{\text{eff}}$  de divers EF et EV dans la culture du maïs-grain biologique (Montérégie). (Côté et coll. 2018)

## Automne 2014

---

~ 50 kg  $N_{\text{eff}}$  /ha  
(175 kg  $N_{\text{tot}}$  /ha)

~ 100  $N_{\text{eff}}$  /ha  
(175 kg  $N_{\text{tot}}$  /ha)

## Été 2015

---

~ 100  $N_{\text{eff}}$  /ha  
(130 kg  $N_{\text{tot}}$  /ha)

Trèfle incarnat



Fumier de bovin



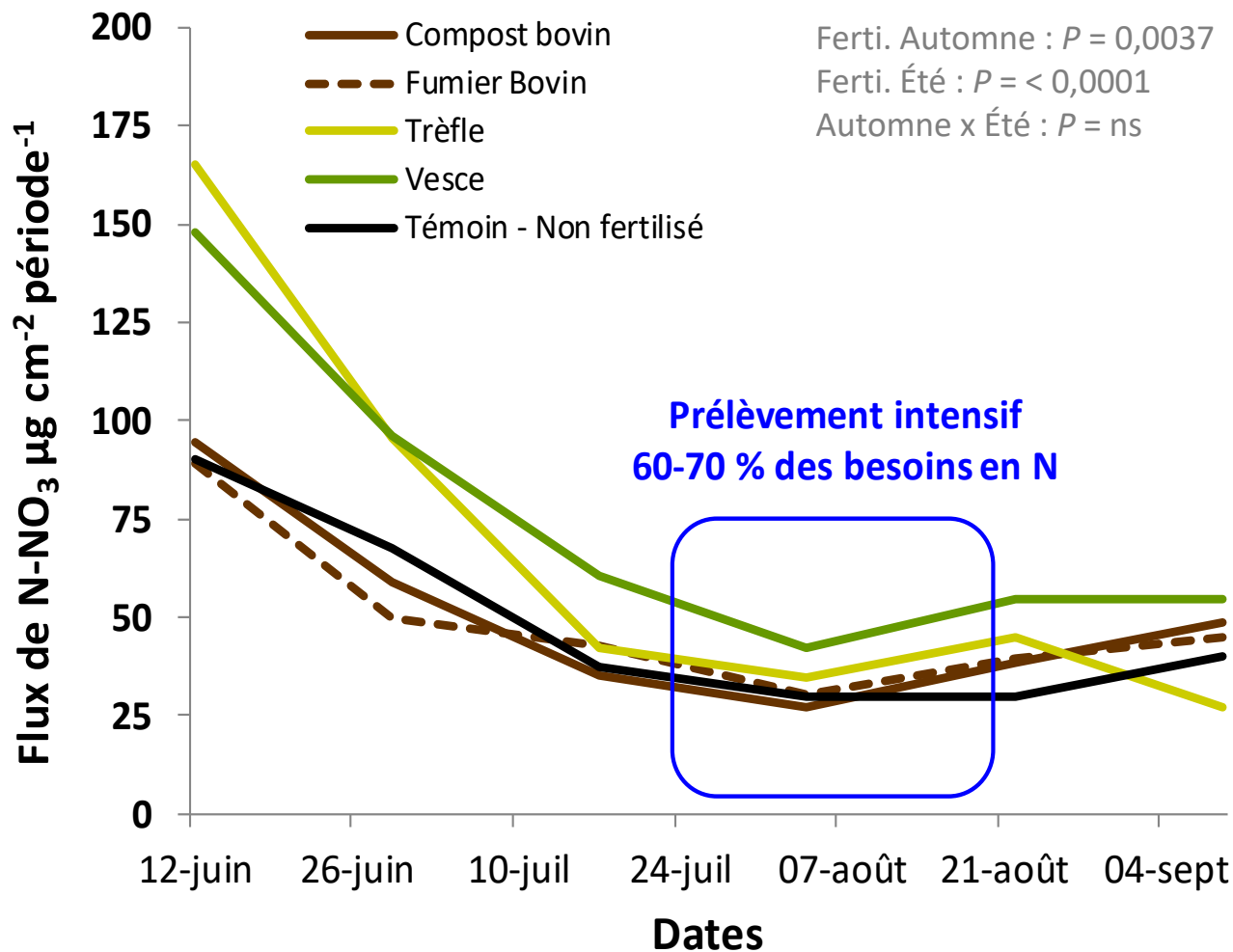
Vesce velue



Compost fumier de bovin



# Impact de la période d'incorporation

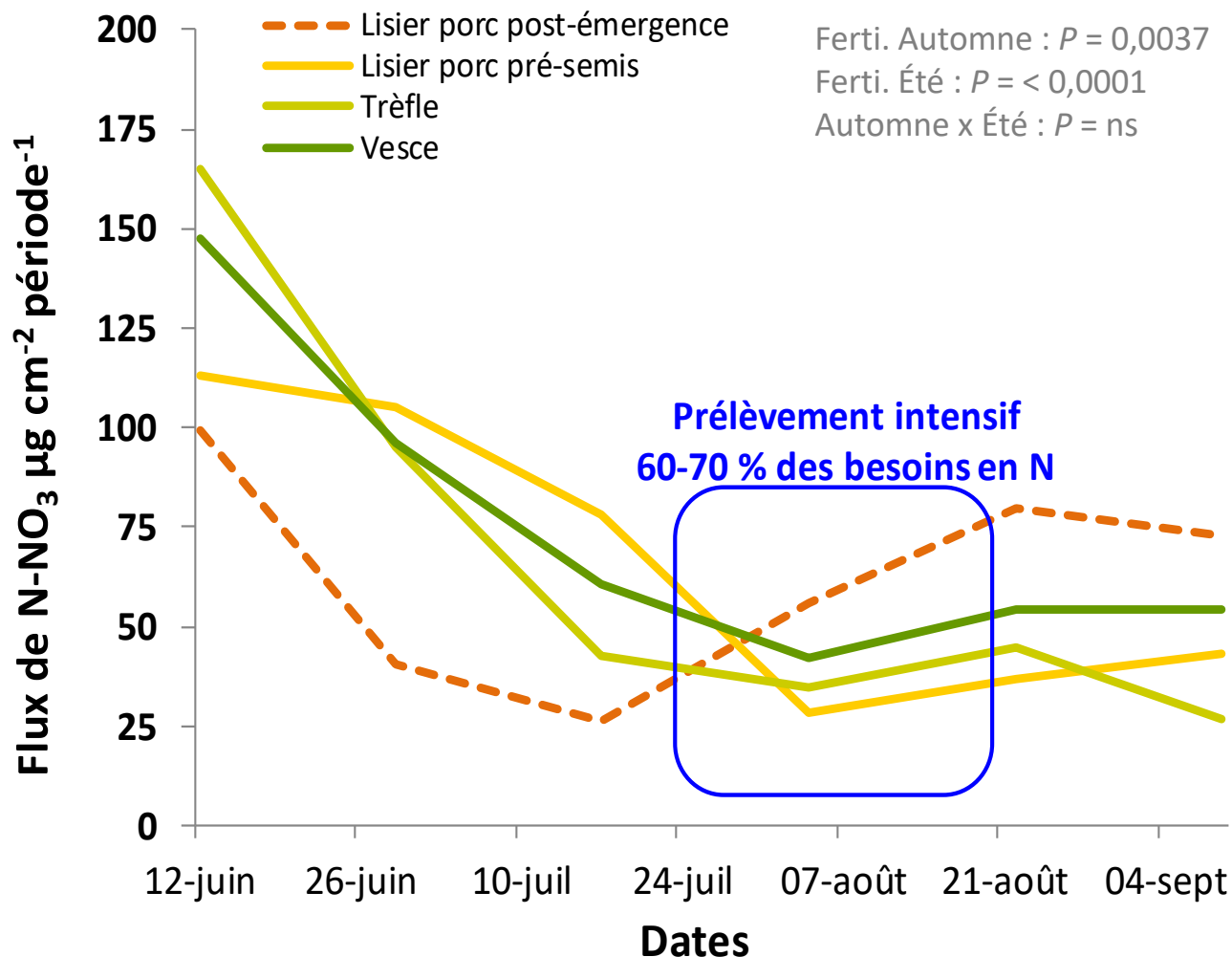


Impact de la fertilisation d'automne sur les flux de N-NO<sub>3</sub> pendant la saison 2015 (fertilisations d'été confondues).





