

TRAJECTOIRE

AgroParisTech

Optimisation de systèmes de culture biomasse pour une méthanisation durable

Premiers enseignements de la plateforme Trajectoire

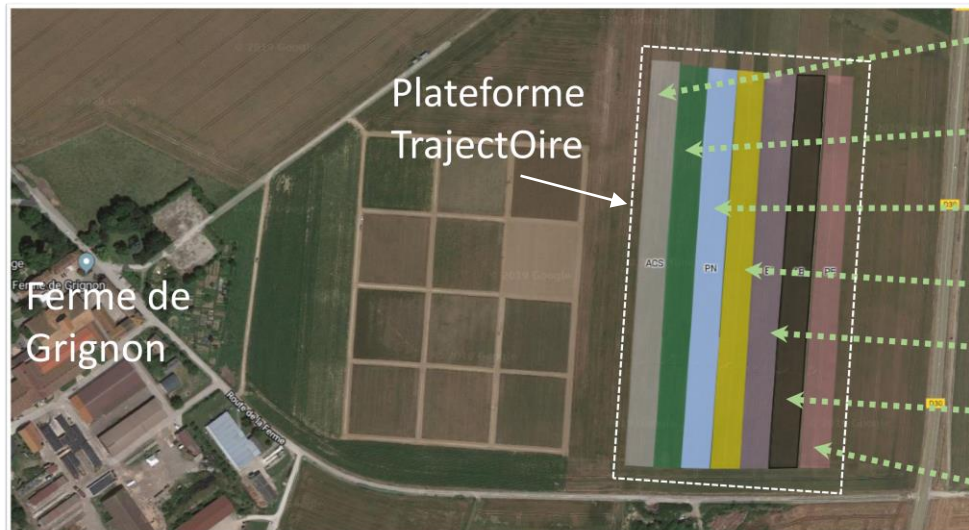
Sophie Carton – Yves Python

22 janvier 2025

Présentation du dispositif



Une parcelle homogène de la ferme d'AgroParisTech à Grignon, divisée en sept systèmes de culture en bandes de plus d'1 ha chacune



- Agriculture de conservation des sols (ACS)
- Bas carbone (GES-)
- Performance nourricière (PN+)
- Référence (REF) / Méthanisation orientation végétale (MOV)
- Bas intrants (BI)
- Agriculture biologique (AB)
- Interactions avec l'élevage (PE) / Méthanisation orientation animale (MOA)

