



INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

Les journées St-Rémi
Horticoles et Grandes
cultures
8 décembre 2022

Impact de diverses régies d'engrais verts, de fumiers et de paillage sur le rendement et le calibre de l'ail en production biologique.

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

*Collaborateurs: Julie Mainguy agr. Bac., Mylène
Marchand-Roy agr. M.Sc., Aurélie Demers agr. Bac. et
Maude Langelier biol. M.Sc.*

Le travail d'une équipe et de collaborateurs

irda

- **Producteurs**

- Sébastien Grandmont
- Marie-Pierre Dubeau



- **Club agroenvironnemental de l'Estrie**

- François Gendron, agr.
- Maggie Bolduc, agr.
- Techniciens, étudiants, stagiaires



- **MAPAQ**

- Geneviève Legault, agr., DRE
- Jonathan Roy, agr., DRCA
- Julie Marcoux, DRE



- **Financement**

- Programme Innov''action – volet 1



- **IRDA**

- Techniciens, ouvriers agricoles
- Étudiants et stagiaires

irda

INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT



Pourquoi un projet en fertilisation de l'ail?

irda

■ Explosion de l'engouement pour l'ail du Québec

- Producteurs Ail Québec
- Nouveauté : Guide ail CRAAQ
- Événements spéciaux: Ex. Semaine de l'ail

■ Marché en plein essor

- 110 ha biologiques cultivés en 2021

■ Belle valeur économique

- 22 à 26 \$ / kg calibre moyen et gros, vrac, vente directe

[Portail Bio Québec 2022; Le Petit Mas]



Fertilisation de l'ail : la quantité de N à apporter

irda

- Besoins N élevés :
110 kg N_{eff} / ha



Couture I. et Coll. 2019

Dans l'ail Music, réponse rendements à l'azote **4 fois sur 10**.

60 kg N_{total} granules de fientes de poule (CE = 100 %) semble être une dose économiquement judicieuse

Ail, oignon, poireau

États ou Provinces	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Références
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
Québec	110	30-190	20-185	CRAAQ, 2010

[Guide de référence en fertilisation, 2^e édition, CRAAQ 2010]

États ou Provinces	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Références
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
Ontario	110	0-180	0-230	OMAFRA, 2011
New-York (Northwest)	28-56	0-224	0-224	Stewart, 2020
Michigan	118	168	112	Goldy et coll., 2000
Mid-Atlantic ¹	140	168	168	Wyenandt et coll., 2020
Mid-West	78-140	28-280	0-280	Egel, 2018
Pennsylvanie	140	168	168	Ford et coll., 2014
Minnesota	56-134	0-168	0-224	Rosen et Eliasen, 2005

¹ Delaware, Maryland, New Jersey, Pennsylvania, Virginia, West Virginia.

[Chapitre 3, Landry et coll., Guide de production ail biologique, 2020]

Fertilisation de l'ail : la complexité d'apport du N

irda

- Ail planté à l'automne
- Paillis vs sans paille
- Ratio N_{eff} / P_{total} élevé
- Disponibilité et coûts des produits bio N_{eff}
- Dispose de peu d'informations sur la synchronisation avec les besoins de la culture.



L'utilisation des engrais de ferme

irda

- Les engrais N_{eff} libèrent trop rapidement le N disponible pour application d'automne.



Ex. Fientes granulées de poules :
Faible indice de stabilité (ISB: 10)

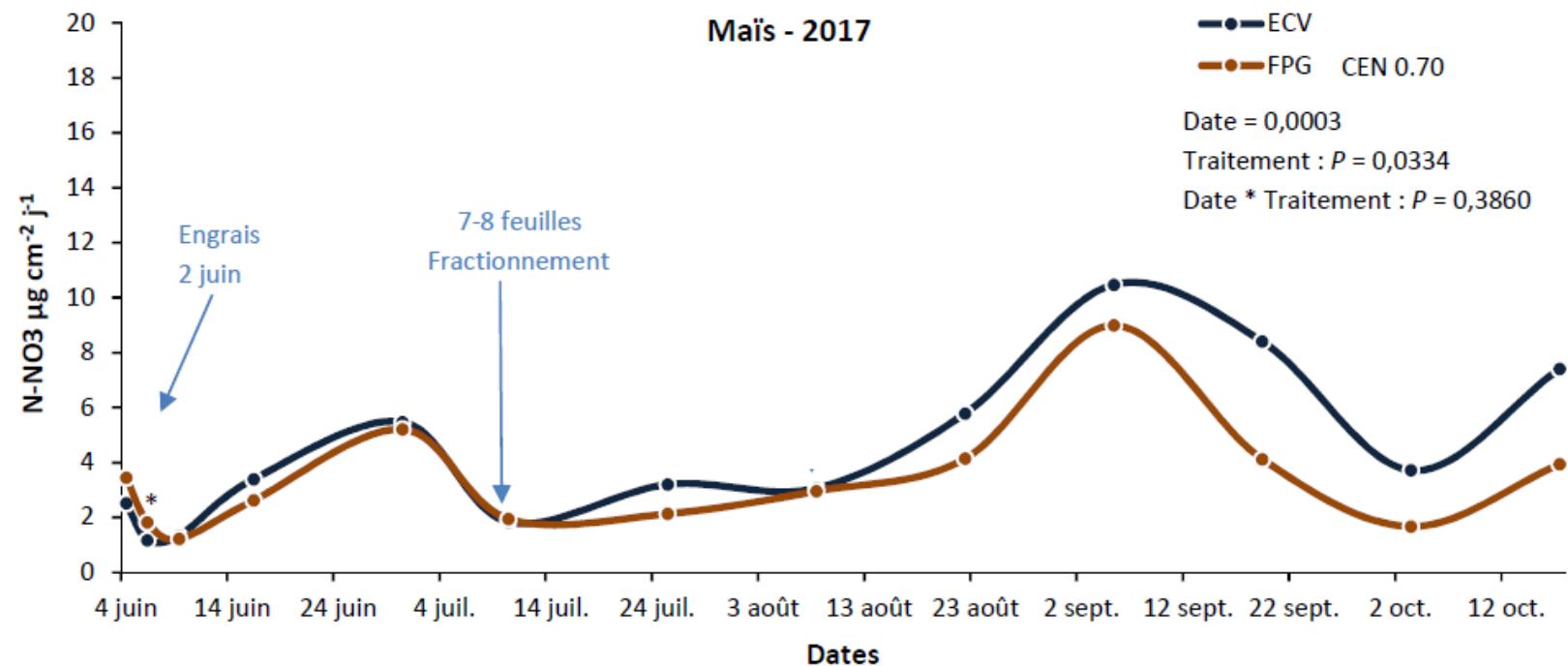
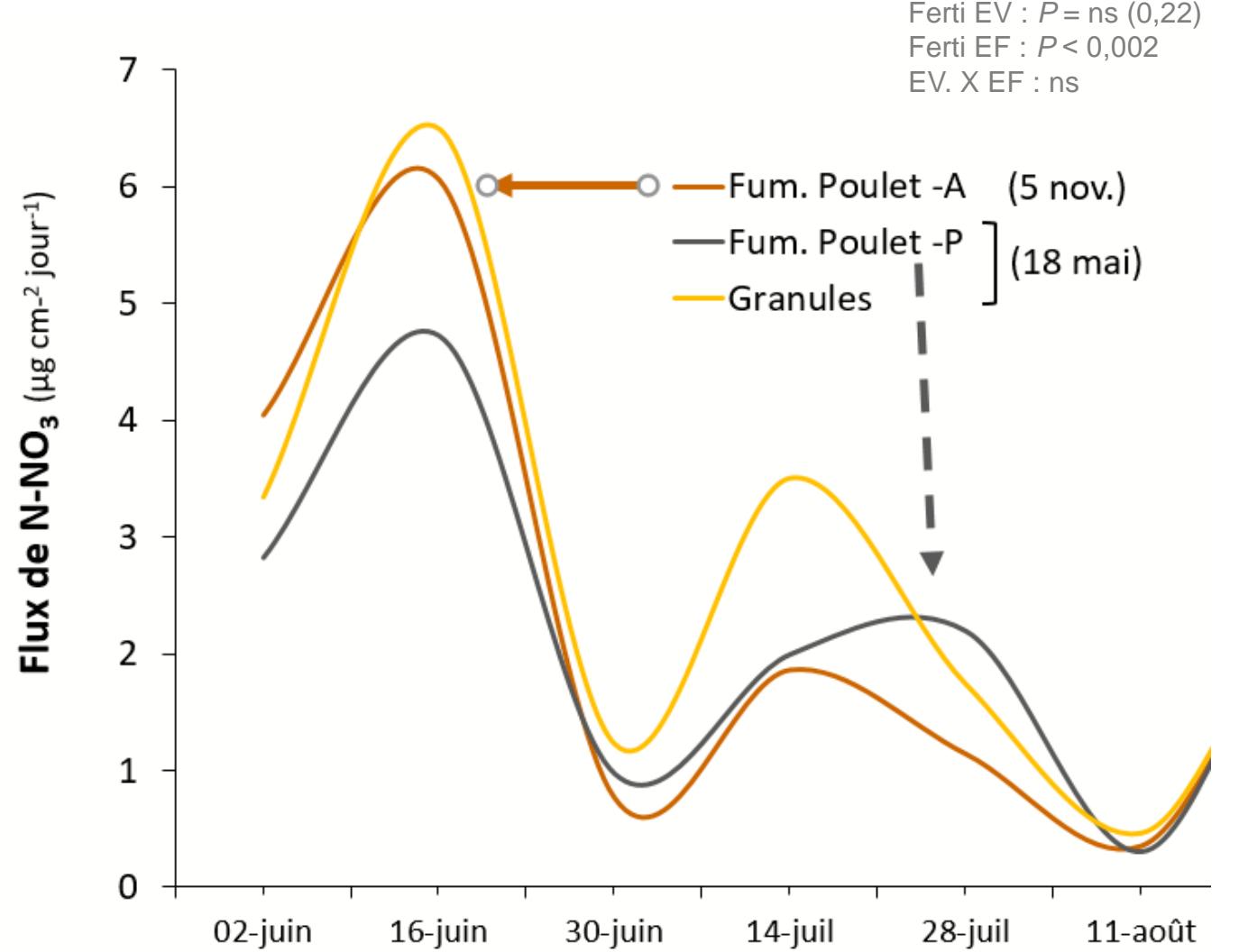


Figure 11. Flux de nitrate dans les sols fertilisés avec de l'engrais de synthèse ou les fientes granulées de poules (CEN à 0,70) pendant la saison de croissance du maïs en 2017. À chacune des dates, un astérisque (*) indique que les valeurs sont distinctes significativement au seuil P ≤ 0,1.

L'utilisation des engrais de ferme

- Les engrais plus résistants : manque de N_{eff} en saison ?

Ex. Fumier poulet grillé (Broiler):
+ résistant (ISB: 45)



Engrais verts et culture maraîchères

irda

L'usage des engrais verts (EV) reconnu et pratiqué en grandes cultures



Cultures maraîchères : en développement



CETAB+



RDA



IRDA



IRDA

- Effet engrais verts dérobés, prairie ou fauchés-récoltés comme fertilisants sur le rendement de légumes (ex. brocoli, choux-fleur).
(Giard-Laliberté 2022ab)

- Prairie en intercalaire dans le maïs sucré, servant d'EVfr pour une culture de brocolis l'année subséquente
- Prime-vert no. 20-006-3.1.-F

- Utilisation de granules de luzerne dans le brocoli sur buttes plastifiées.
- Prime-vert no. 19-001-3.1-F

- Enquête et essais d'intégration d'EV dans la rotation chez 5 producteur maraîchers diversifiés en Chaudière-App. (fraise, carotte, citrouille, maïs sucré).
▪ Prime-vert vol.2 no. 7137309

Objectifs du projet

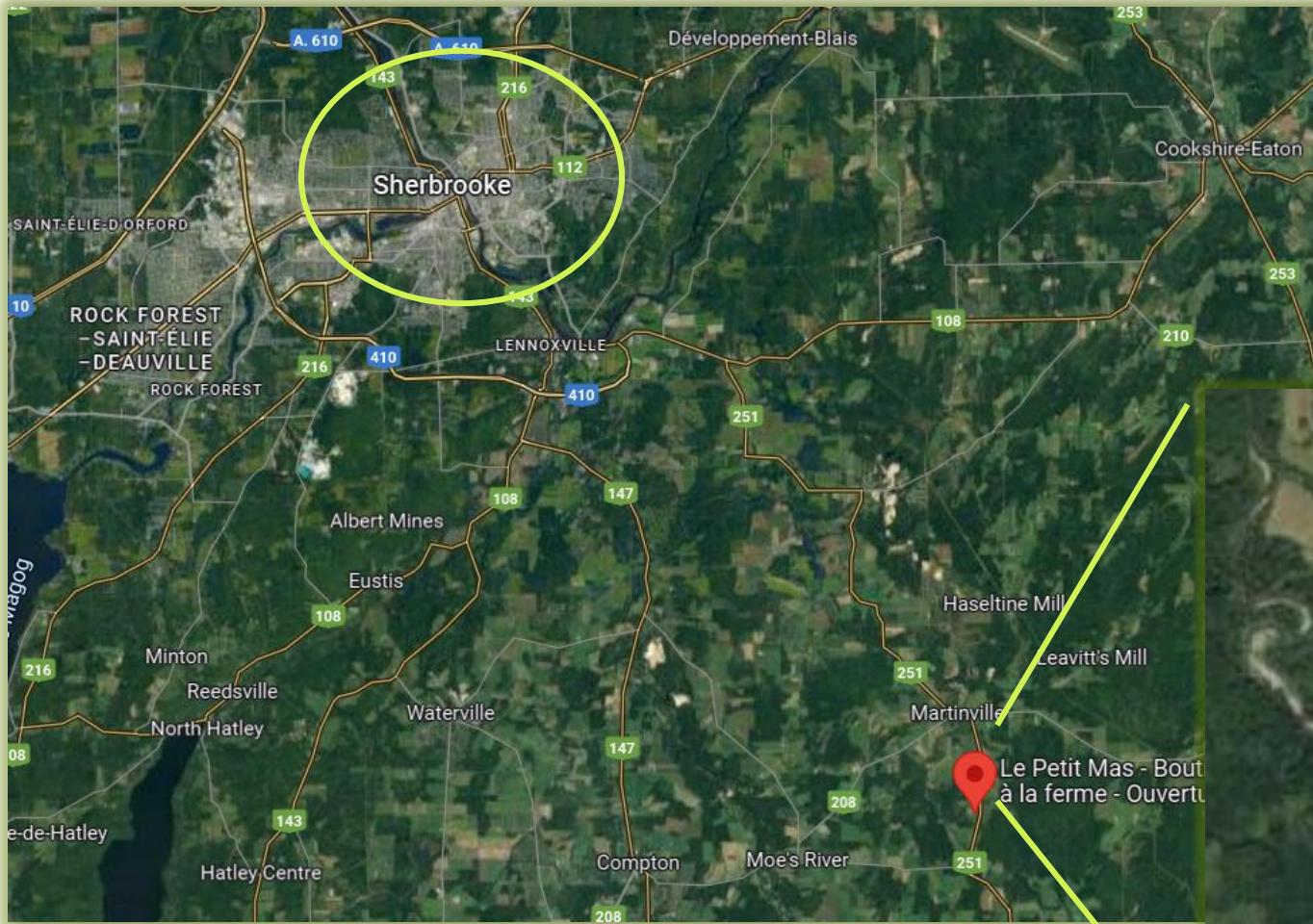
- **Principal** : Développer une stratégie de fertilisation combinant **EV + EF** pour combler les besoins en N de l'ail sans sur-fertiliser en P.