# Impact de la période d'incorporation

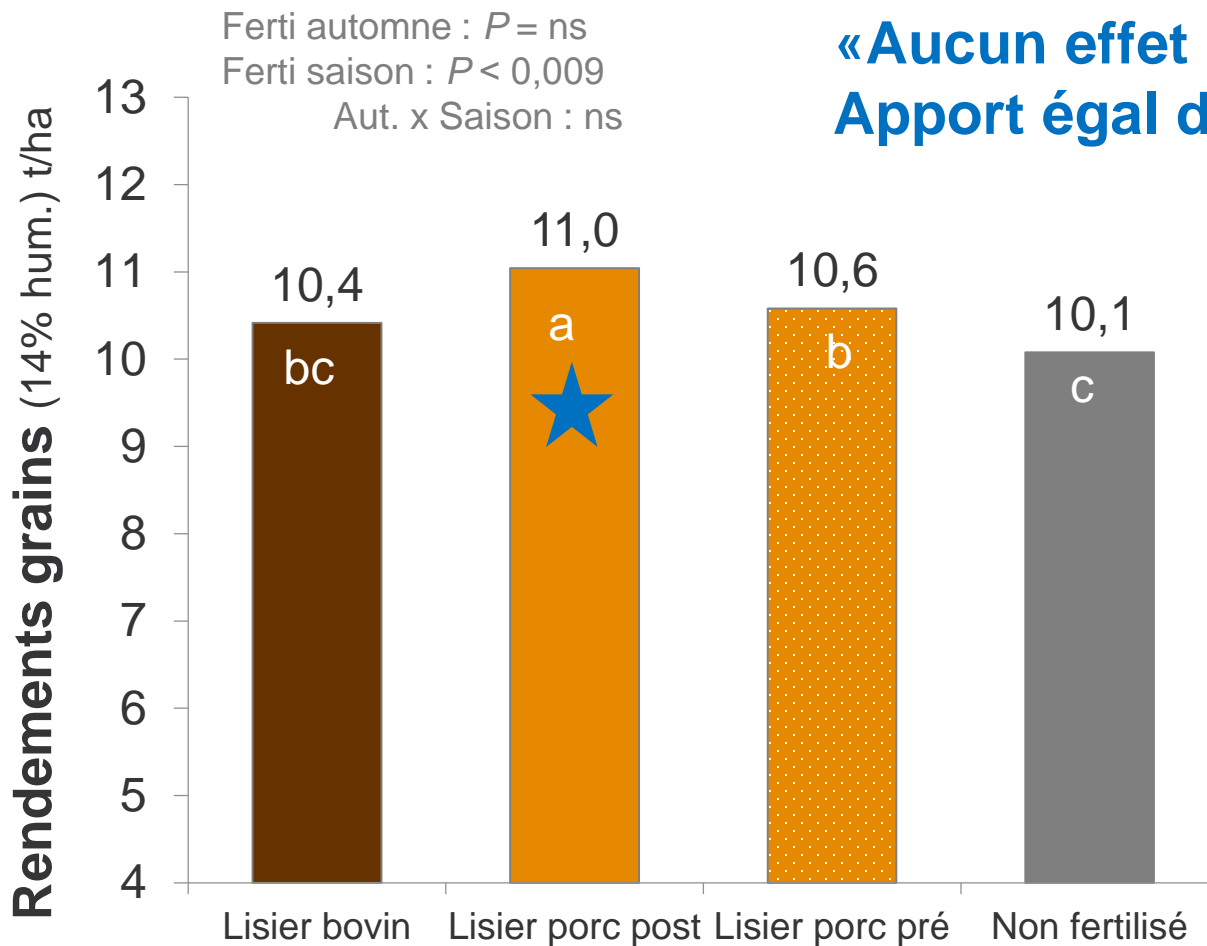


Impact de la fertilisation d'été sur les flux de N-NO<sub>3</sub> pendant la saison 2015 (fertilisations d'automne confondues).





# Impact de la période d'incorporation vs EV et EF



**Rendement en grains selon la fertilisation de saison.**

# Les EV fauchés-récoltés ( $EV_{fr}$ ): une solution ?



# Une pratique en développement

ISHS Acta Horticulturae 1137: International Symposium on Innovation in Integrated and Organic Horticulture (INNOHORT)

## Strategies for cut-and-carry green manure production

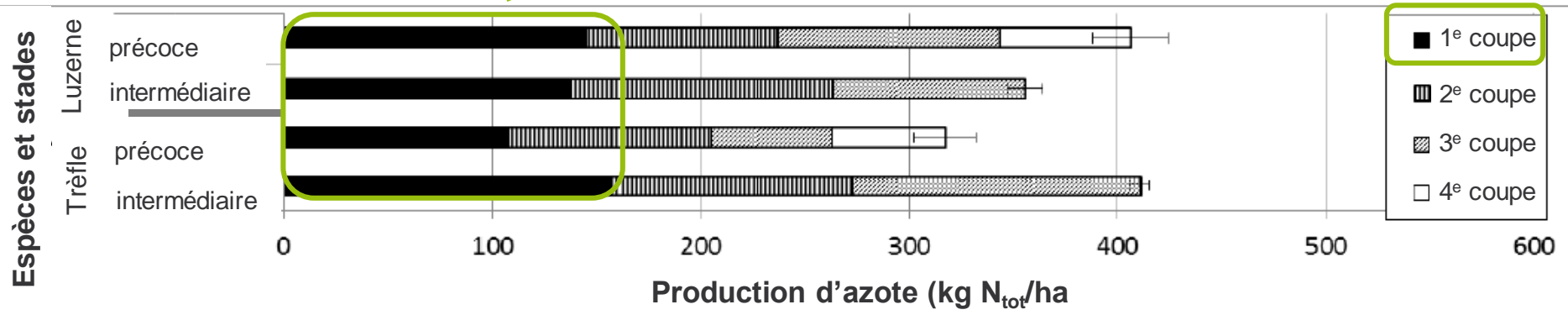
Authors: J.N. Sorensen, K. Grevsen



Danemark

- Capacité de fournir du N dans une saison
  - Vivaces: 400-500 kg/ha de N (4 coupes)
  - Annuelles: 200 kg/ha de N

Première coupe : plus de 100 kg N<sub>tot</sub>/ha



Production cumulative de N (biomasse aérienne) de luzerne ou d'un mélange de trèfles.



## Agri-Fusion

- Fertilisation post-levée du maïs avec de la matière végétale fraîche: une alternative au fumier
  - Essai avec  $EV_{fr}$  de trèfle
  - 1ha de trèfle = **100 kg  $N_{tot}$**  dans une **première coupe**
  - Trèfle haché, incorporé au sarclueur
  - Rendements : **fumier = trèfle**  
(pas de différence significative)



## CETAB+

- Effet de trois  $EV_{fr}$  comme fertilisants sur le rendement de légumes et la santé des sols
  - $EV_{fr}$  : trèfle rouge, prairie mixte et foin ensilé
  - Vs fientes de poules et mixte
  - De **1,6 à 6,1 ha** d' $EV_{fr}$  pour 150 kg  $N_{eff}$ /ha
  - $EV_{fr}$  incorporé 1 mois avant la transplantation des choux-fleurs
  - Rendements:  
 **$EV_{fr}$  de trèfle rouge pur = fientes de poules.**

Trèfle rouge pur



Foin ensilé



Prairie mixte



# Projets à L'IRDA engrais-verts fauchés-récoltés (EV<sub>fr</sub>)



- **2018-2019. Synchronisation de la fourniture en N des EV<sub>fr</sub> vs lisier dans le maïs-grains en transition bio. St-Lambert**

C. Landry, M. Marchand-Roy, J. Mainguy, V. Samson, M. Langelier, 2020. Projet PADAAR no. 1819-4051-009CA. Rapport final. IRDA. 28 pages.