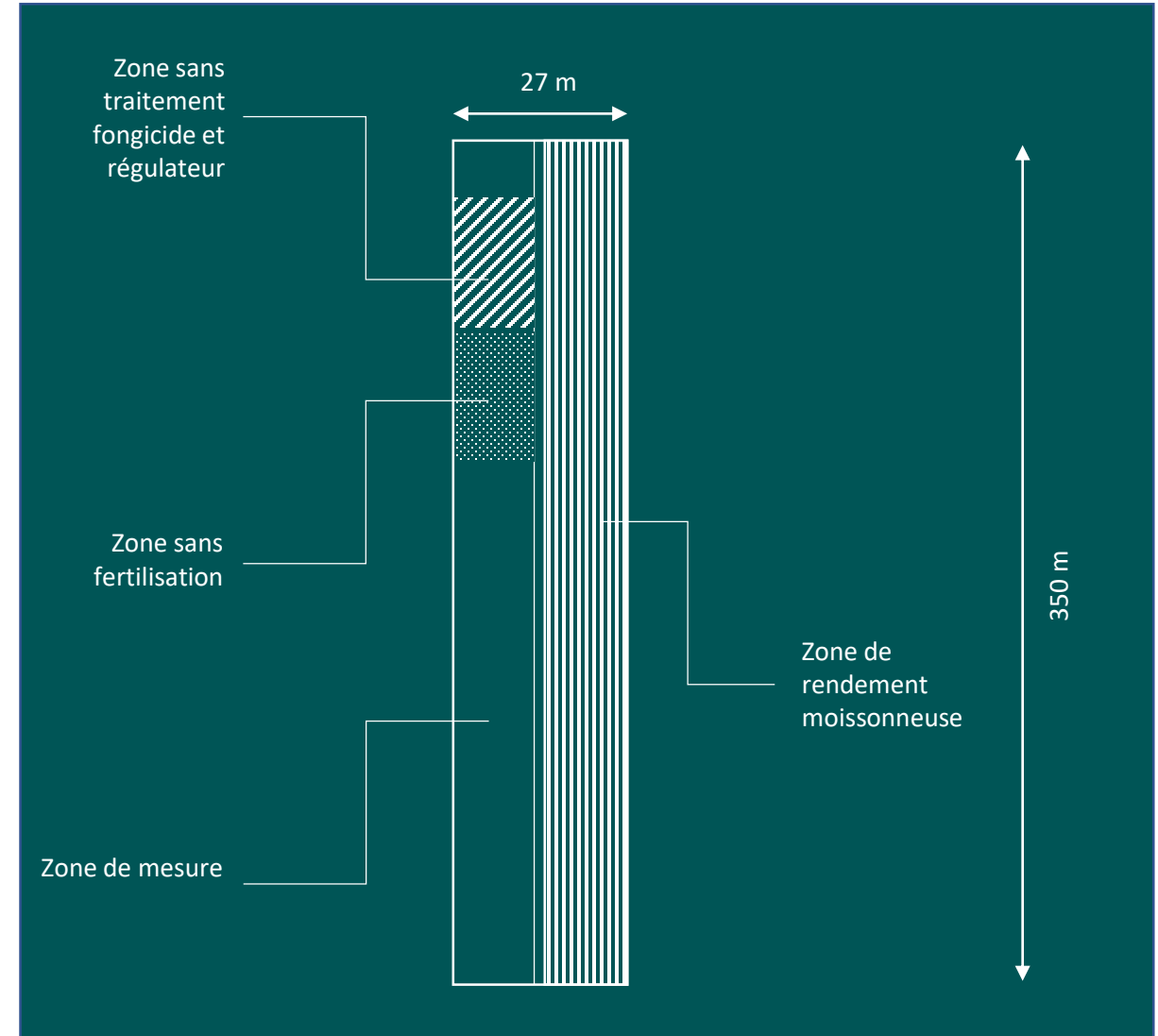
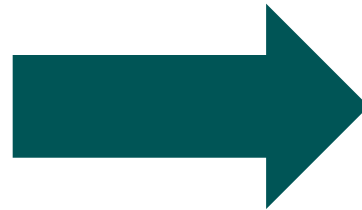
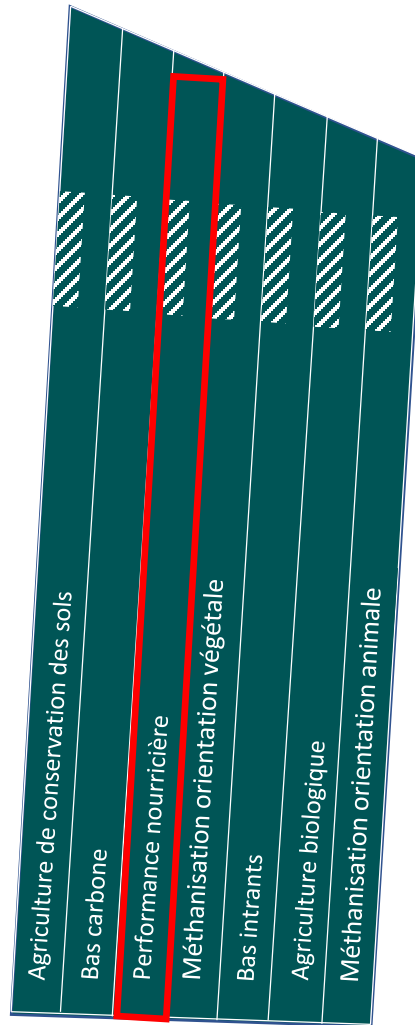
Caractéristiques de la parcelle

- Limons profonds
- Précédent maïs - parcelle propre
- Conduite homogène depuis 2008
- Hétérogénéité Est-Ouest
- Rotation de base : blé – 2ème paille – colza ou féverole – blé – maïs
- Adaptation des rotations en fonction des nouvelles contraintes/objectifs