- **Sous-objectifs:**
 - Le N_{eff} pouvant être retiré des EV ?
 - Automne: EF plus résistant (*Broiler*) ?
 - Les apports en N : 110N vs 60N ?
 - L'impact de la paille ?
 - Les exportations en N, P, K et S ?



Projet à la ferme Le Petit Mas en Estrie

irda

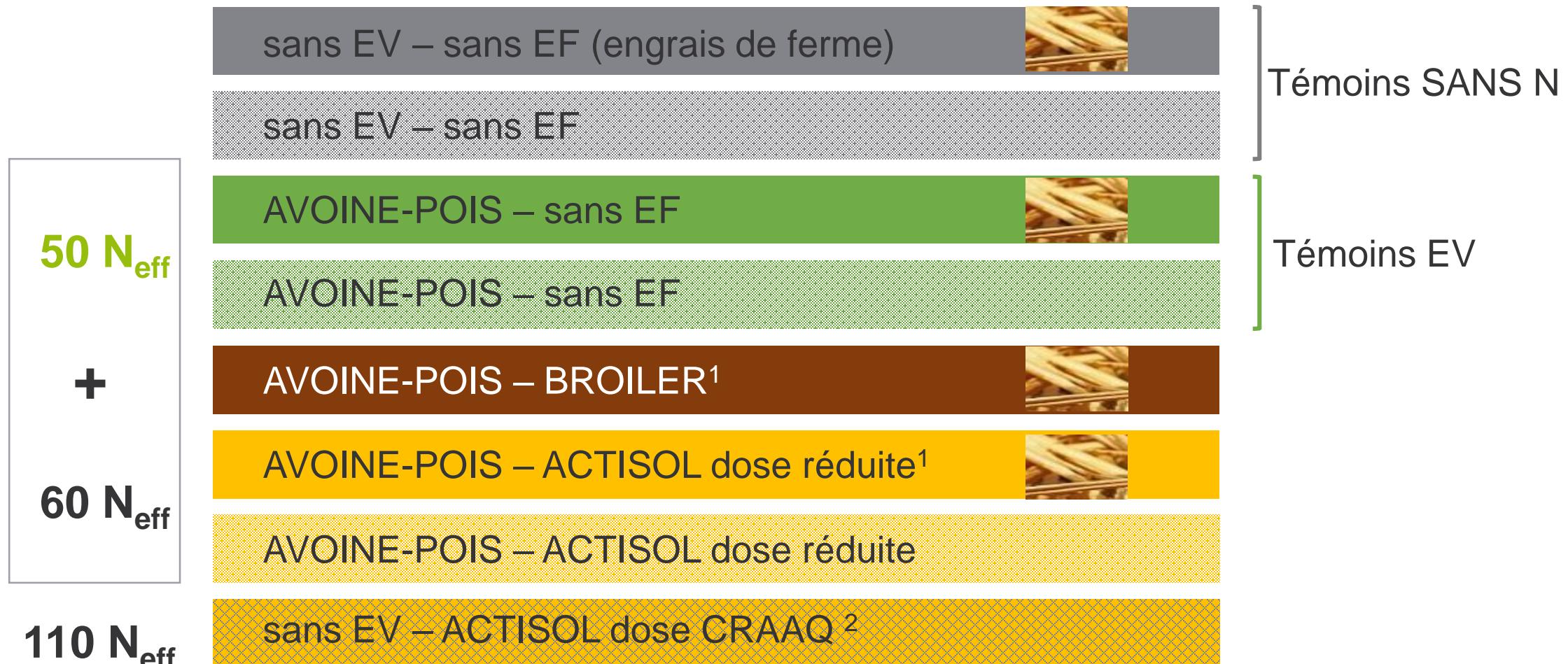


Le Petit Mas - Boutique
à la ferme - Ouverte...

Traitements comparés

irda

8 traitements



¹ 45 N_{eff} en 2020 et 60 N_{eff} en 2022; ² 95 N_{eff} en 2020 et 110 N_{eff} en 2022

Apports par les EV

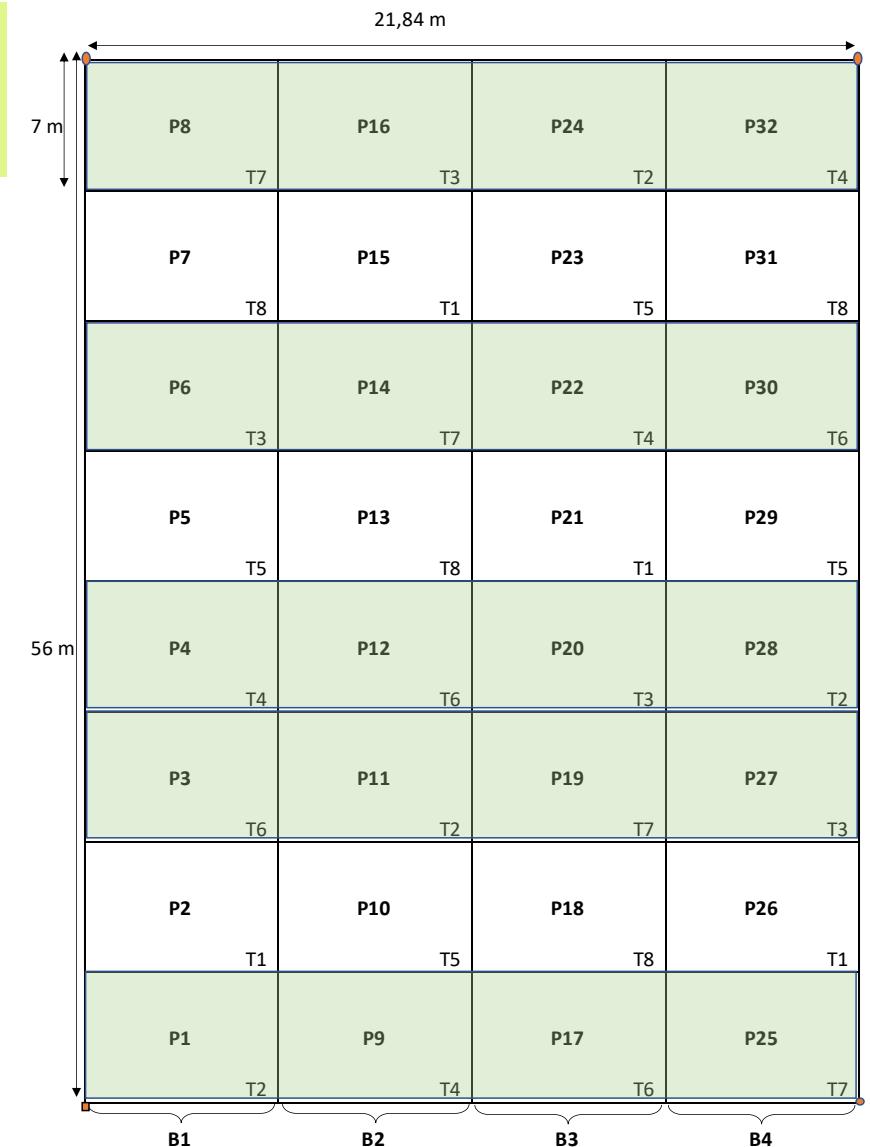
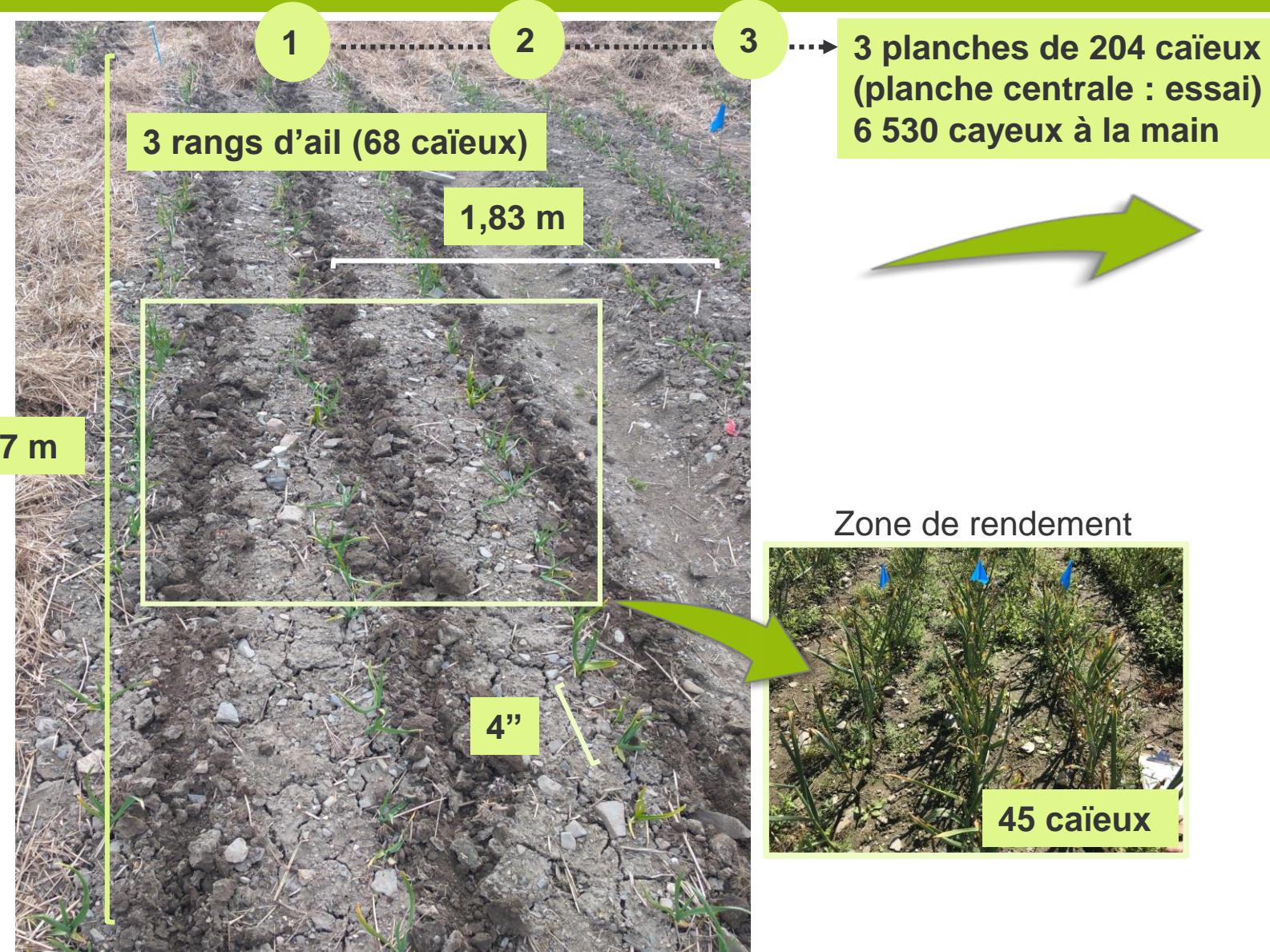
Année	Biomasse	N _{total}	N	N _{eff}	P _{tot}	K _{2O}
	T ha ⁻¹ b.h.	kg ha ⁻¹ b.s.	%	----- kg ha ⁻¹ b.s. -----		
2019	28	79	2,34	35	12	134
2021	40	82	1,75	30	15	186

2019: semis 25 juin
enfouissement 20 août

2021: semis 29 juin
enfouissement 21 août



Mise en place du dispositif expérimental



Sélection des bulbes et des caïeux

- Variété Music **calibre 5** (40-50 g)
- Bulbes sélectionnés avec un écart du poids moyen de **$\pm 5\%$** (+ de 1 900 bulbes)
- Bulbes décortiqués mécaniquement
- Caïeux de poids similaires sélectionnés pour la zone de rendement (**$\pm 7,5\%$**)
- Total de 1 440 caïeux ensachés pour les zones de rendement



Objectif: Tenter de contrôler la variabilité du rendement dû à la génétique des bulbes mères.

Mesures à l'étude

- **EV et EF :**
 - Évaluer la biomasse d'EV
 - Caractériser les EV et EF (composition en éléments)
- **Sol :**
 - Disponibilité dans le sol NPK (ponctuel)
 - Suivi *in situ* des flux N-NO₃ et P-PO₄
 - Suivi de la température du sol
- **Nutrition :**
 - Prélèvements NPKS à divers stades
- **Rendement :**
 - Total et vendable, calibre
 - Pertes, maladies, etc.

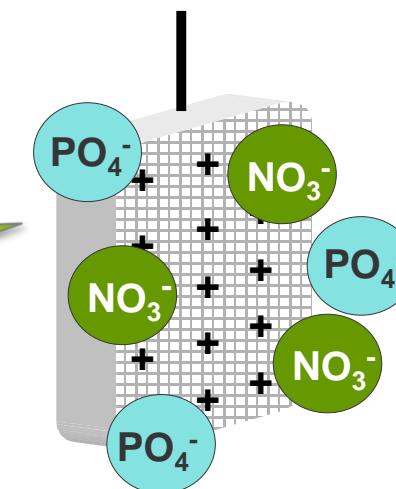


Suivis de la dynamique du N et P disponibles

irda



- Suivi automne : dès enfouissement EV – fin saison
- Suivi saison: dès dégel sol jusqu'à récolte
- 3 MEI anioniques / parcelle
- MEI insérée dans la zone utile de prélèvement (0-20 cm)



Chronologie des opérations culturales

Automne

Semis EV
fin juin

Sélection bulbes
et caïeux
début sept.

Plantation
début sept.

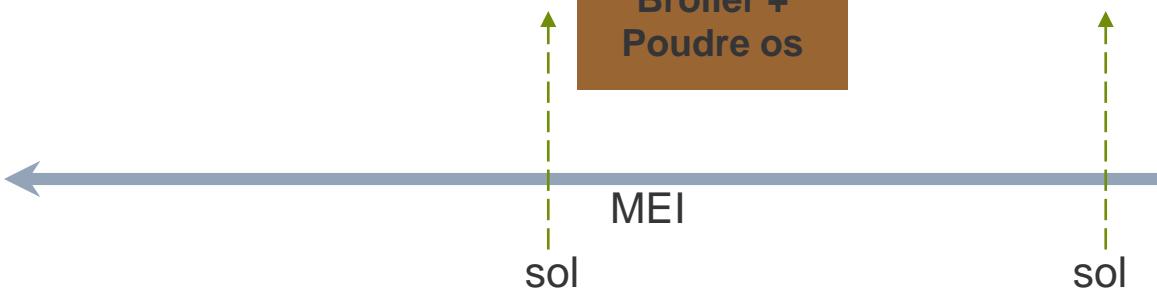
Paillage
fin sept.