- **2018-2021. Inclusion de cultures fourragères comme EV<sub>fr</sub> dans une rotation longue pomme de terre/maïs ensilage/blé/prairie biologiques. St-Anselme**

C. Landry, M. Marchand-Roy, J. Mainguy,, M. Langelier, Projet Prime-vert no. 19-006-3.1.-F-IRDA. Finalisé, rapport à venir.

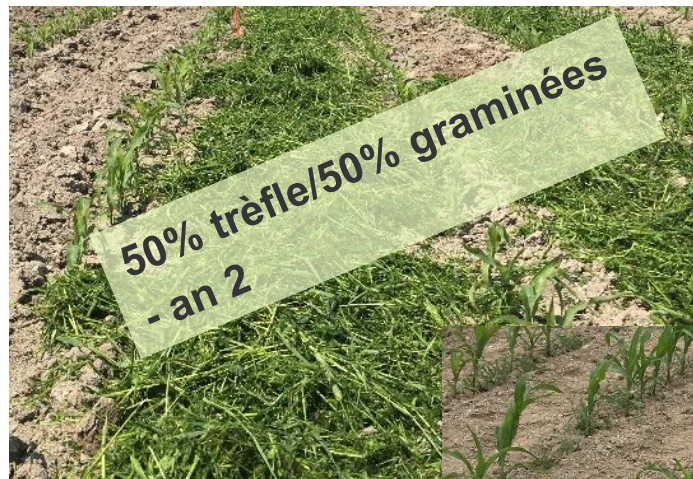




## Traitements d'automne



## EVfr



## Traitements d'été

Différentes régies de fertilisation (2018 + 2019)	
Sans EV +	EVfr de prairie de légumineuse
Pois fourrager +	<b>TÉMOIN</b> sans N
Pois fourrager +	EVfr de prairie de légumineuse
Pois fourrager +	Lisier de <b>porc</b>

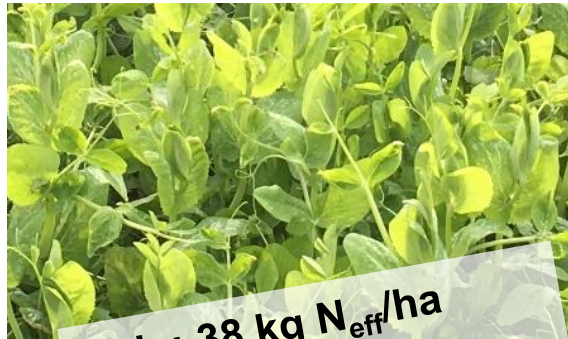
(Dispositif : blocs aléatoires complets)



# 2018-2019. Synchronisation du N des EV<sub>fr</sub> pour le maïs grain. St-Lambert

## 2018 Engrais verts

**Semis** 14 août  
**Incorporation** 23 octobre



Pois: 38 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(42 N<sub>tot</sub>/ha)  
Biomasse : 7,4 T/ha



## 2019 Maïs-grains

### Application engrais

2 juillet  
**EV<sub>fr</sub>**

11 juillet  
**Lisier**

**Récolte**  
24 octobre

**Semis**  
maïs  
30 mai



98 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(143 N<sub>tot</sub>/ha) (38,8 t/ha b.h.)



70 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(78 N<sub>tot</sub>/ha)



# 2018-2019. Synchronisation du N des EV<sub>fr</sub> pour le maïs grain. St-Lambert

50% trèfle/50% graminées an 2

100 kg N<sub>eff</sub>/ha : 143 kg N<sub>tot</sub>/ha (1,84 ha)



Récolte prairie 2 juillet



Épandage 2 juillet



Incorporation 2 juillet

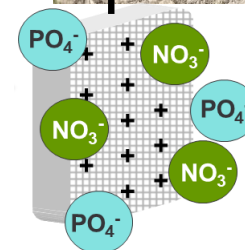


Bonne dégradation

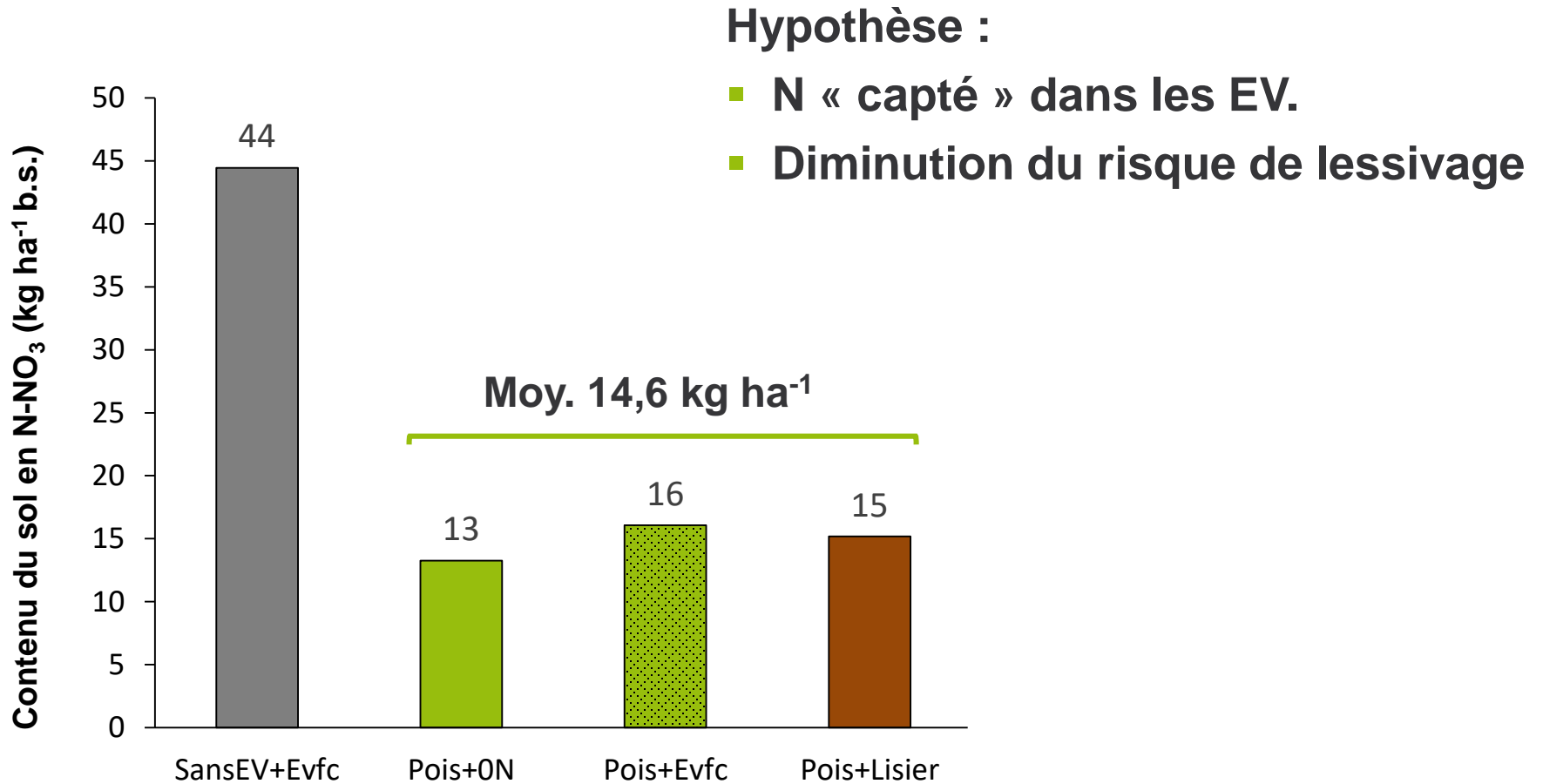
11 juillet (9 jours plus tard)



- **Sol :**
  - Disponibilité dans le sol NPK (ponctuel)
  - Suivi *in situ* des flux N-NO<sub>3</sub> et P-PO<sub>4</sub>
  - Suivi de la température du sol
- **Nutrition :**
  - Prélèvements NPKS à divers stades
- **Rendement :**
  - Total et vendable, calibre
  - Pertes, maladies, etc.