Analyses moyennes 2017

pH	C org	MO	P ₂ O ₅	Carbone (40 cm)	RU
7,7	1,56 %	2,6 %	0,211 g/kg	65-85 t C	200 mm

Zoom sur une bande



Principes et objectifs généraux

OPTIMISATION ET SUBSTITUTION

Démontrer que l'optimisation de systèmes de culture apporte des bénéfices significatifs sur le plan technico-économique et environnemental

INSERTION FILIERE / TERRITOIRE

Démonstration sur des cultures typiques du territoire (hors pommes de terre et betteraves), inscrites dans une filière bien installée, dans des systèmes de culture existants

CONDITIONS AGRICULTEUR

Mise en œuvre des conditions permettant d'utiliser du matériel en « taille réelle » et d'intervenir au meilleur moment

OBJECTIVER LES PERFORMANCES

Utiliser les outils de la recherche pour mesurer les flux et évaluer les performances réelles des systèmes

**DIFFUSION des
résultats et
enseignements
vers les
agriculteurs,
prescripteurs et
institutionnels**

Objectiver les performances par les mesures et les calculs

- Emissions de protoxyde d'azote (N_2O) dans l'air,
- Fuites de nitrates (NO_3^-) et de matières actives dans l'eau,
- Microbiologie (biomasse microbienne totale, biomasse fongique)
- Teneurs en carbone et caractéristiques physico-chimiques du sol,
- Teneurs en azote du sol et disponibilité pour les plantes (sondes PRS)
- Reliquats entrée-sortie d'hiver,
- Teneur en azote de la biomasse,
- Rendements des cultures et composantes, coefficient apparent d'utilisation de l'azote,
- Température du sol et de l'air, hygrométrie, humidité du sol,
- Sur MOV et MOA : volatilisation ammoniacale, réserve utile du sol, tassement
- Evaluation multicritère : consommations d'énergie primaire, émissions de GES, coûts et marge, IFT ...



Les partenaires

Financeurs de la 2^{ème} rotation



Ils nous ont soutenus sur la période 2017-2022 :



Partenaires techniques et scientifiques



Des systèmes de culture définis par rapport à des objectifs contrastés

	ACS	GES-	PN+	MOV	BI	AB	MOA
Marge	Max / an				Min variations interannuelles		Max / an
Rendement	Moy olympique		Potentiel max	Max biomasse annuelle	Très inf. au potentiel		Max biomasse annuelle
Sol	Vie du sol ++						
Carbone	Stockage C (couverts)	Réduction émissions et max stockage		Réduction émissions			Réduction émissions
Intrants				Réduction intrants	Min intrants	Min intrants, cahier des charges AB	Réduction intrants
Interactions élevage							Oui