Enfouissement
mi-août



Mélange
Avoine-pois
(90-90 kg/ha)

Broiler +
Poudre os



Printemps - été

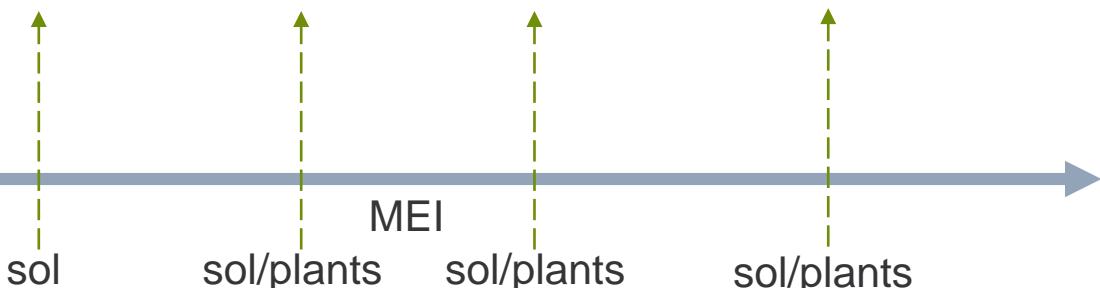
Stade
Reprise
fin avril

Pré-
bulbaison
fin mai

Bulbaison
fin juin

Récolte et
Classement
fin
juillet/début
août

Fientes
granulées
de poule
+ Sulfate
de potasse



Météo: deux saisons différentes!

irda

Cycle 2019-2020

AUTOMNE 2019

- Plus doux que normales 1981-2010
- « Tempête de l'Halloween »
- Novembre plus froid

PRINTEMPS – ÉTÉ 2020

- Chaud et sec
- T max moyenne : 23,5°C
- T min moyenne : 11,7°C
- Précipitation cumul. : 339 mm



(63 % en 6 fois – 29 événements)

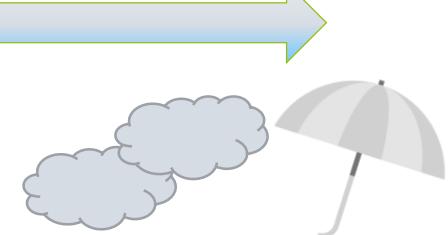
Cycle 2021-2022

AUTOMNE 2021

- 5ème plus chaud septembre des 100 dernières années au Québec
- Précipitations normales en Estrie

PRINTEMPS – ÉTÉ 2022

- Frais et pluvieux
- T max moyenne : 21,1°C
- T min moyenne : 8,6°C
- Précipitation cumul. : 321 mm



(62% en 21 fois – 49 événements)

Dispositif en automne

– Nbr réduit de traitements

1. sans paille – 0 EV – 0 EF
2. paille – 0 EV – 0 EF
3. sans paille – EV – 0 EF
4. paille – EV – 0 EF
5. paille – EV - Broiler

Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4
T7	T3	T2	T4
T8	T1	T5	T8
T3	T7	T4	T6
T5	T8	T1	T5
T4	T6	T3	T2
T6	T2	T7	T3
T1	T5	T8	T1
T2	T4	T6	T7

* En fin de saison après la plantation, l'engrais Actisol n'est pas encore appliqué, ce qui explique qu'il n'y ait que 5 régies différentes.

Suivi des flux de N-NO₃ en automne (années 2019 et 2021)

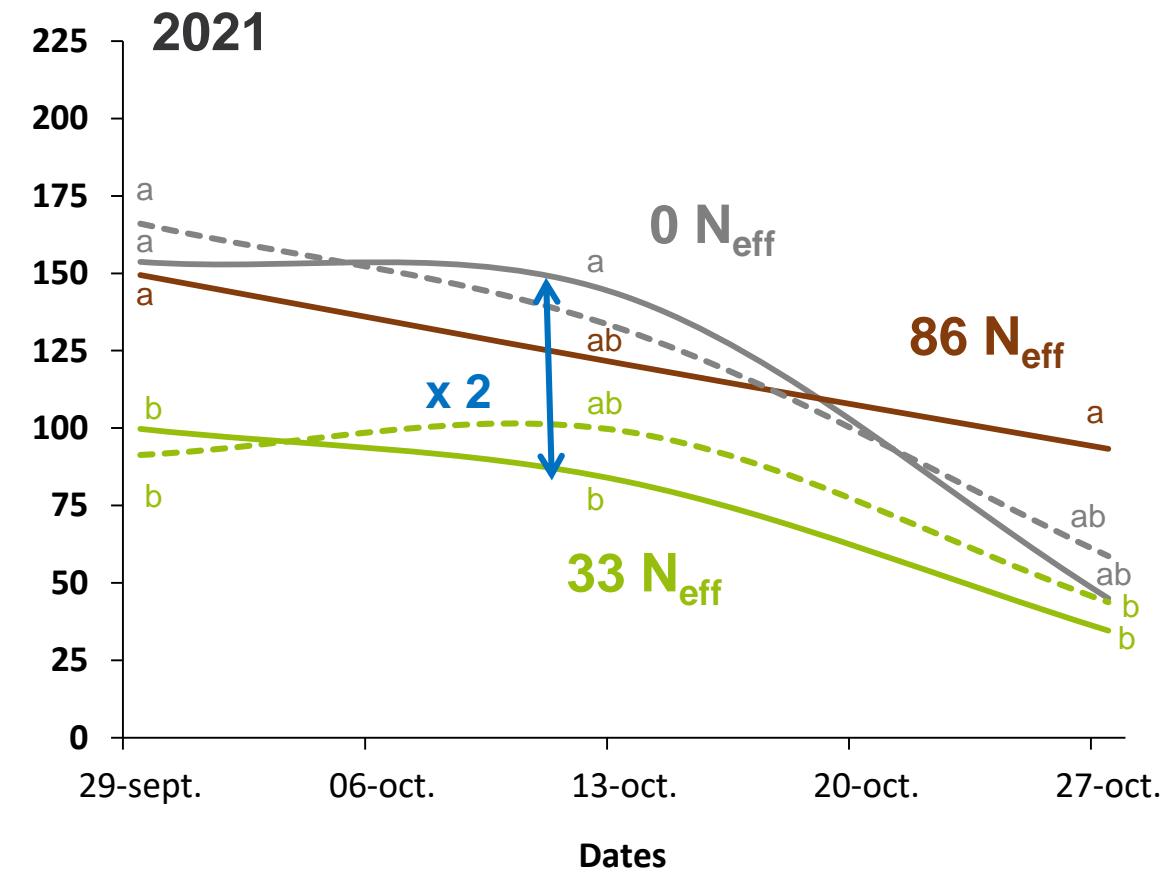
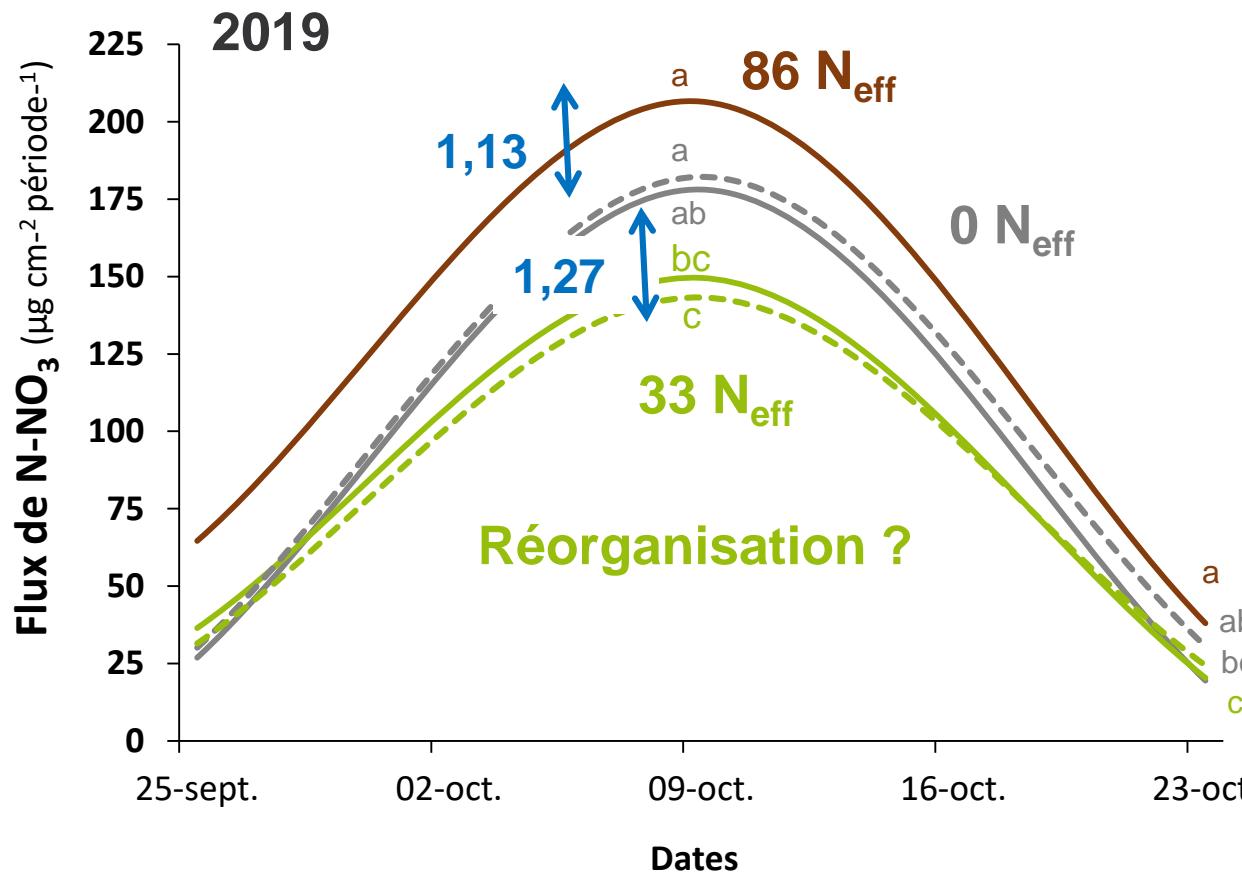
irda



- Paille_0 EV - 0 EF
- Paille_EV - 0 EF
- Paille_EV - Broiler
- 0 EV - 0 EF
- EV - 0 EF

Réglés : $P < 0,0001$
Régie X Année x période: $P < 0,0001$

- Le Broiler ↑ les flux N-NO₃ 1/2 années.
- Les EV ↓ Flux sous le sol témoin 2/2 années.



Suivi des flux de P-PO₄ en automne (années 2019 et 2021)

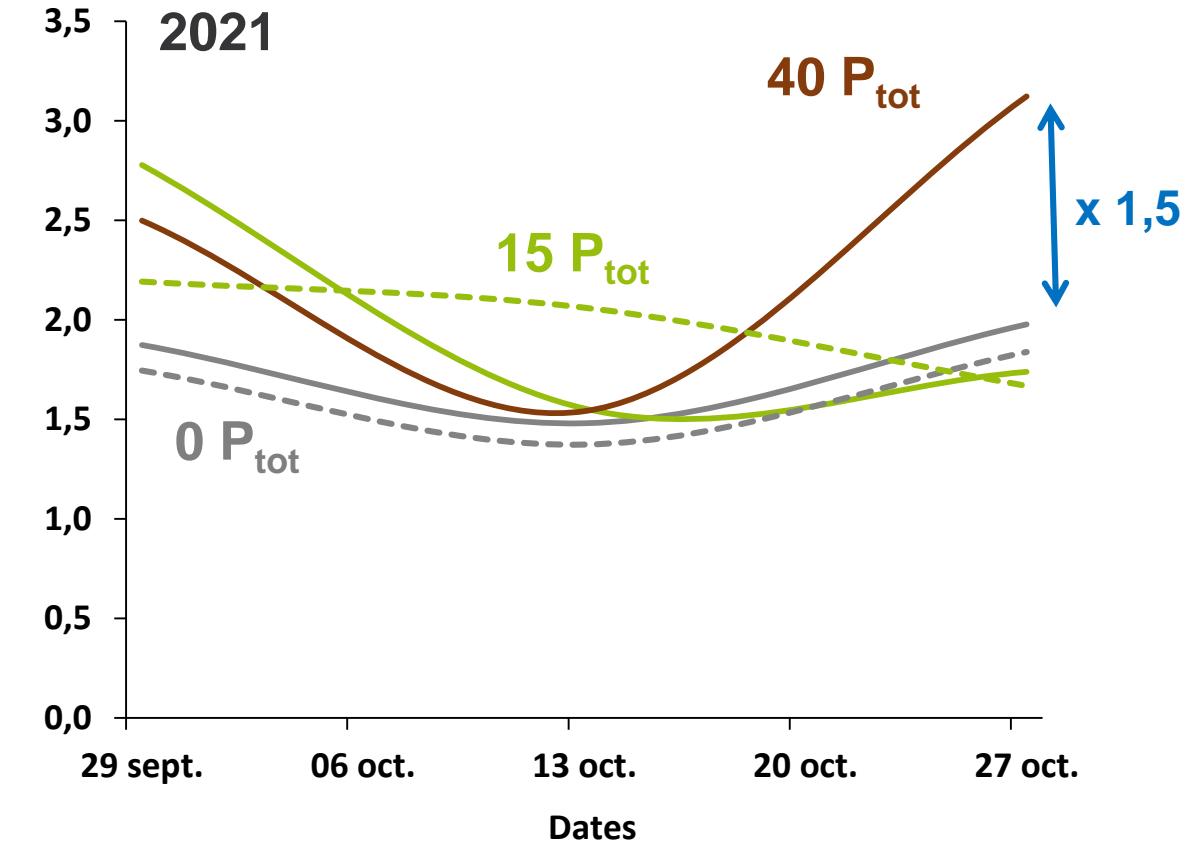
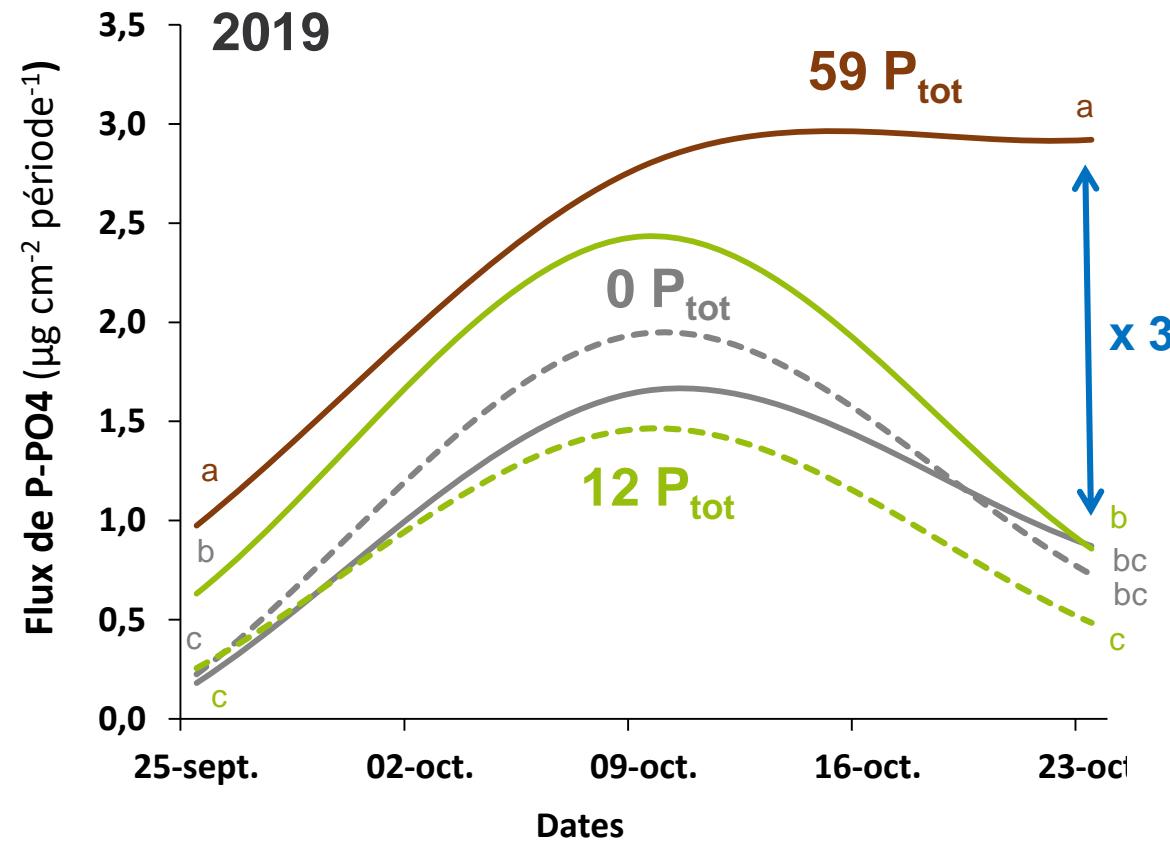
irda