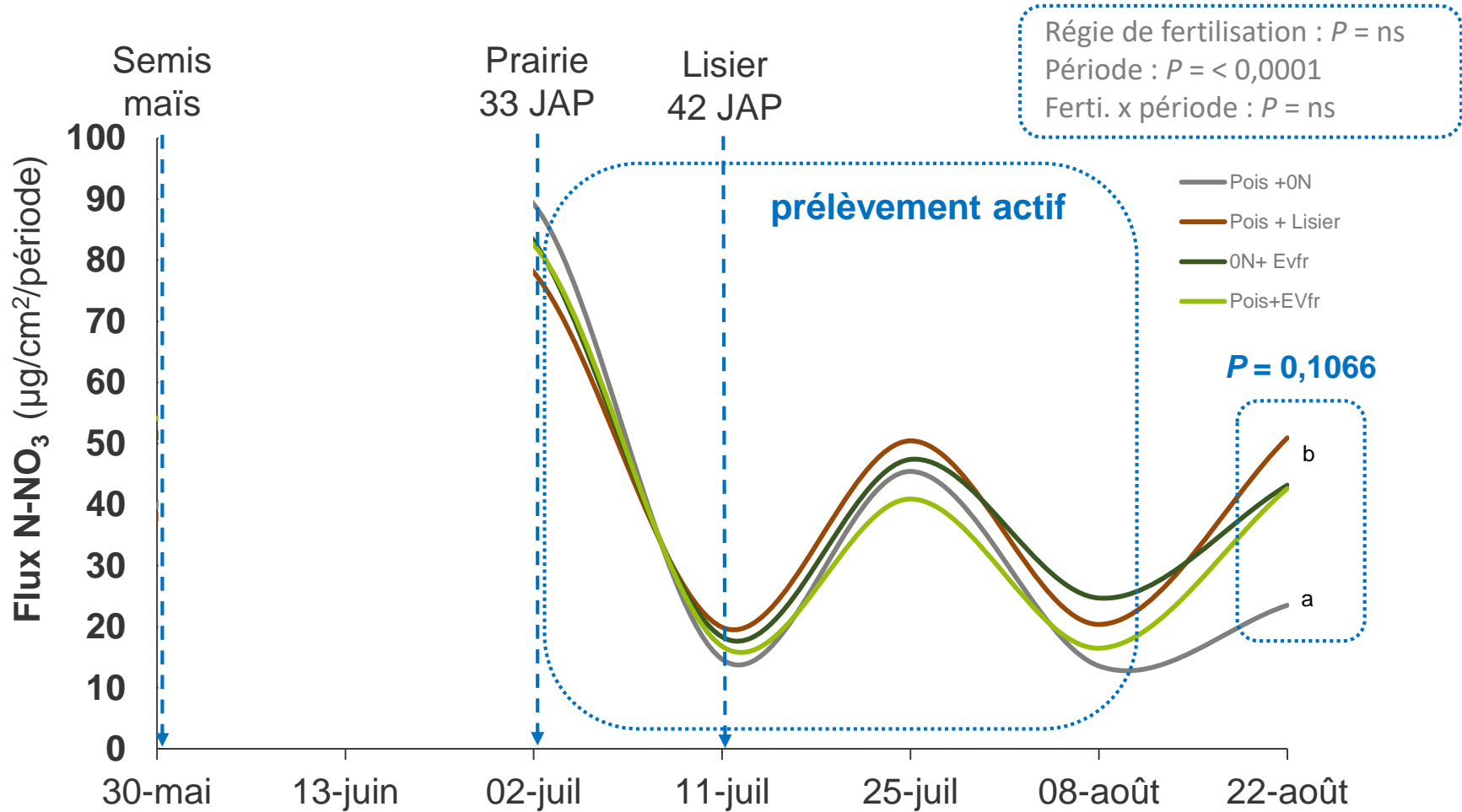


# 2018-2019. Synchronisation du N des EV<sub>fr</sub> pour le maïs grain. St-Lambert



Contenu du sol en N-NO<sub>3</sub> résiduel juste avant l'enfouissement des engrais verts le 15 octobre 2018. (Aucune statistique)

# 2018-2019. Synchronisation du N des EV<sub>fr</sub> pour le maïs grain. St-Lambert

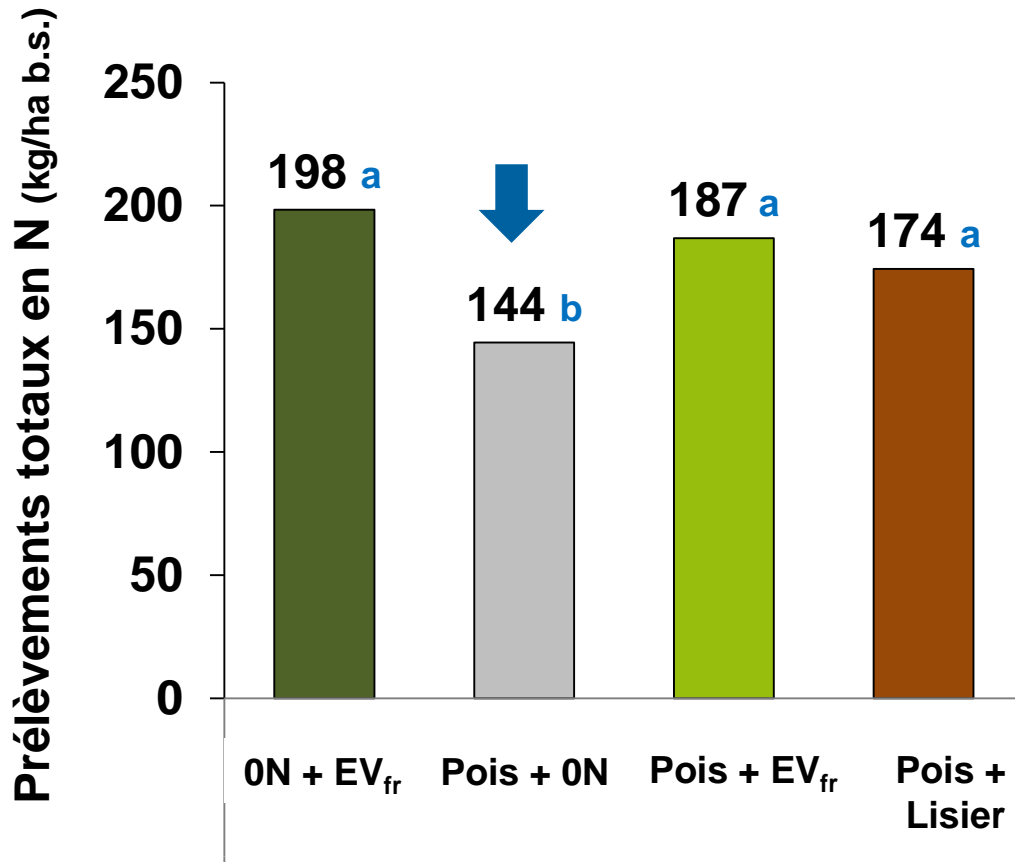


Impact des régies de fertilisation sur les flux de N-NO<sub>3</sub> pendant la saison 2019.



# 2018-2019. Synchronisation du N des EV<sub>fr</sub> pour le maïs grain. St-Lambert

Régie de fertilisation :  $P = 0,0759$



Impact des régies de fertilisation sur le prélèvement total en N.