Rotation Trajectoire

Système Méthanisation Orientation élevage

Système Méthanisation Orientation végétale

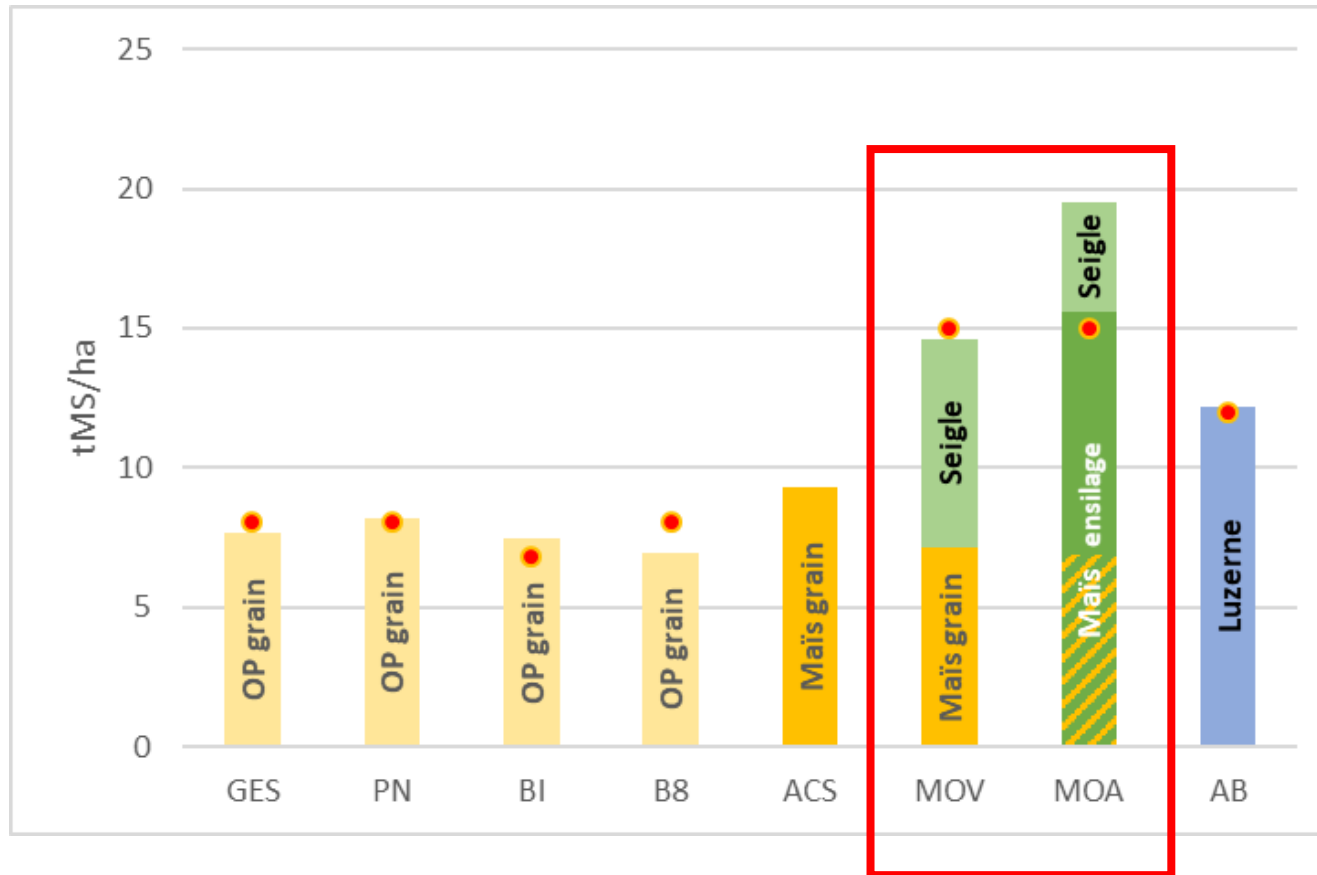
2023	Culture principale : Blé	Culture principale : Blé + export paille	Culture principale : Blé	2023
2024	CIPAN Culture principale : 2nde céréale Culture AB : Luzerne	CIVE Hiver : Seigle fourrager	CIVE Hiver : Seigle	2024
2025	Culture principale : Colza	Culture principale : Maïs Fourrage Culture principale : Orge d'hiver + export paille CIVE Estivale: Sorgho multcoupe	Culture principale : Maïs Grain Culture principale : Orge de printemps CIVE Estivale: Sorgho BMR	2025
2026	Culture principale : Blé	CIVE Hiver : Seigle fourrage Culture principale : Maïs Fourrage	CIVE Hiver : Seigle Culture principale : Maïs Grain	2026
2027	CIPAN Culture principale : Maïs Fourrage	Culture principale : Blé + export paille	Culture principale : Blé	2027

Quelques détails sur les itk et contexte météo

- Quantité N total :
 - 179 uN total sur seigle + maïs grain (100% minéral car pas de digestat)
 - 187 uN total sur seigle + maïs ensilage (70 m3 lisier, 66 uN minéral)
 - 258 uN total sur orge + sorgho (60 m3 digestat, 0 minéral)
- Epandage digestat 2025 : rampe à patins
- Zéro phyto sur CIVE
- Deux années 2024 et 2025 globalement pluvieuses



Productivité brute (2024)



● Objectifs

Orges (qtx à 15°H) :

- PN : 96
- GES : 90
- BI : 88
- B8 : 82

Maïs grain (qtx à 15°H) :

- ACS : 110
- MOV : 84

Maïs ensilage (tMS) :