- Paille_0 EV - 0 EF
- Paille_EV - 0 EF
- Paille_EV - Broiler
- 0 EV - 0 EF
- EV - 0 EF

Régies : $P < 0,0001$
Régie X Année x période: $P < 0,0001$

- Le Broiler ↑↑ les flux 2/2 années
- Pas d'effet spécifique EV



Fin saison 2019: paramètres du sol

Régies : $P = \text{ns}$ $P < 0,0007$ $P < 0,0127$

Régies fin automne* 2019	P soluble à l'eau	N-NO₃ résiduel	Potentiel de minéralisation du N-NO₃
	mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	
Paille – 0 EV – 0 EF	5,1	19 c	10 c
Paille – EV – 0 EF	5,1	22 cb	15 cb
Sans paille – EV – 0 EF	5,4	23 cb	20 a
Sans paille – 0 EV – 0 EF	6,3	26 b	18 ab
Paille – EV - Broiler	6,4	36 a	18 ab

Note: Seuil environnemental critique $P_{\text{eau}} = 9,7 \text{ mg L}^{-1}$

* En fin de saison après la plantation, l'engrais Actisol n'est pas encore appliqué, ce qui explique qu'il n'y ait que 5 régies différentes.

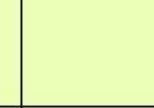


Dispositif en automne

– Nbr réduit de traitements

1. sans paille – 0 EV – 0 EF
2. paille – 0 EV – 0 EF
3. sans paille – EV – 0 EF
4. paille – EV – 0 EF
5. paille – EV - Broiler

6. sans paille – EV – Actisol 60
7. paille – EV – Actisol 60
8. sans paille – 0 EV – Actisol 110

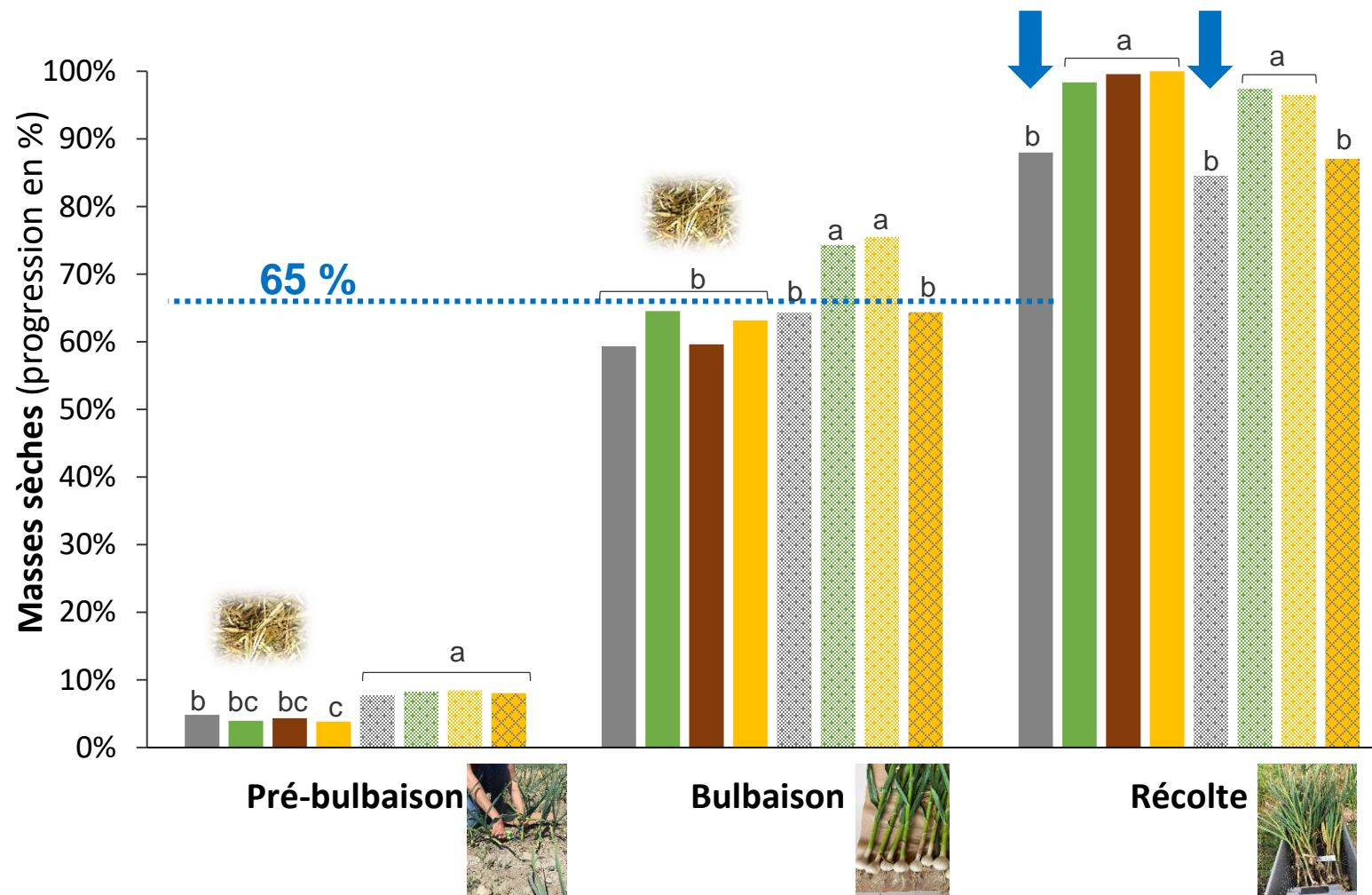
Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4
 L'engrais Mère	 T3	 T2	 T2
 L'engrais Mère	 T1		 T5
 T3	 L'engrais Mère	 L'engrais Mère	 T6
	T5		 T1
 L'engrais Mère		 T3	 T2
		T6	
	 T2	 L'engrais Mère	 T3
 T1		 L'engrais Mère	 T1
		T5	
 T2	 L'engrais Mère		 T6

Masses sèches des plants (2020)

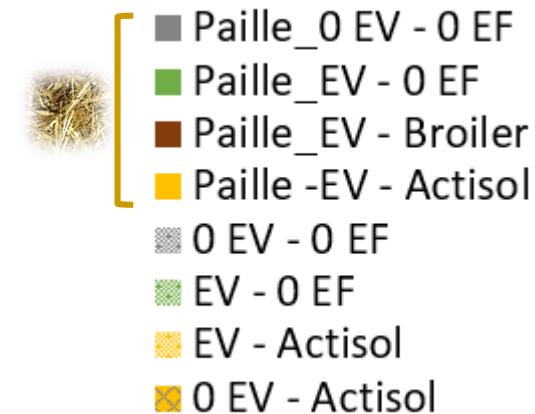
irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année x période: $P < 0,0001$



- Délai avec paille – 1 semaine
- 65 % MS bulaison
- Au final – plants 0N plus petits + Actisol sans EV

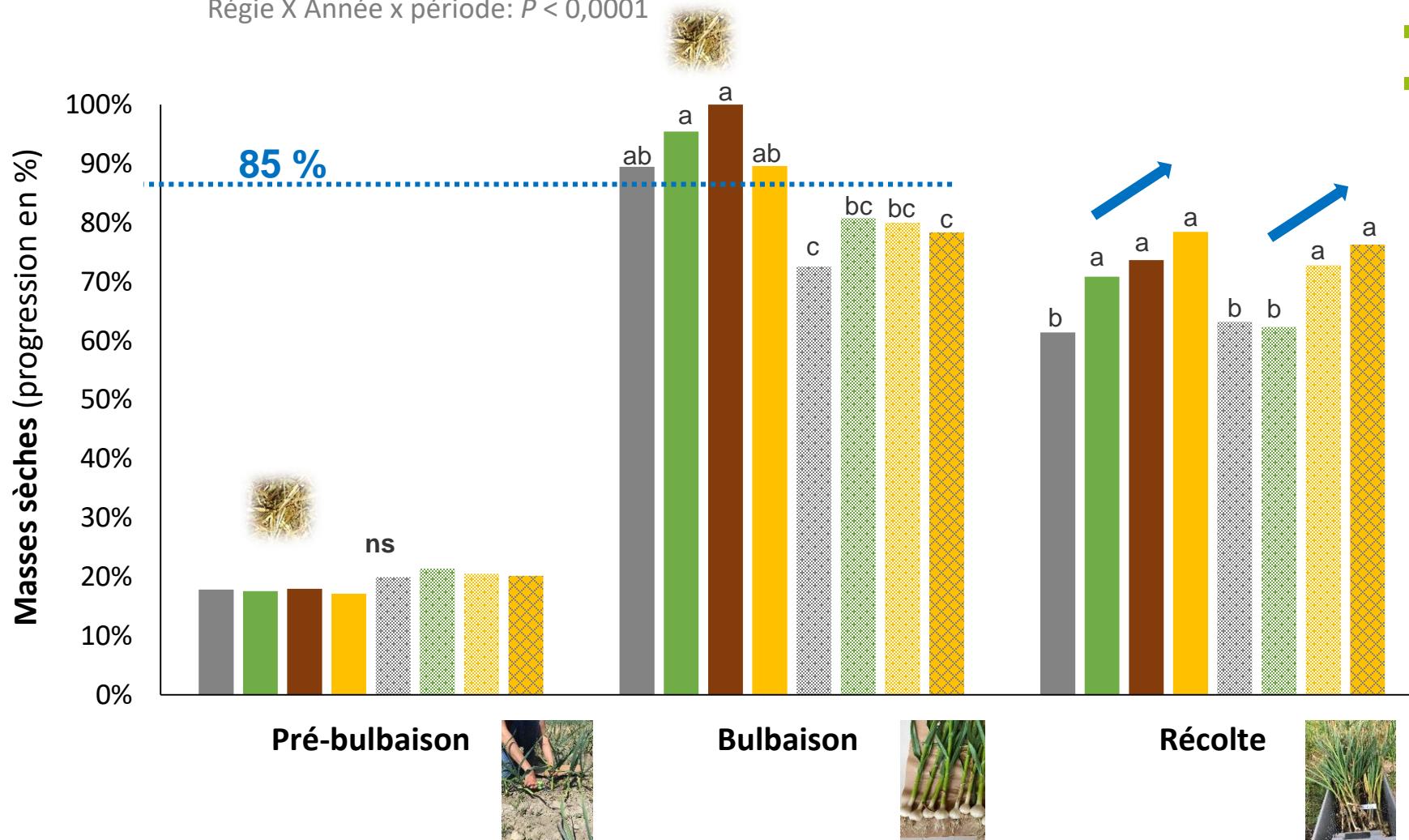


Masses sèches des plants (2022)

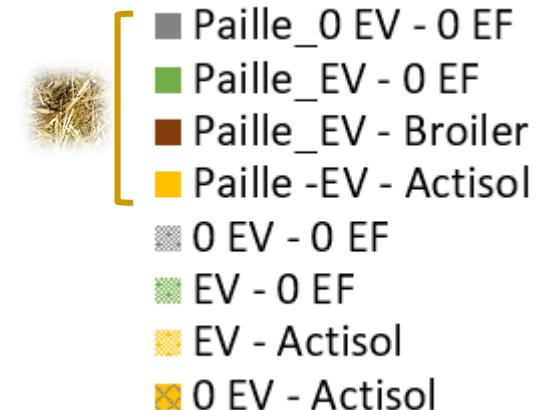
irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année x période: $P < 0,0001$



- Délai avec la paille
- 85 % MS Bulbaision
- Au final – plants 0N plus petits.