- Prélèvement totaux en N égaux EV<sub>fr</sub> = lisier
- Rendements égaux EV<sub>fr</sub> = lisier

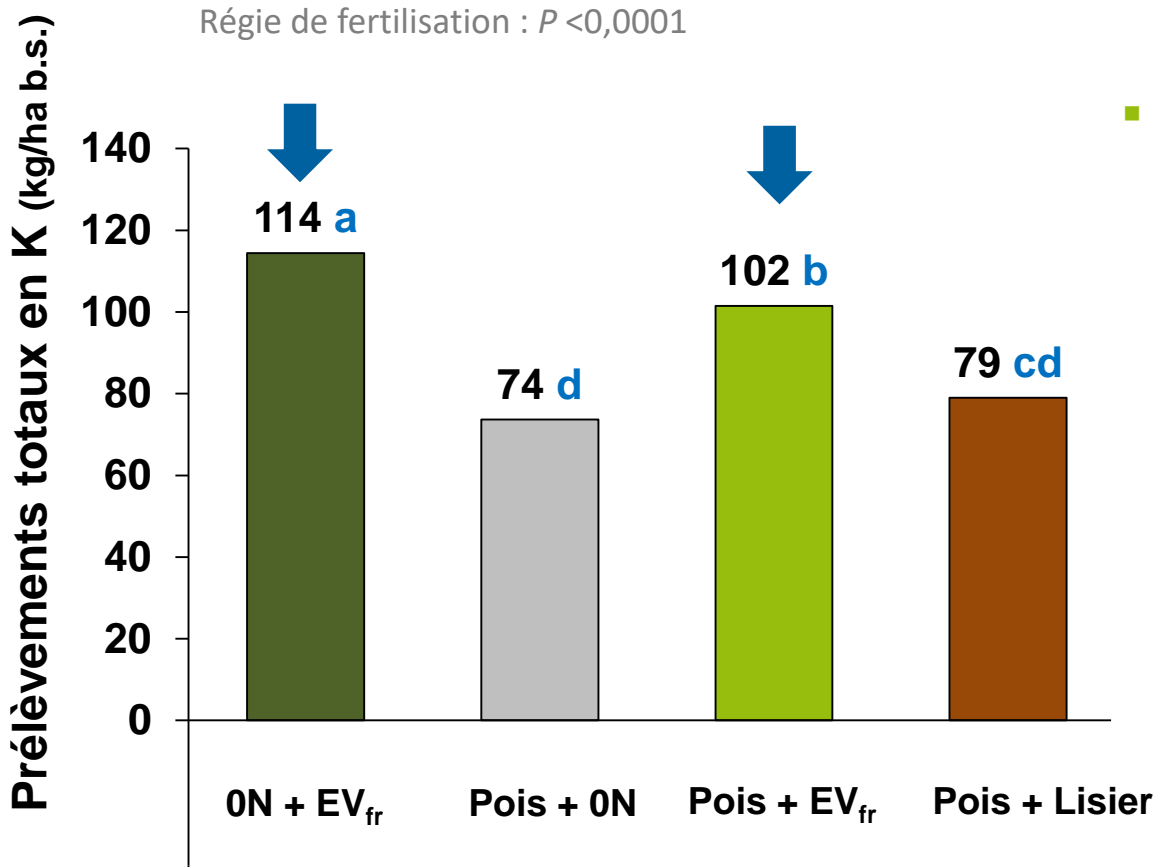


Rdt moy:

**4 635 kg/ha** (14 % hum.)

(6,5 T ha<sup>-1</sup> à 15 % hum.) (ISQ 2019)

# 2018-2019. Synchronisation du N des EV<sub>fr</sub> pour le maïs grain. St-Lambert



- Hausse des prélèvements en K.

- Apports en K:

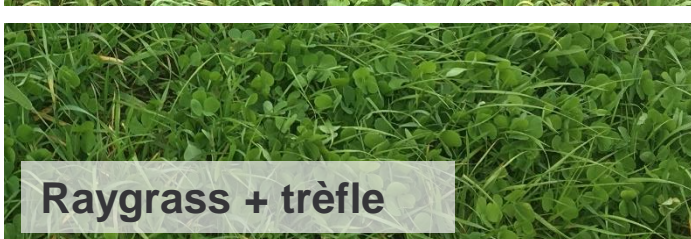
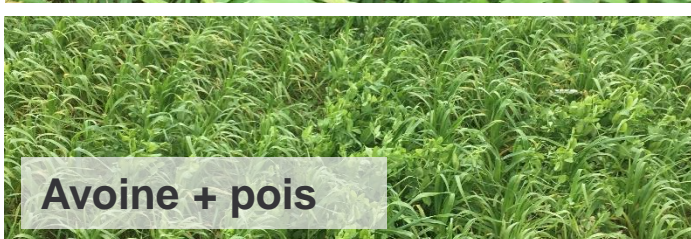
- EV<sub>d</sub> de pois: 26 kg K/ha
- EV<sub>fr</sub>: 133 kg/ha
- Lisier de porc: 46 kg K/ha

Impact des régies de fertilisation sur le prélèvement total en K.

# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage.

## St-Anselme

### Traitements d'automne



2018 - EV à la dérobée
Avoine <b>TÉMOIN</b>
Avoine + vesce
Avoine + pois
Raygrass + trèfle

2019 - Engrais organique
<b>TÉMOIN</b> sans N
Fientes brutes de poules (puck)
EV <sub>fr</sub> de prairie de légumineuse
Lisier de <b>bovin</b>

x

(Dispositif : en tiroir (split-plot))

### EV<sub>fr</sub>



Fientes de poules "puck"

### Traitements d'été

#### Lisier





# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage.

## St-Anselme

### 2018 Engrais verts

### 2019 Maïs ensilage

Semis  
15 août

**Incorpor.**  
6 mai

Semis  
maïs  
22 mai

Application engrais  
-----  
21 juin  
**EV<sub>fr</sub>**

5 juillet  
**Lisier**

Récolte  
9 octobre

Avoine 11 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(27 N<sub>tot</sub>/ha)

Avoine + vesce com.  
Avoine + pois  
Raygrass + trèfle



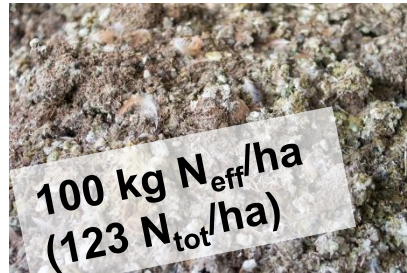
↓  
**Fientes  
brutes  
poule  
«puck»**



100 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(143 N<sub>tot</sub>/ha) (33 t/ha)



EV : 24-30 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(48-55 N<sub>tot</sub>/ha)



100 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(123 N<sub>tot</sub>/ha)



100 kg N<sub>eff</sub>/ha  
(152 N<sub>tot</sub>/ha)



# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage. St-Anselme



Épandage et  
incorporation 21 juin



+ 1 semaine  
Bonne dégradation

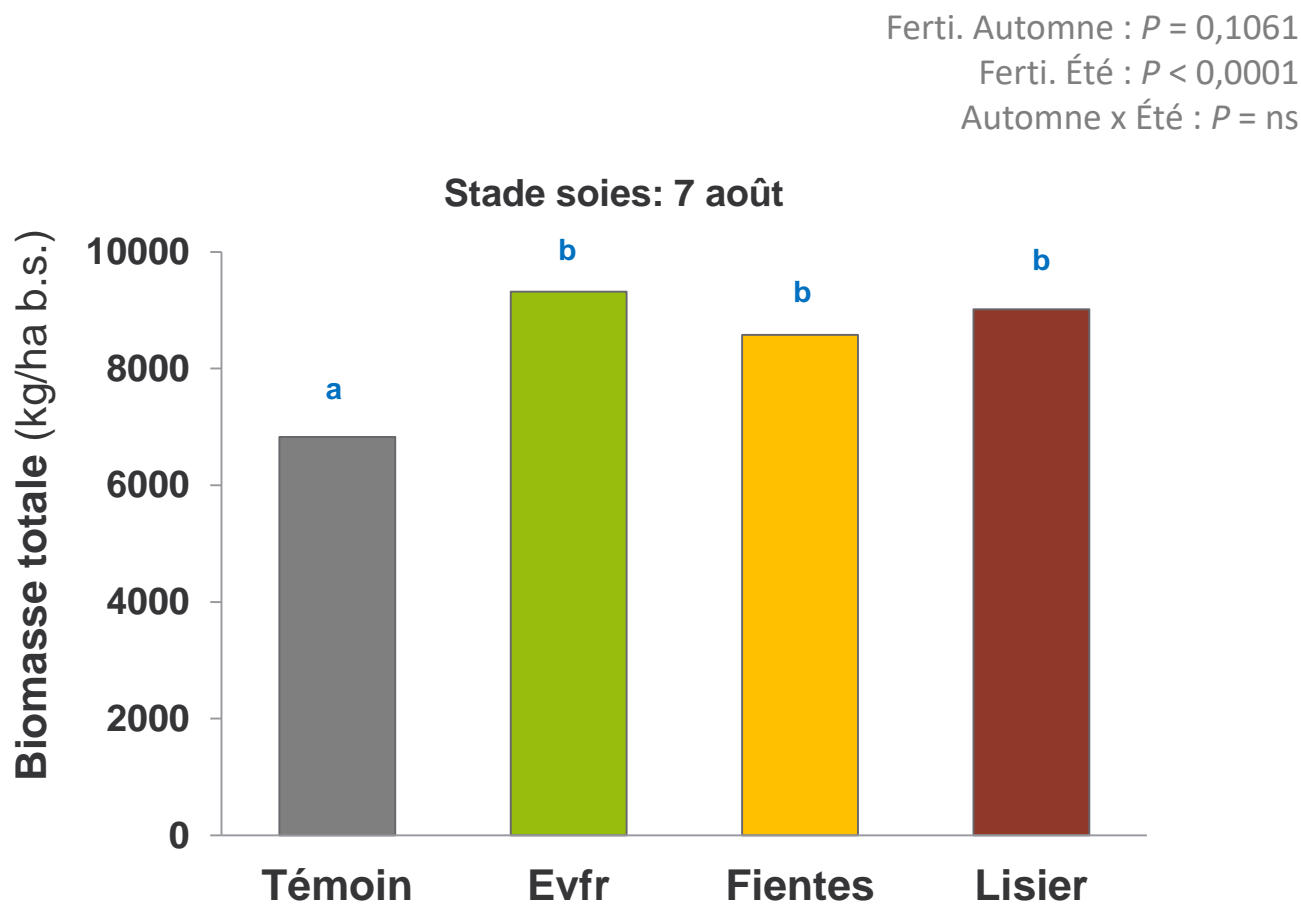
28 juin



+ 2 semaines

10 juillet

# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage. St-Anselme



Parcelle témoin – 16 août



Parcelle EVfr – 16 août

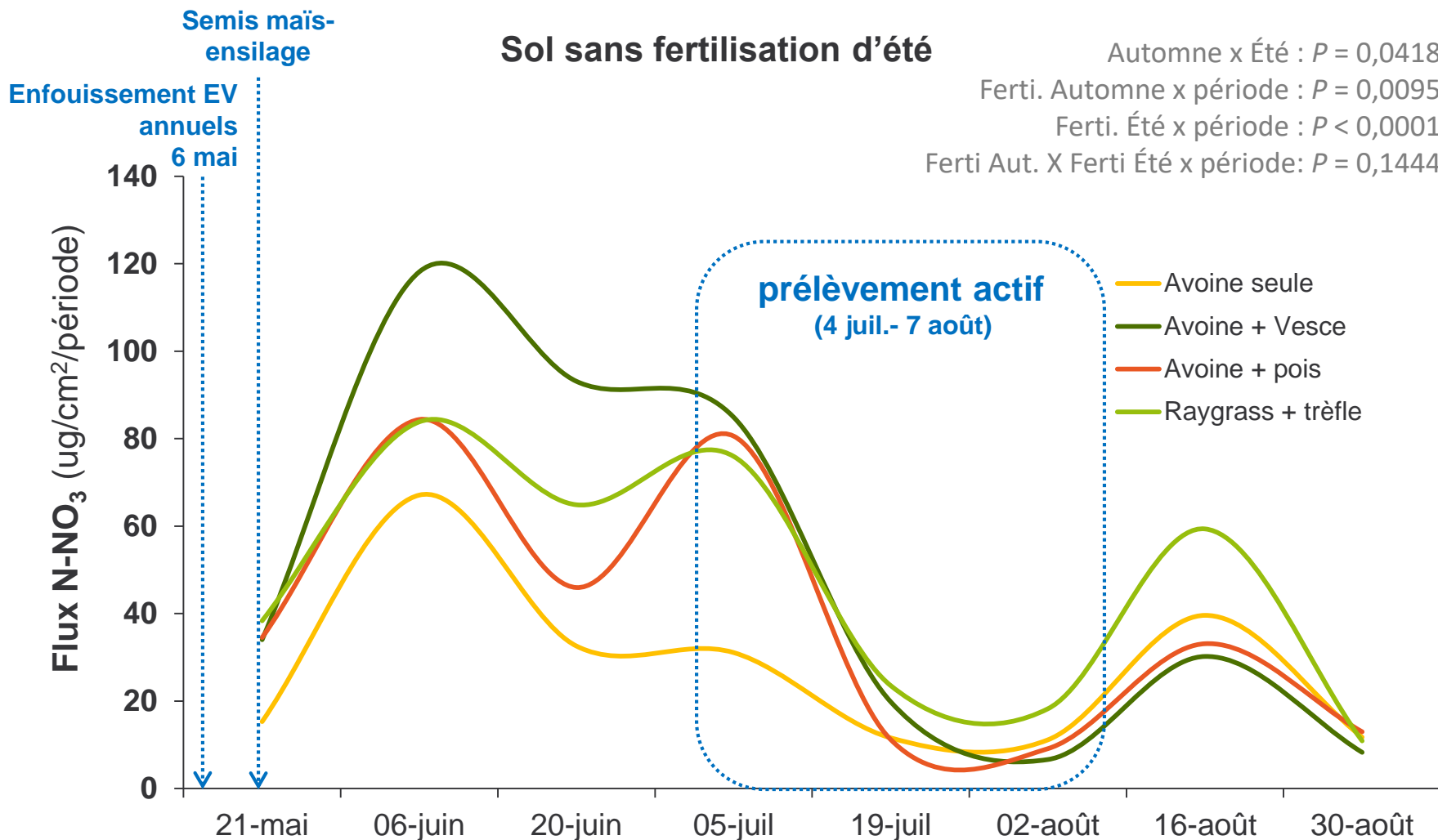


Impact de la fertilisation d'été sur la biomasse des plants (ferti. automne confondue) au stade soie, 2019.