- MOA : 15,6
- Dont 81 qtx d'eq. grains

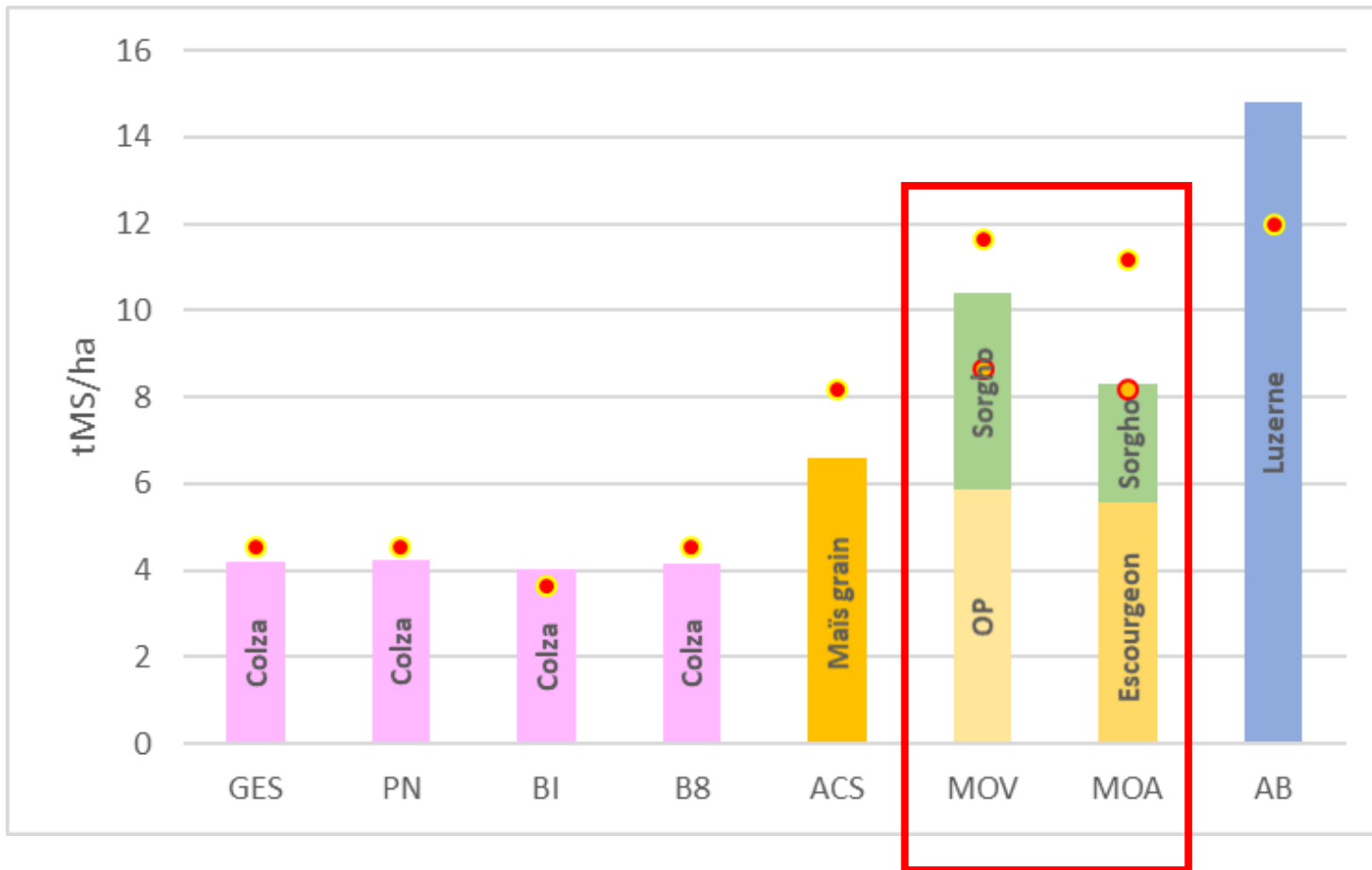
Seigles (tMS) :

- MOV : 7,4
- MOA : 4,0

Luzerne (tMS) :

- AB : 12,2
- 4 coupes

Productivité brute (2025)



- Objectifs
- Dont grains

Colza (qtx à 9°H) :