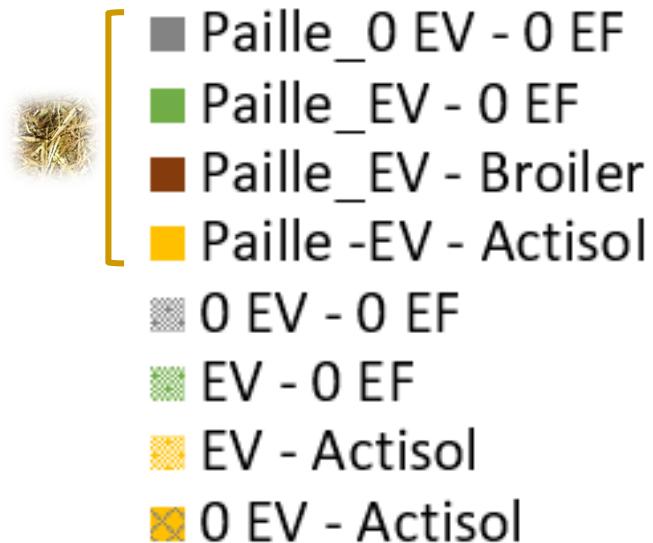
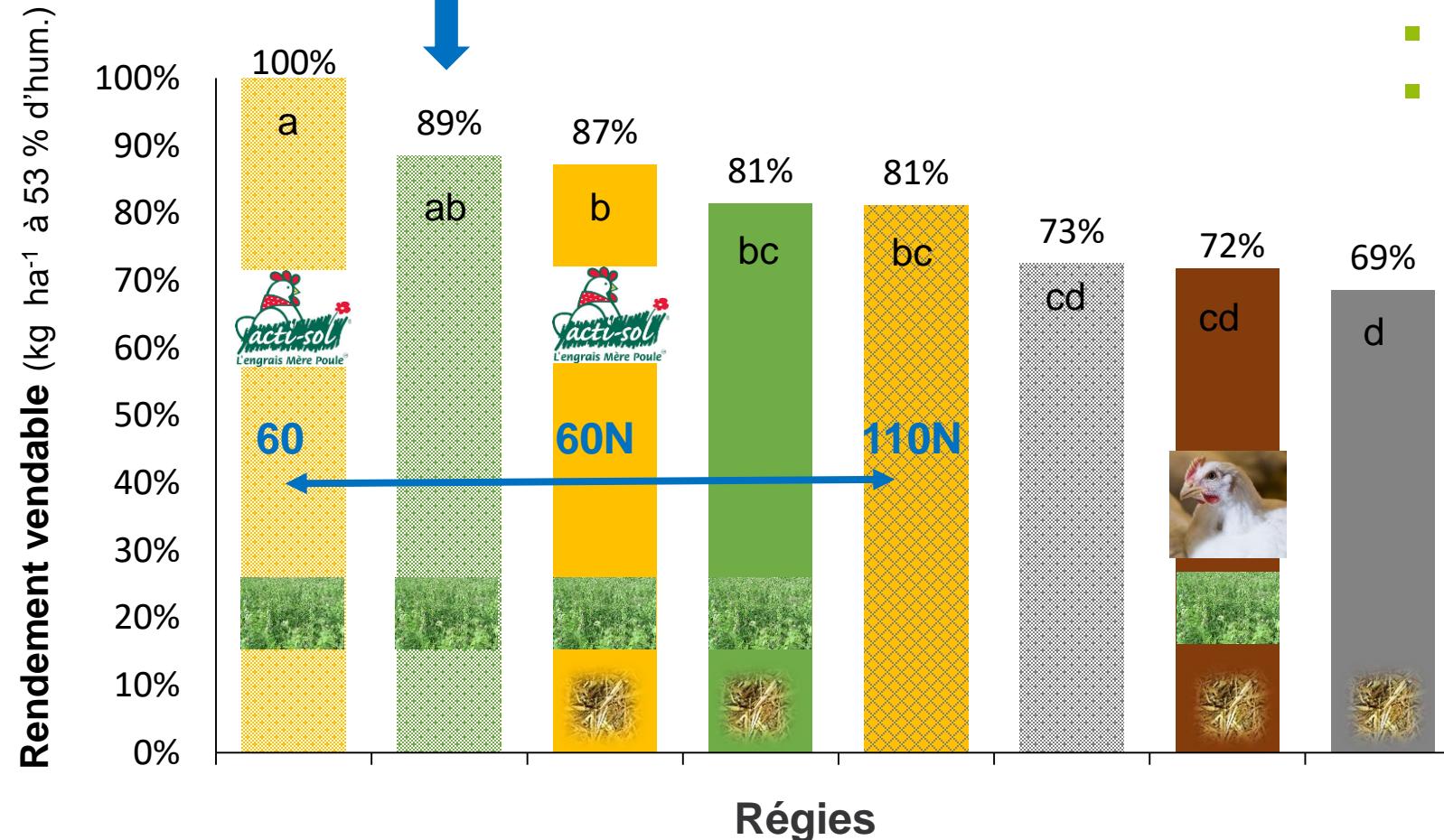
Rendements vendables: kg ha⁻¹ (2020)

irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année : $P < 0,0026$

- Très peu de gain avec Broiler (-30%)
- Actisol dans 2/3 meilleurs rdt
- EV dans les 4 meilleurs rdt
- Actisol60_EV mieux que Actisol110
- Paille : pas de lien direct avec rdt



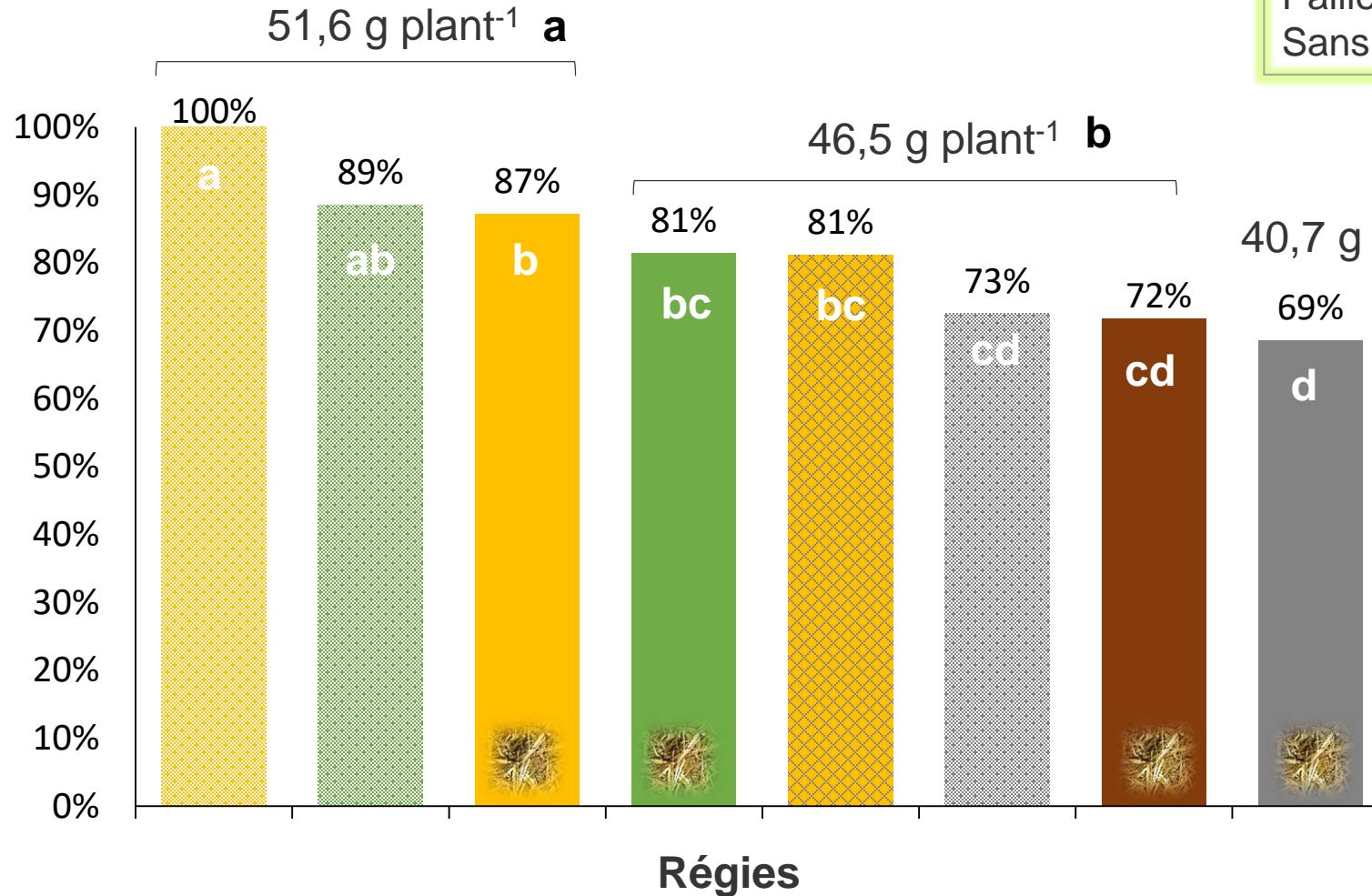
Rendements vendables: g plant⁻¹ (2020)

irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année : $P < 0,0026$

Rendement vendable (kg ha⁻¹ à 53 % d'hum.)



% de levée (zone de rendement)

Paille:

2020: 78 %; 2022: 89 %

Sans paille

2020: 84 %; 2022: 88 %



- Paille_0 EV - 0 EF
- Paille_EV - 0 EF
- Paille_EV - Broiler
- Paille -EV - Actisol
- 0 EV - 0 EF
- EV - 0 EF
- EV - Actisol
- 0 EV - Actisol

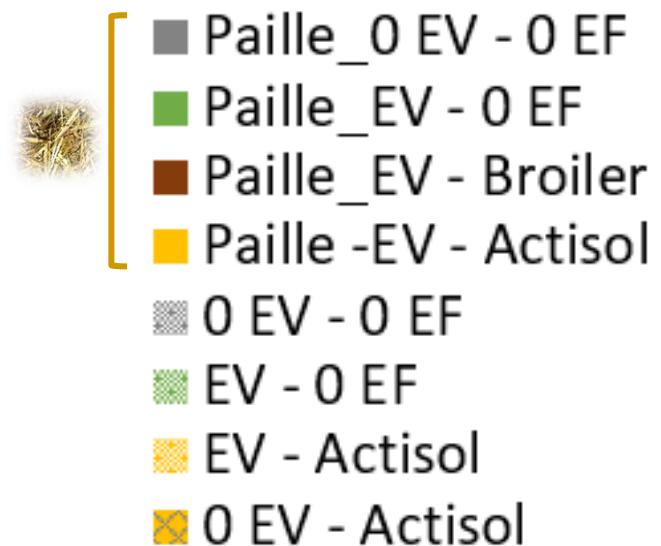
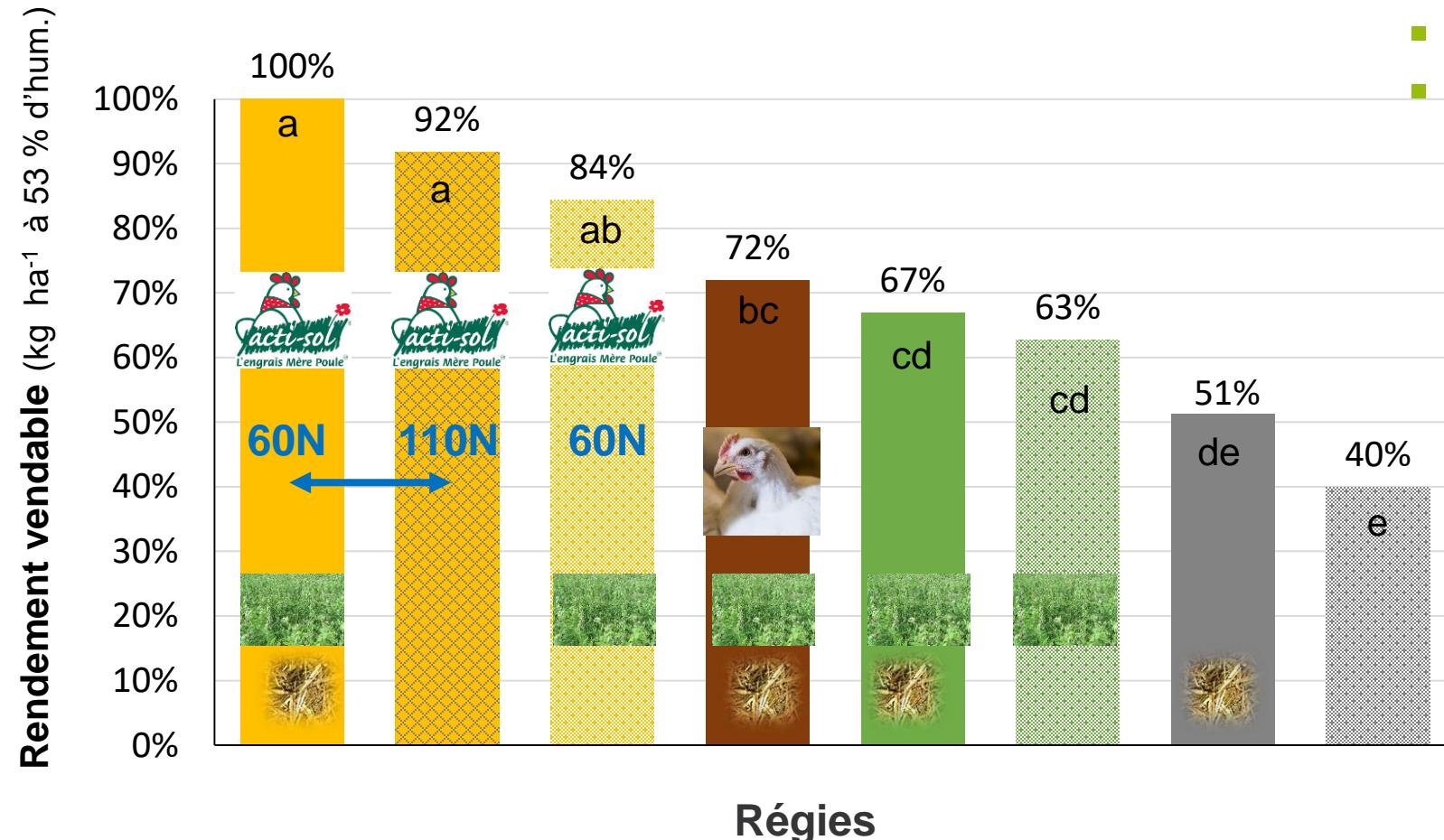
Rendements vendables: kg ha⁻¹ (2022)

irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année : $P < 0,0026$

- 30% moins de gain avec Broiler
- Actisol dans 3/3 meilleurs rdt
- EV dans 3/4 meilleurs rdt
- Actisol60_EV mieux que Actisol110
- Paille : pas de lien direct avec rdt



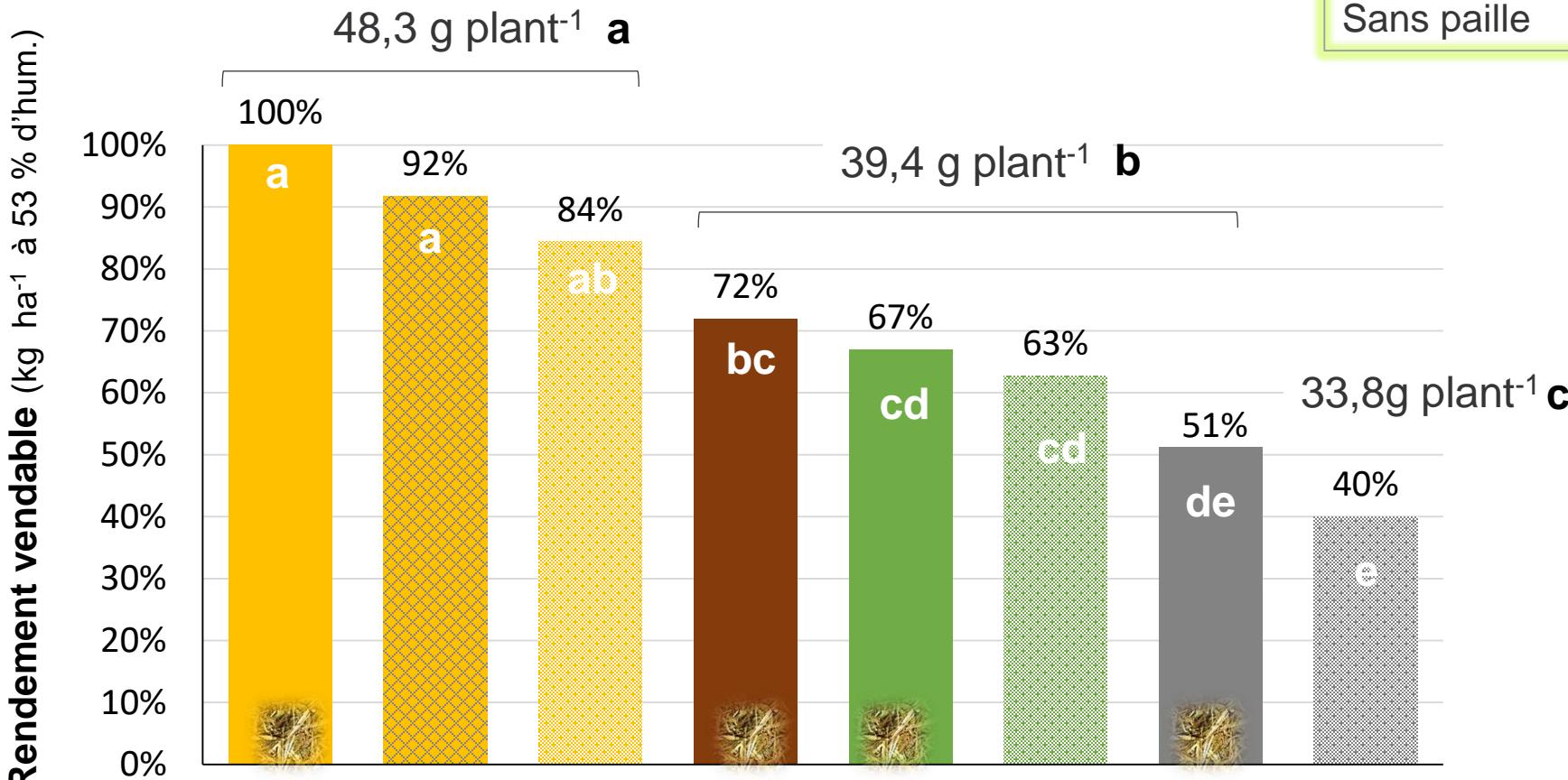
Rendements vendables: g plant⁻¹ (2022)

irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année : $P = 0,0026$

Rendement vendable (kg ha⁻¹ à 53 % d'hum.)