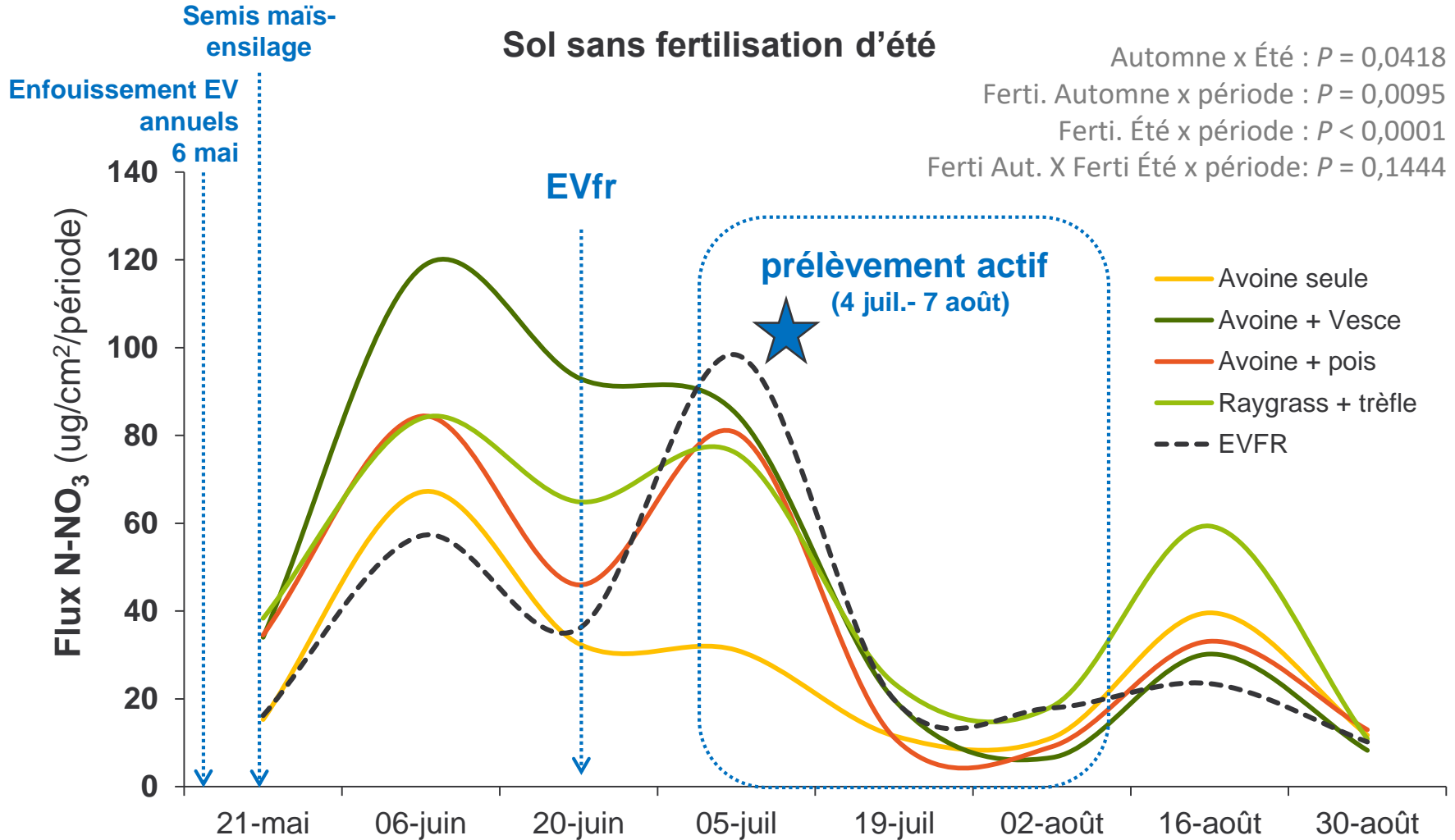
# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage.

## St-Anselme



**Impact de la fertilisation d'automne sur les flux de N-NO<sub>3</sub> pendant la saison 2019.**

# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage. St-Anselme

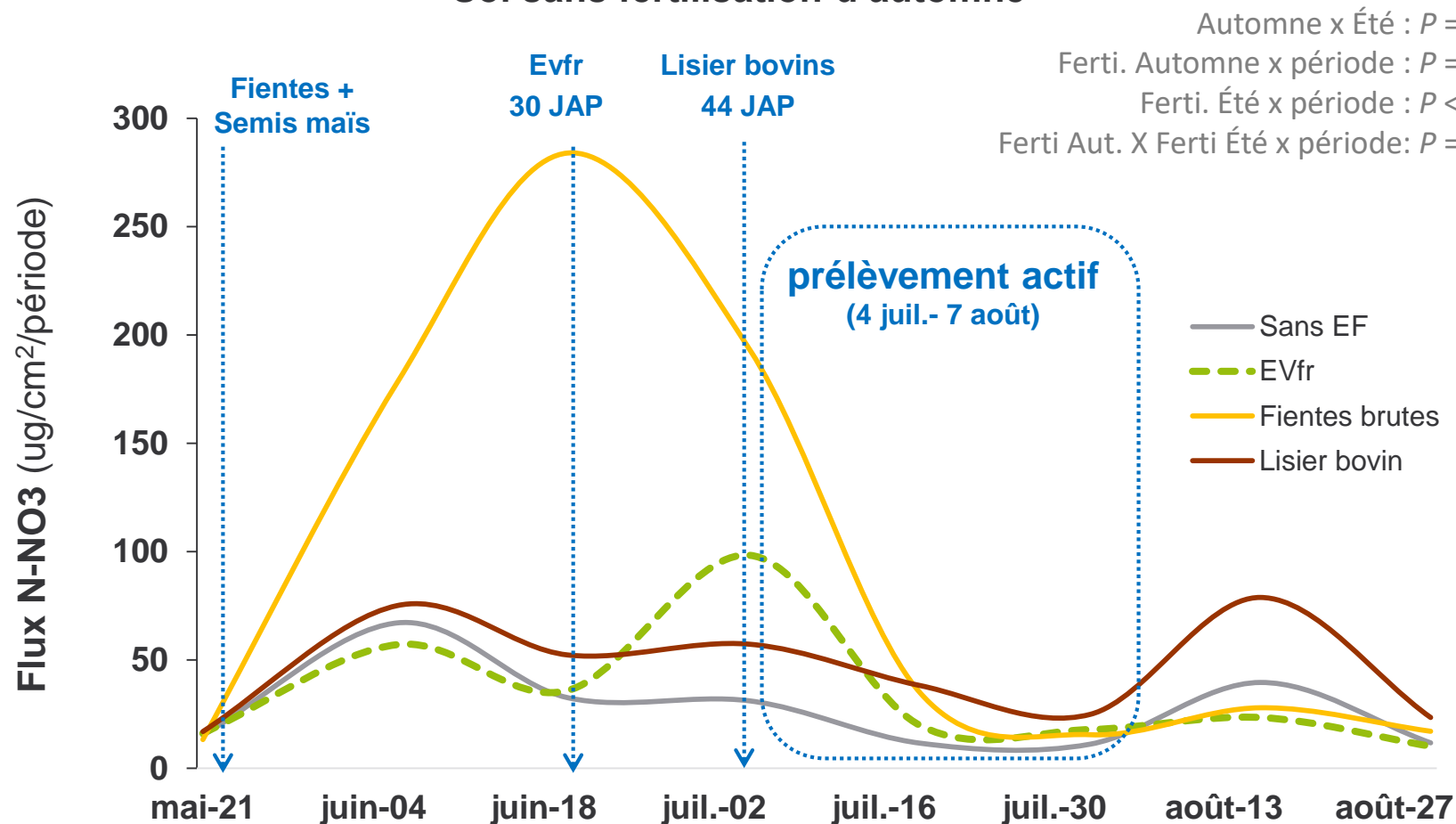


Impact de la fertilisation d'automne sur les flux de N-NO<sub>3</sub> pendant la saison 2019.