- PN : 47
 - GES : 46
 - B8 : 46
 - BI : 44
- 3 à -4 qtx
- +4 qtx

Maïs grain (qtx à 15°H) :

- ACS : 77
- 13 qtx

Orges (qtx à 15°H) :

- MOV : 69
 - MOA : 65
- 26 qtx
- 25 qtx

Sorgho (tMS) :

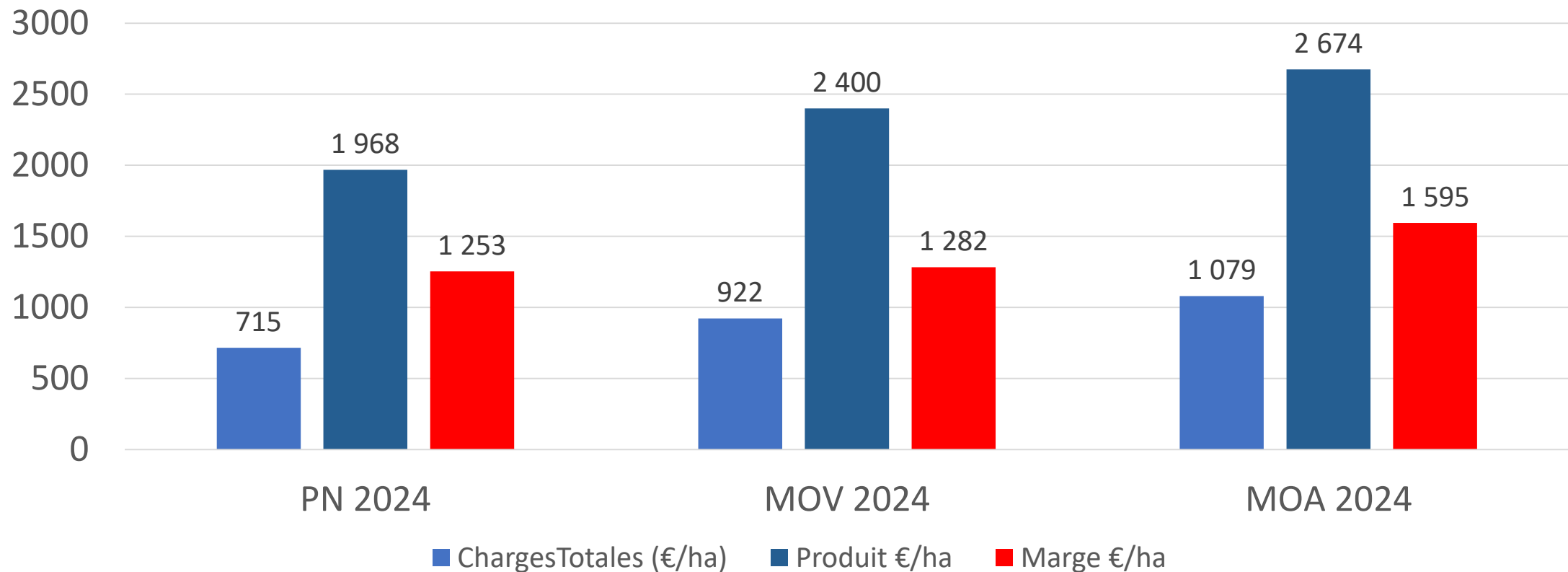
- MOV : 4,5
 - MOA : 2,7
- +1,5 tMS
- 0,3 tMS

Luzerne (tMS) :