% de levée (zone de rendement)

Paille:	2020: 78 %; 2022: 89 %
Sans paille	2020: 84 %; 2022: 88 %

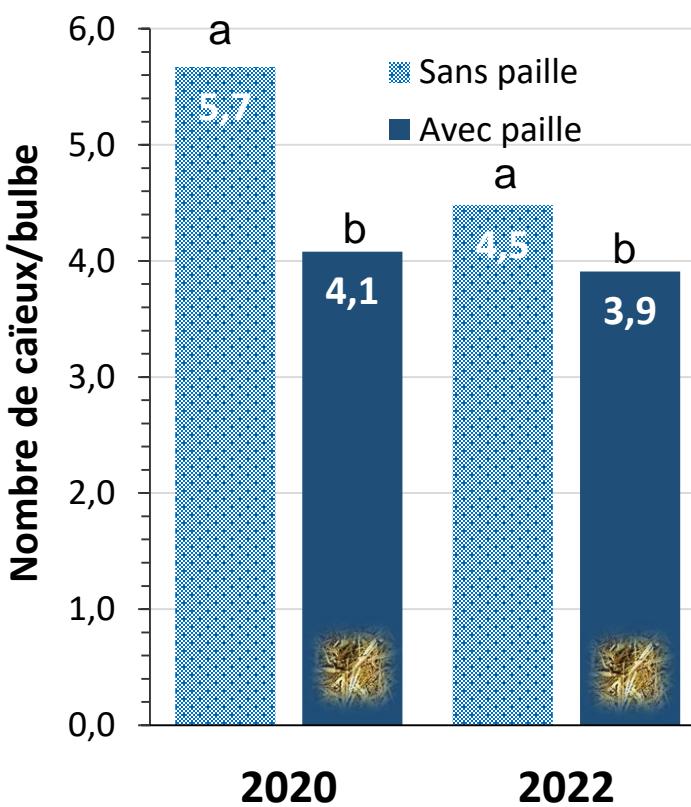


- Paille_0 EV - 0 EF
- Paille_EV - 0 EF
- Paille_EV - Broiler
- Paille -EV - Actisol
- 0 EV - 0 EF
- EV - 0 EF
- EV - Actisol
- 0 EV - Actisol

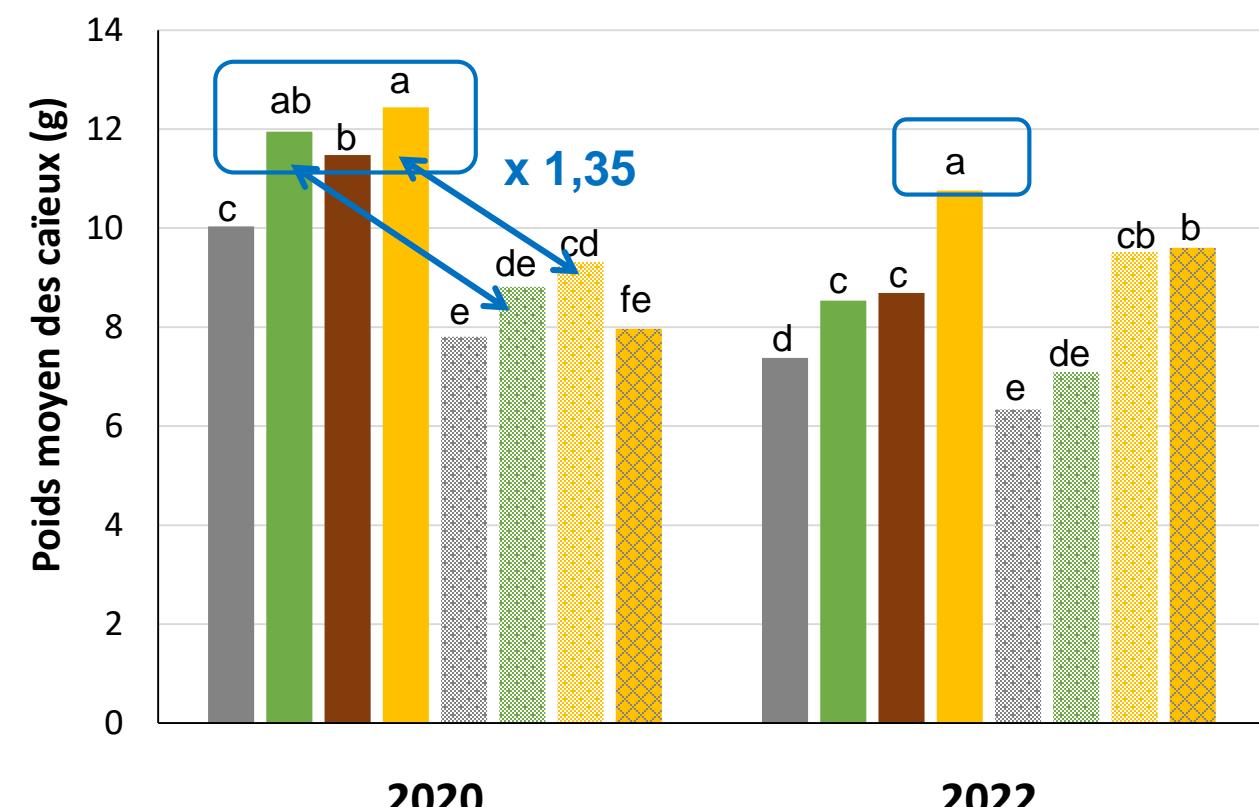
Nbre de caïeux par bulbe et poids moyen des caïeux années 2020 et 2022

irda

Régies : $P < 0,0001$
Régie X Année : $P < 0,0001$



Treatment	Symbol
Paille_0 EV - 0 EF	Grey square
Paille_EV - 0 EF	Green square
Paille_EV - Broiler	Brown square
Paille -EV - Actisol	Yellow square
0 EV - 0 EF	Grey circle
EV - 0 EF	Green circle
EV - Actisol	Yellow circle
0 EV - Actisol	Yellow cross



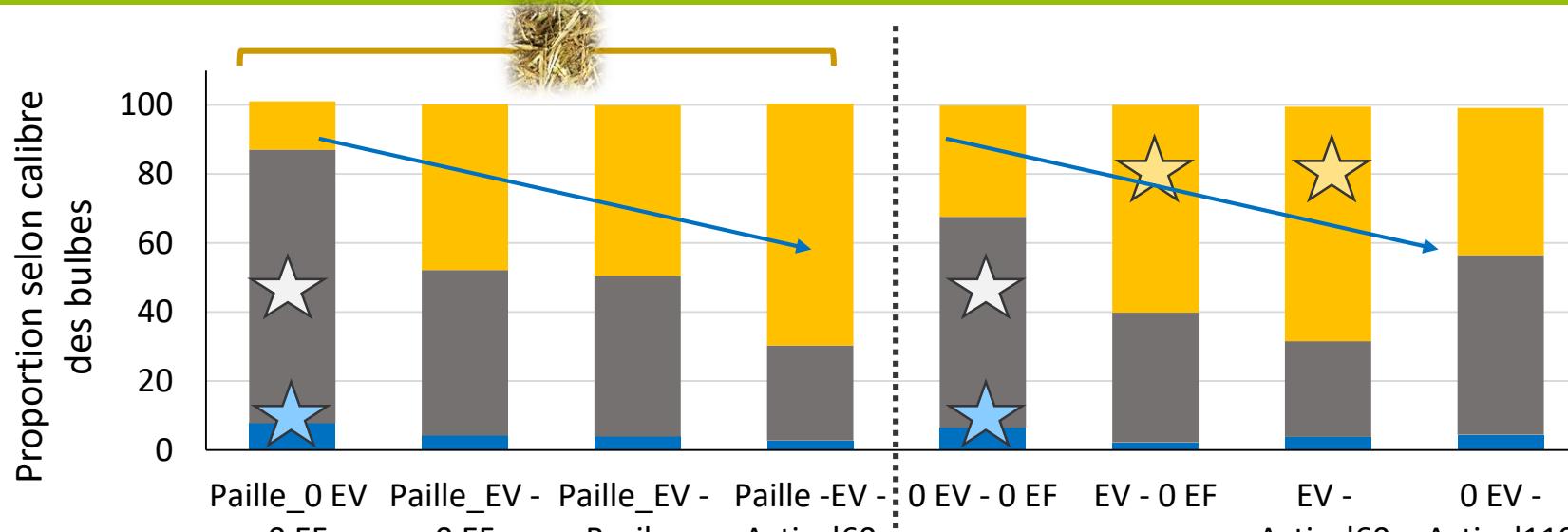
Régies : $P < 0,0001$
Régie X Année : $P < 0,0001$

Proportion des calibres (rendement commercialisable)

(années 2020 et 2022)

irda

2020



Calibres

% > 51 g

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année : $P = 0,0058$

% 30-50 g

Régies : $P = 0,0001$

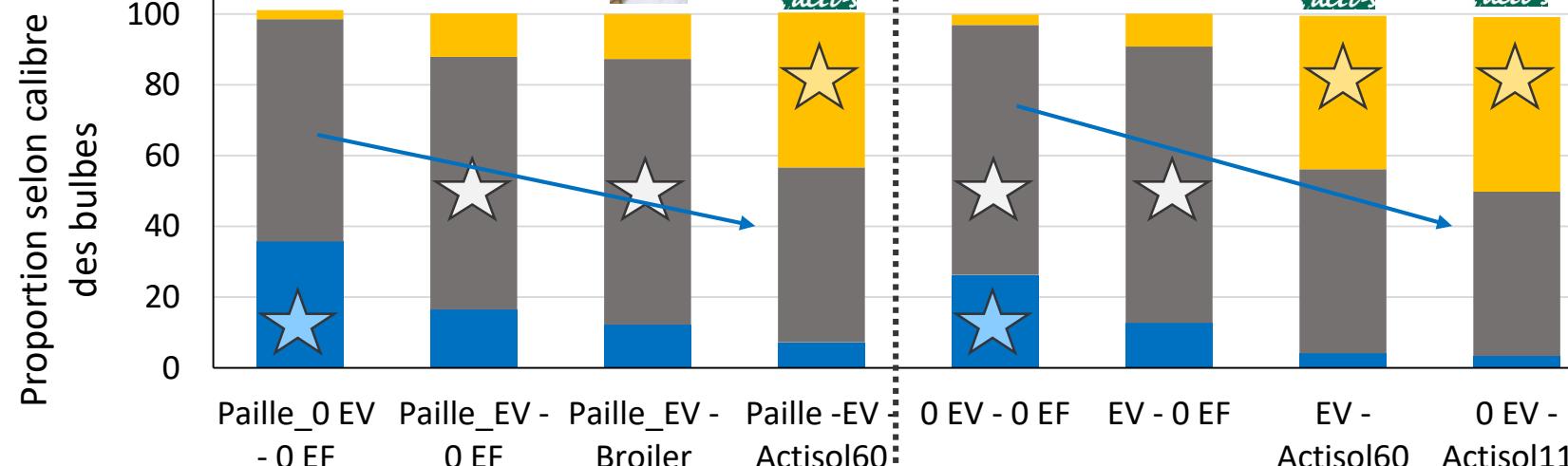
Régie X Année : $P = 0,0254$

% < 30 g

Régies : $P = 0,0003$

Régie X Année : $P = 0,0006$

2022



Proportion de bulbes déclassés (2020 et 2022)

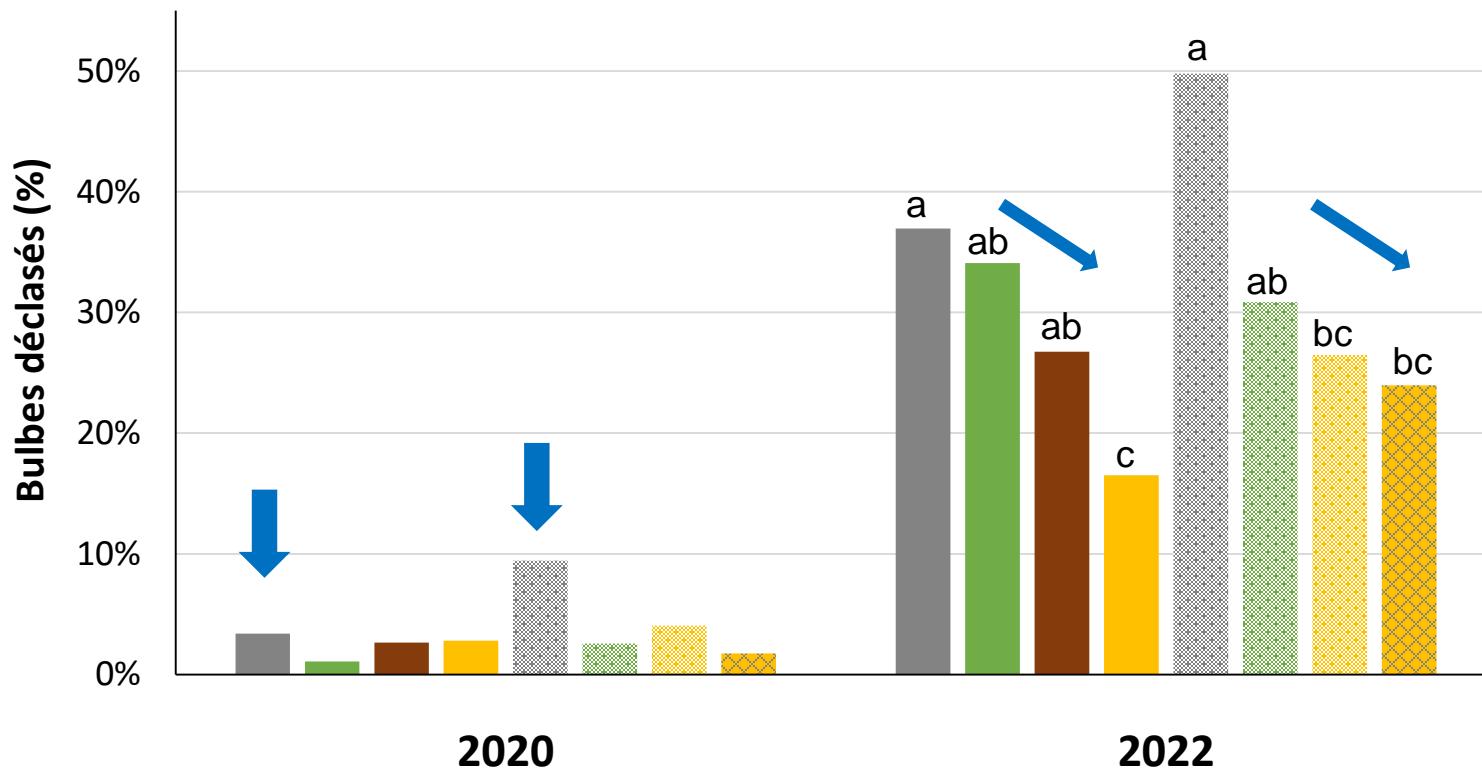
irda

Régies : $P = 0,0122$

Régie X Année : « $P = 0,1335$ »



- Paille_0 EV - 0 EF
 - Paille_EV - 0 EF
 - Paille_EV - Broiler
 - Paille -EV - Actisol
- 0 EV - 0 EF
 - EV - 0 EF
 - EV - Actisol
 - 0 EV - Actisol



- Beaucoup plus de pertes en 2022
- Effet de dose de N plus que de paille
- Bulbes déclassés pour éclatement – maladie ?