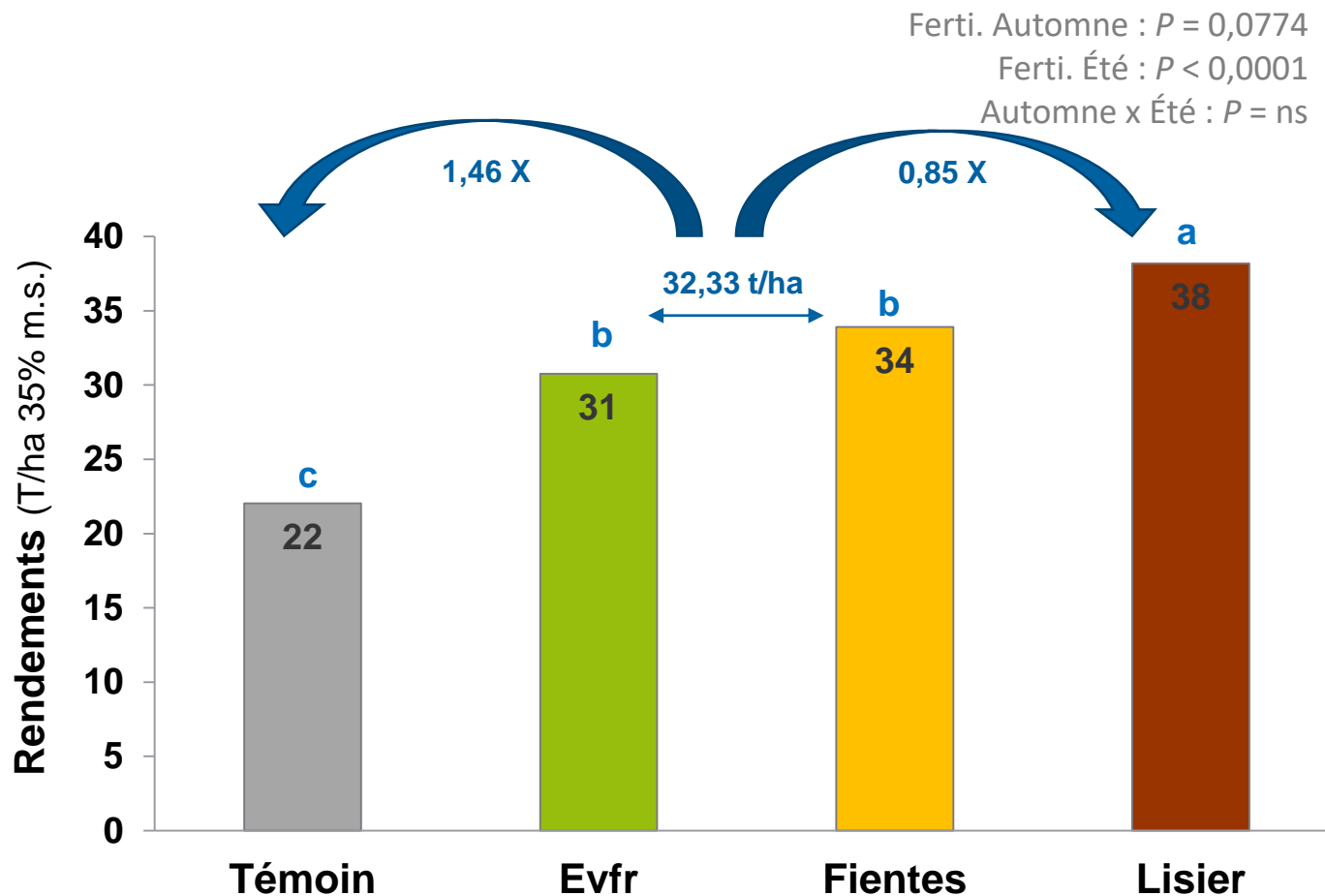
# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage. St-Anselme

## Sol sans fertilisation d'automne



Impact de la fertilisation d'été sur les flux de N-NO<sub>3</sub> pendant la saison 2019.

# 2018-2021. Inclusion d'EV<sub>fr</sub> pour le maïs ensilage. St-Anselme



Impact de la fertilisation d'été sur la les rendement en biomasse ensilée (ferti. automne confondue), 2019.

# Conclusions

- Minéralisation de l'EV<sub>fr</sub>
  - Très rapide, dès 2 semaines après l'application
- Rendements
  - Semblables aux EO
  - Effet d'un paillis (Humidité du sol)
  - Santé des sols : ↓ des besoins N
  - Forte diminution du P<sub>tot</sub>
- 100 kg/ha de N<sub>eff</sub> = volume important
  - ✓ Combler une partie des besoins
  - ✓ Présence d'une prairie dans la rotation : < 100N
  - ✓ Développer la production de prairie pour EV<sub>fr</sub>
  - ✓ Développer un indicateur prédictif fiable
  - ✓ Considérer le K dans l'équation : 100 % du K ?
- Améliorer efficacité et polyvalence : granules ?
  - Meilleur placement
  - Culture sur buttes plastifiées
  - Mélanges adaptés





# Projets à l'IRDA granules de luzerne

- **Comparaison d'engrais organiques à haut ratio  $N_{\text{eff}}/P$  (granules de luzerne) dans la culture de brocolis**

C. Landry, J. Mainguy, M. Marchand-Roy, M. Langelier, 2022. Projet Prime-Vert no. 19-001-3.1-F-IRDA. Rapport à venir.



- **Impacts de la température et du type de fertilisant organique sur la fourniture en N dans la canneberge biologique**

Projet Innov'Action no. IA199037



# Projets à l'IRDA granules de luzerne

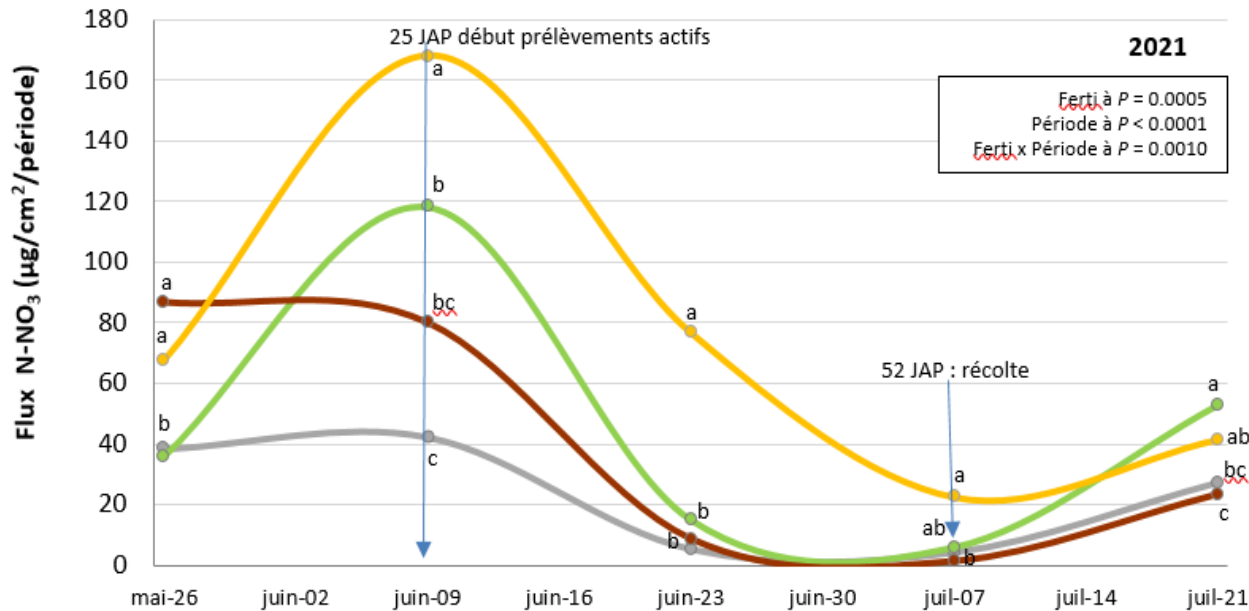


Figure 13. Dynamique des flux de nitrate dans le sol de la butte (strate 0-20 cm) au cours des cinq périodes de suivi selon les traitements de fertilisation, en 2019 et 2021. Les moyennes présentant des lettres distinctes sont significativement différentes à  $P \leq 0.10$ .

Étude comparative d'engrais organiques à haut ratio  $N_{\text{efficace}}/P_{\text{total}}$  pour le développement de stratégies de fertilisation productives et durables en maraîchage biologique. (en rédaction)

Rapport final 19-001-3.1-F-IRDA



# Merci, questions?