Prélèvements et Exportations pour les meilleurs Rdt

irda

Prélèvements * (moy. 2020 et 2022).

Année	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₃
	-----kg ha ⁻¹ -----			
2020	89	39	77	NA
2022	76	31	76	41



États ou Provinces	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Références
	-----kg/ha-----			
Québec	110	30-190	20-185	CRAAQ, 2010

L'ail préleverait environ 120 kg SO₃ / ha ou 48 kg S/ha

Exportations * (moy. 2020 et 2022).

Année	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₃
	-----kg ha ⁻¹ -----			
2020	70	34	42	NA
2022	55	24	35	31

[Espagnacq, 1988 dans CTILF, 2021; variétés françaises cité dans Chapitre 3, Landry et coll., Guide de production ail biologique, 2020]



* Moyenne des meilleurs rendements

Suivi des flux de N-NO₃ en saison (années 2020 et 2022)

irda

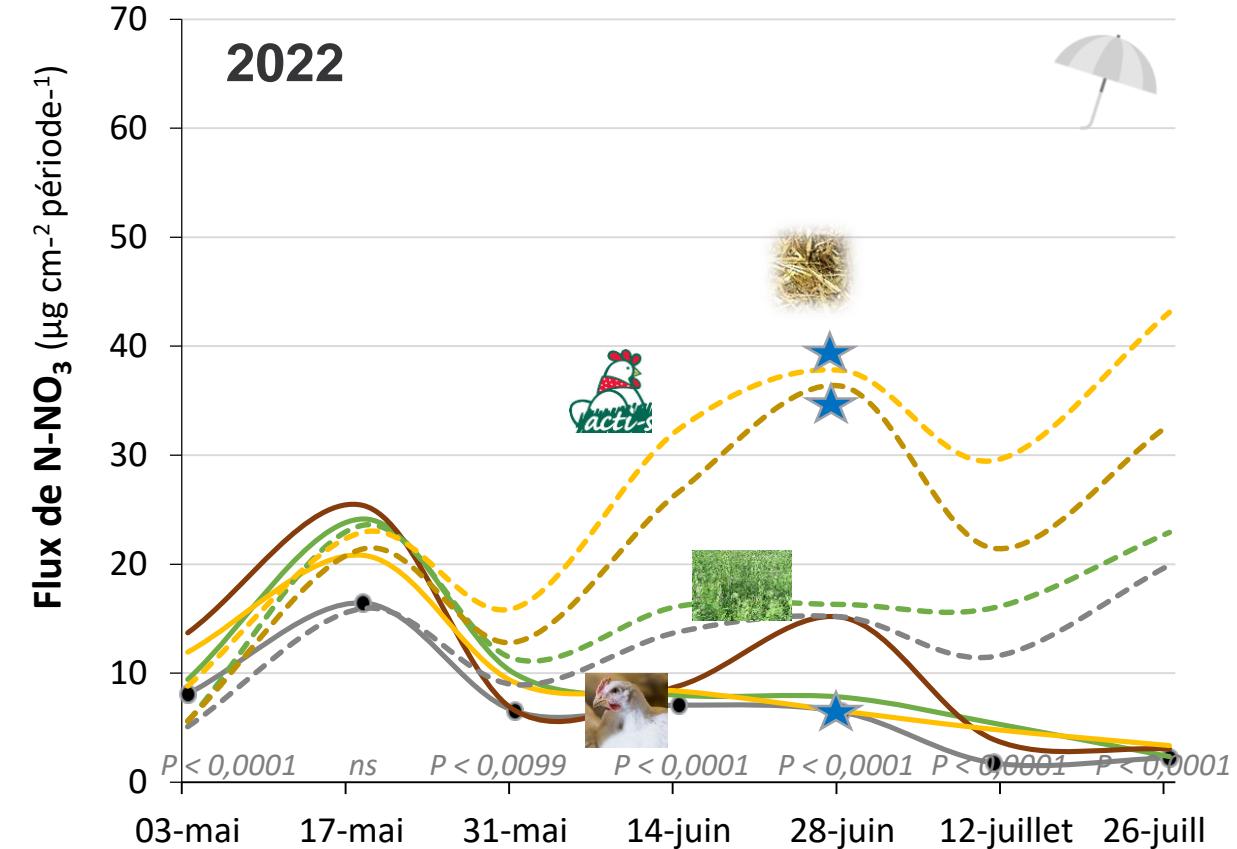
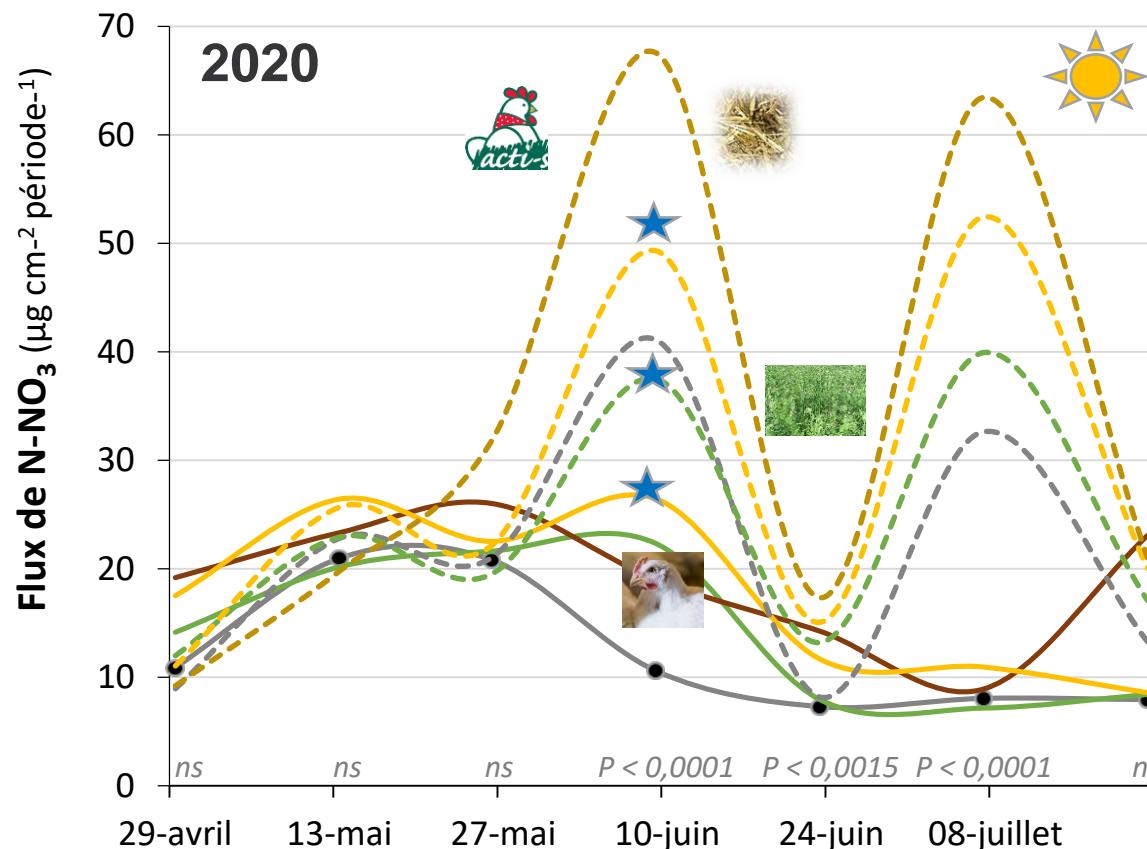
Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année x période : $P < 0,0128$

— Paille_0 EV - 0 EF
 — Paille_EV - 0 EF
 — Paille_EV - Broiler
 — Paille -EV - Actisol

- - - 0 EV - 0 EF
 - - - EV - 0 EF
 - - - EV - Actisol
 - - - 0 EV - Actisol

- Fort effet de la paille : ↑ Flux N
- Actisol > EV > Broiler (paille)



Suivi des flux de P-PO₄ en saison (années 2020 et 2022)

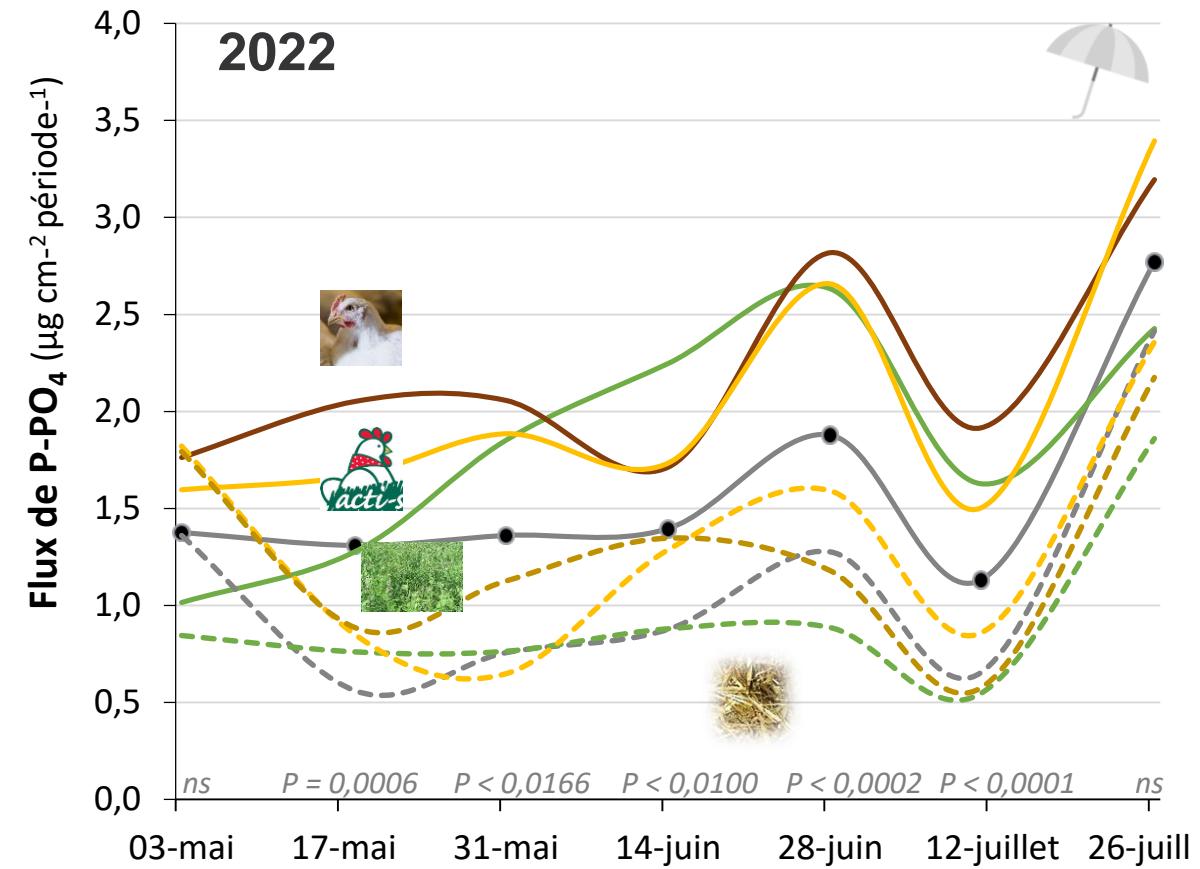
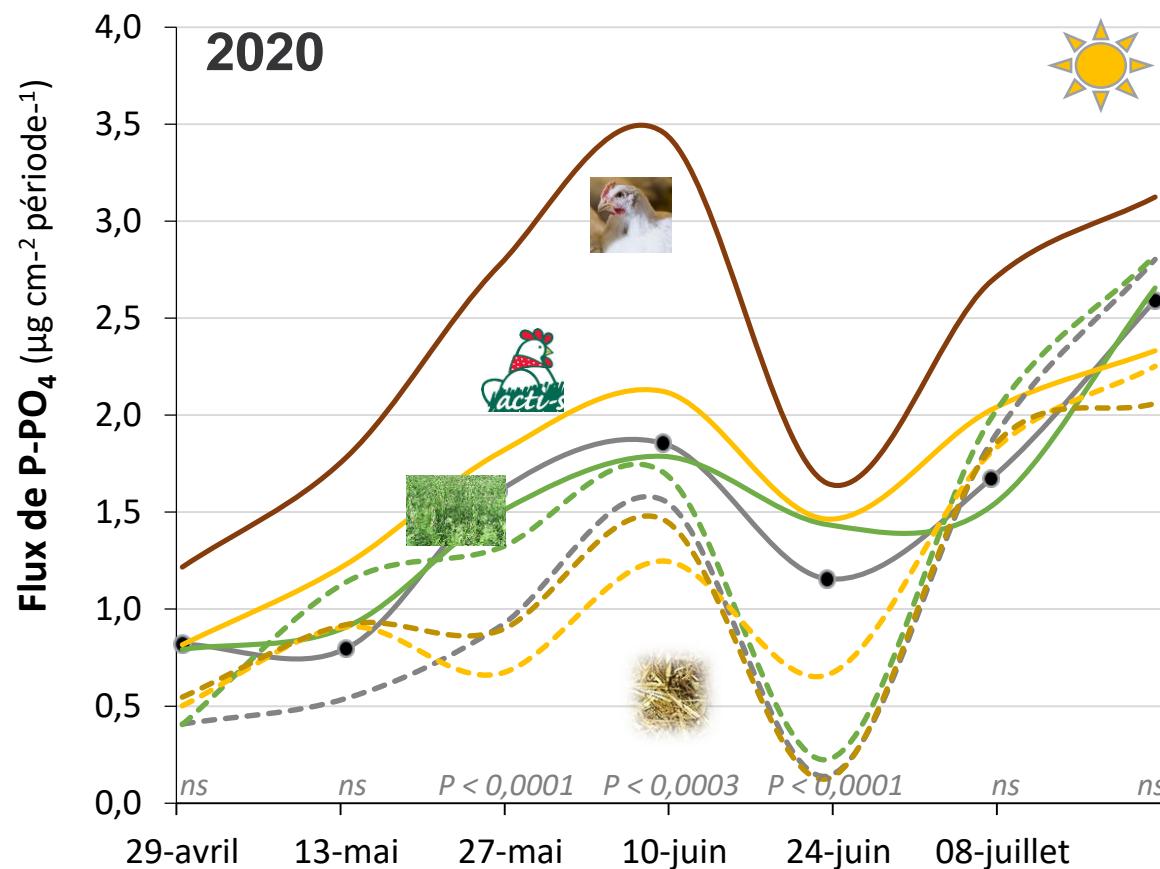
irda

Régies : $P < 0,0001$

Régie X Année x période : $P < 0,0001$

	Paille_0 EV - 0 EF	0 EV - 0 EF
Paille_EV - 0 EF	—	- - -
Paille_EV - Broiler	—	- - -
Paille_EV - Actisol	—	- - -
Paille -EV - Actisol	—	- - -
EV - 0 EF	- - -	—
EV - Actisol	- - -	—
0 EV - Actisol	- - -	—

- Fort effet de la paille : ↓ Flux P
- Broiler > Actisol > EV



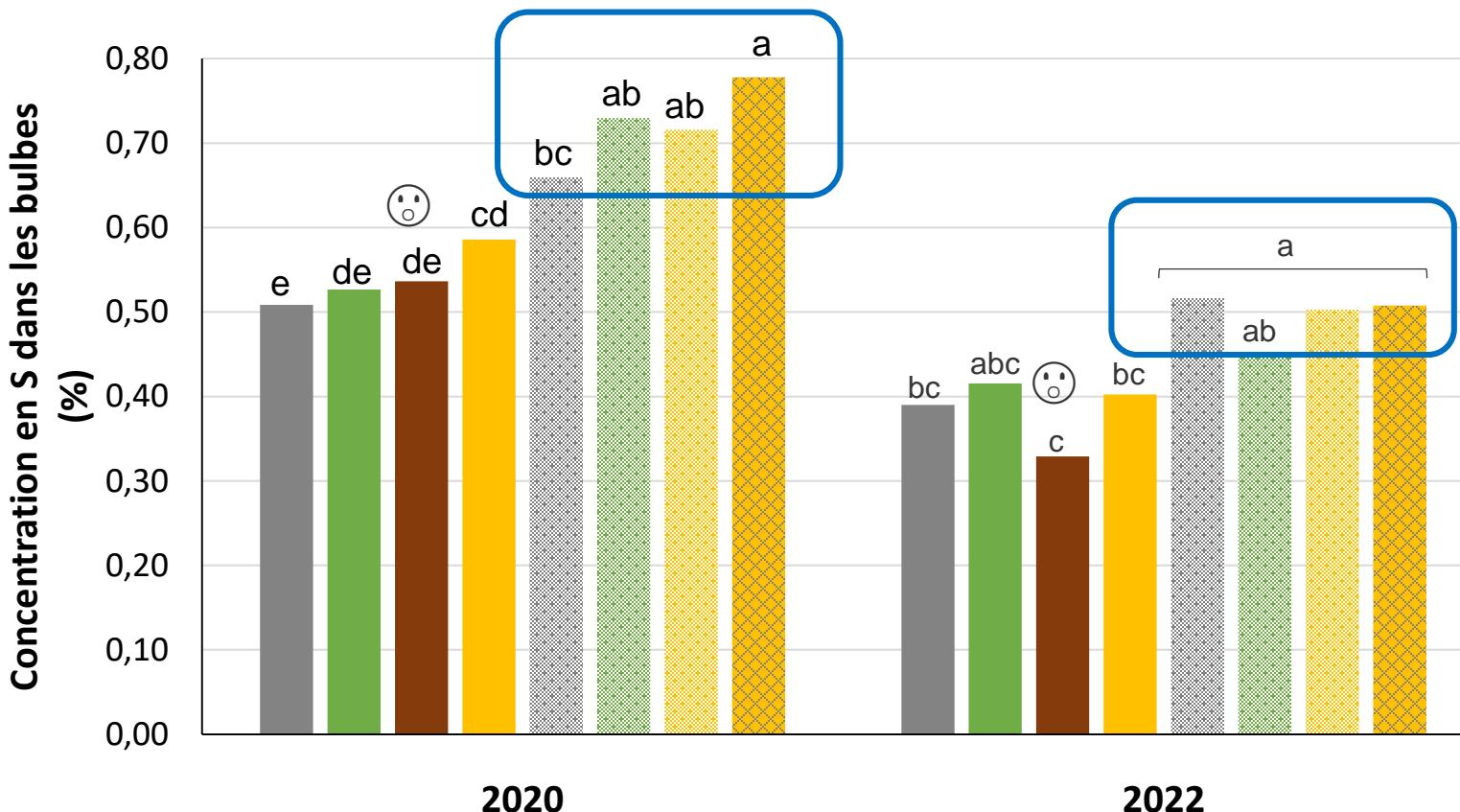
Concentration en S dans les bulbes (%)

irda

Régies : $P < 0,0001$
 Régie X Année : $P < 0,0496$



- Paille_0 EV - 0 EF
- Paille_EV - 0 EF
- Paille_EV - Broiler
- Paille -EV - Actisol
- 0 EV - 0 EF
- EV - 0 EF
- EV - Actisol
- 0 EV - Actisol

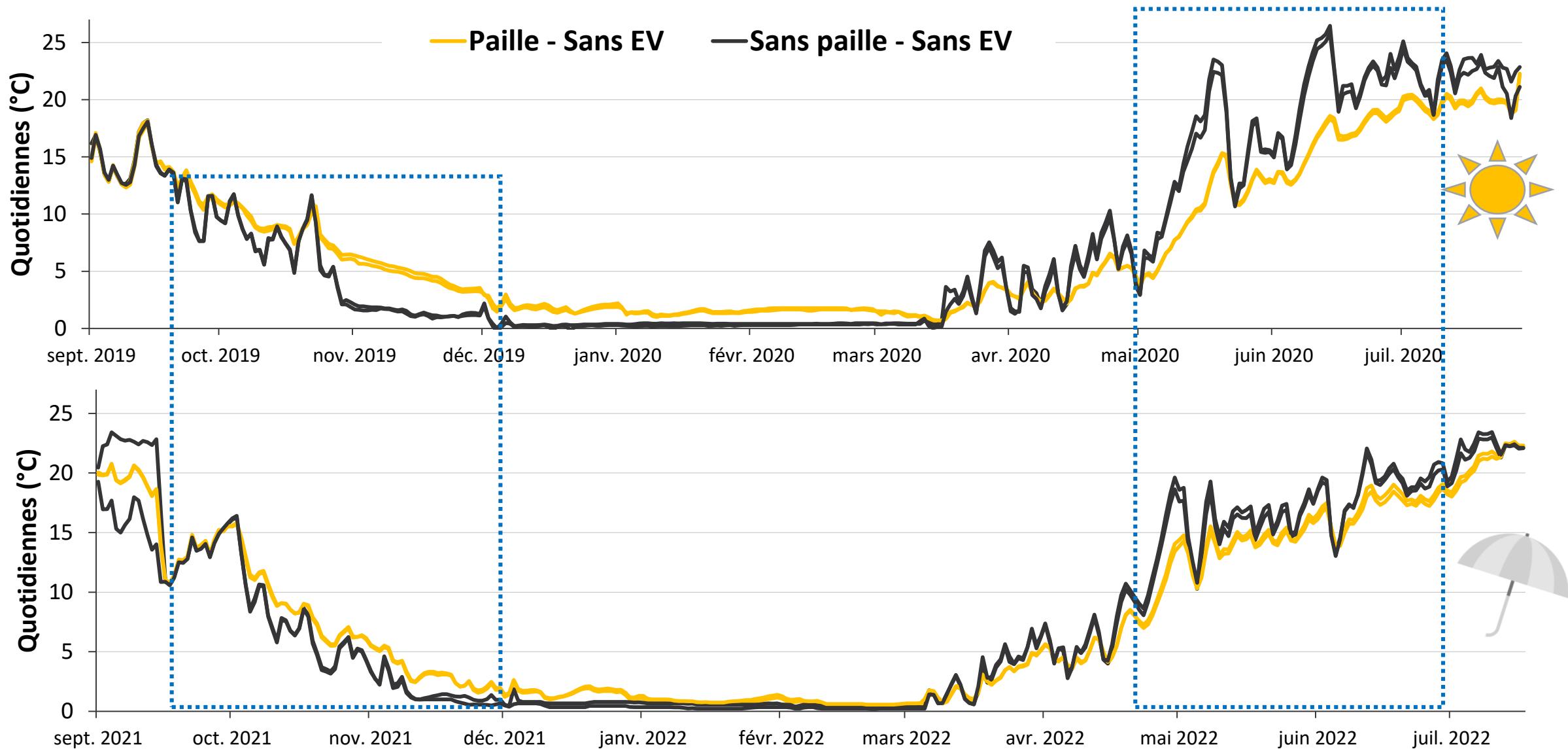


- Effet de paille plus que de type de fertilisants.
- Broiler = témoin

2022	Contenu en S		Apports en S
	(%)	kg T ⁻¹	kg ha ⁻¹
EV avoine-pois (4646 kg ha ⁻¹)	0,15	1,5	7,0
Actisol 60 N _{eff} (1 600 kg ha ⁻¹)	-	-	6,8
Actisol 110 N _{eff} (2 900 kg ha ⁻¹)	0,43	4,3	12,5

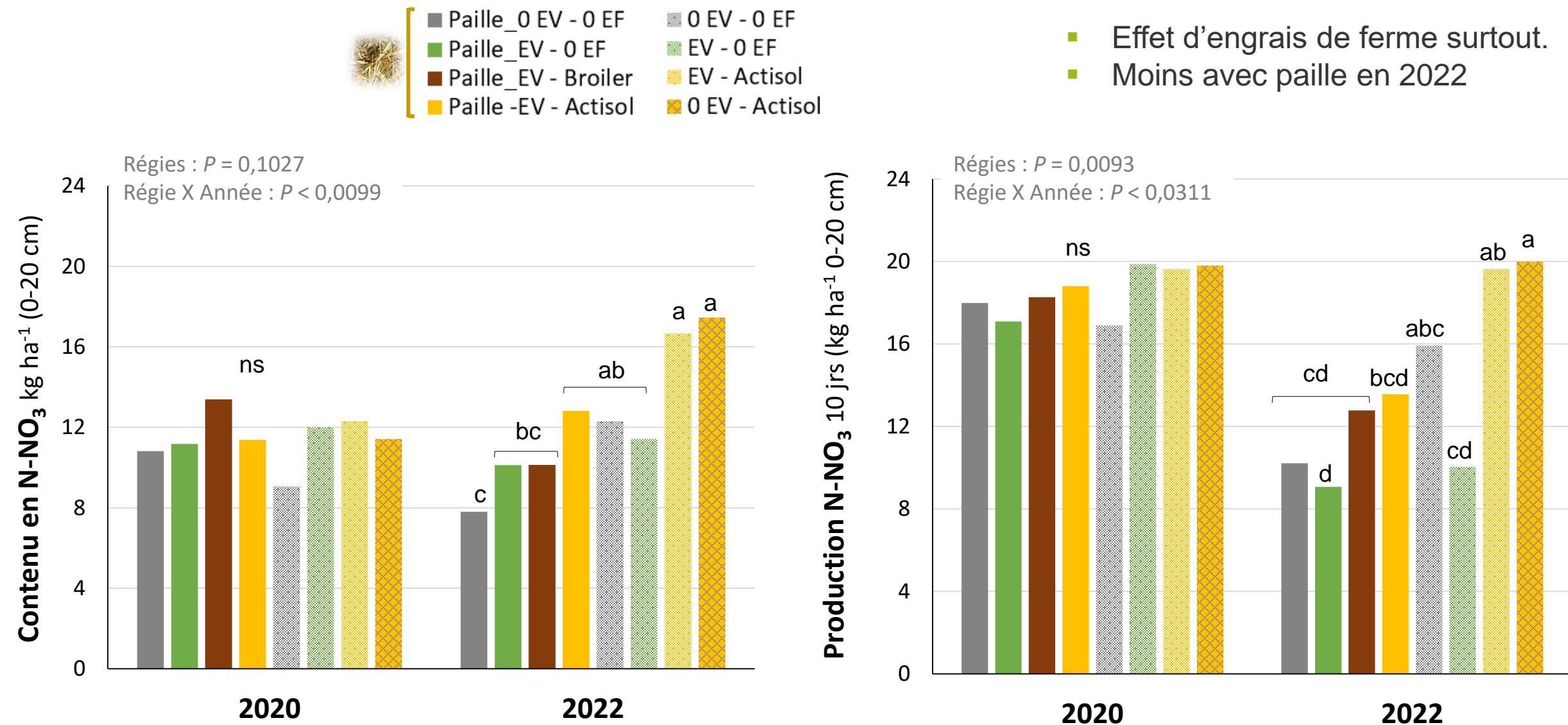


Température du sol selon le paillage ou non et selon la présence d'EV ou non, pour les cycles de l'ail 2019-2020 et 2021-2022



N-NO₃ résiduel et potentiel de production de N-NO₃ post-récolte (années 2020 et 2022)

irda



Après deux cycles complets de culture en ail bio:

- La régie avec Broiler n'apparaît pas gagnante: - 30 % Rendement vs meilleur. Flux de P élevé.
- Actisol : efficace à générer du N disponible et de plus hauts rendements. N résiduel attention.
- EV : semble favoriser de meilleurs rendements. EV+Actisol_60 mieux que 100_Actisol.
- La paille :
 - diminue le nitrate résiduel et le potentiel de minéralisation en automne.
 - pas d'effet sur les rendements (kg/ha) mais influence la grosseur des caïeux (\uparrow)
 - délai de une semaine sur le développement
 - stabilise la température du sol.
 - diminue les flux de NO₃ mais hausse flux PO₄.
 - effet sur le S ?
- Le S: besoin de connaissances (impact de la régie). Moins de prélèvement qu'attendu.
- Le K : Considérer celui des EV (134-186 kg K₂O ha⁻¹)? Moins de prélèvement qu'attendu.

Merci - Questions