- AB : 14,8
- +2,8 tMS

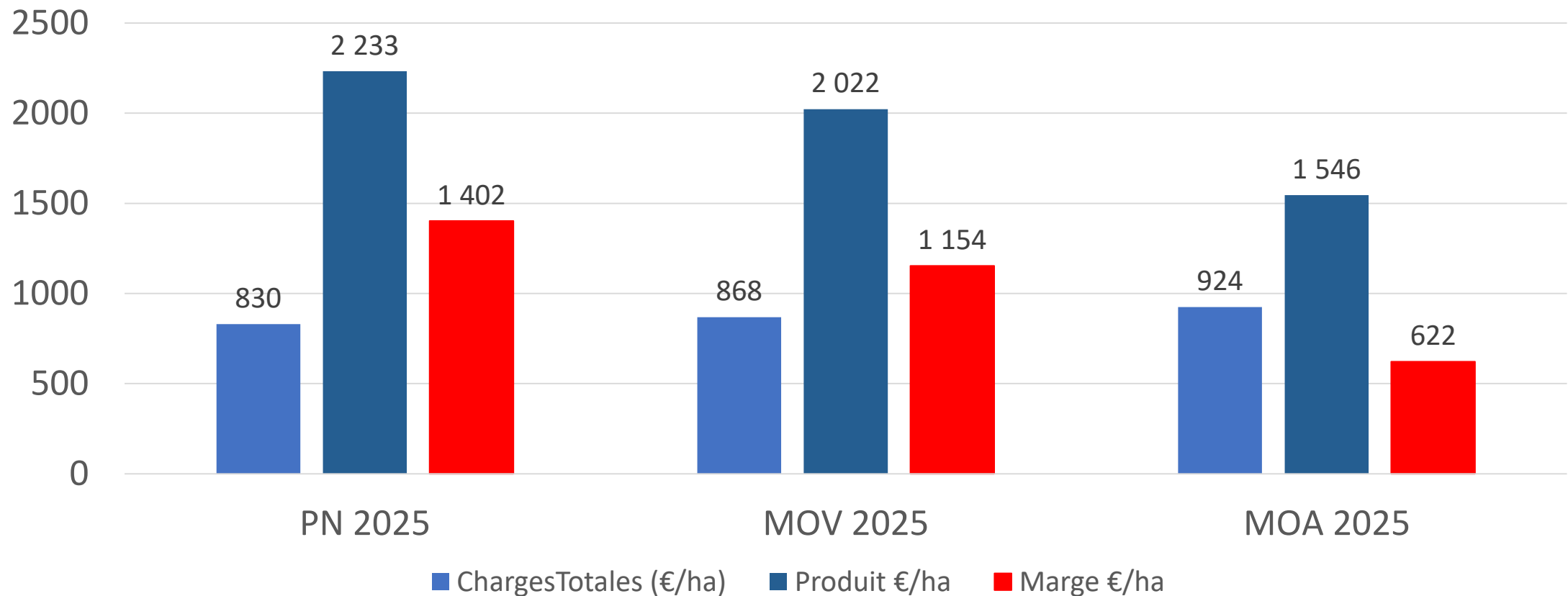
Produits, charges et marges

Produits, charges (hors MO) et marges en €/ha
Campagne 2023-2024



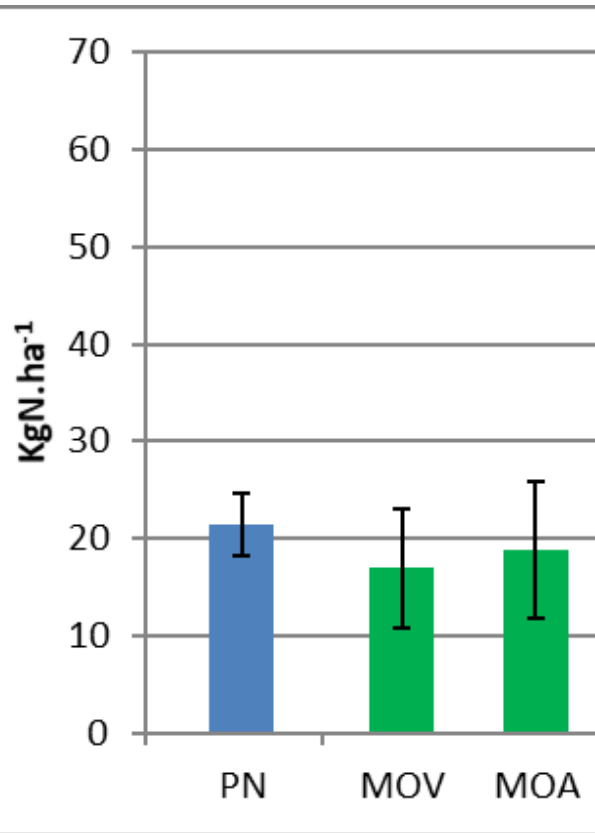
Produits, charges et marges

Produits, charges (hors MO) et marges en €/ha
Campagne 2024-2025



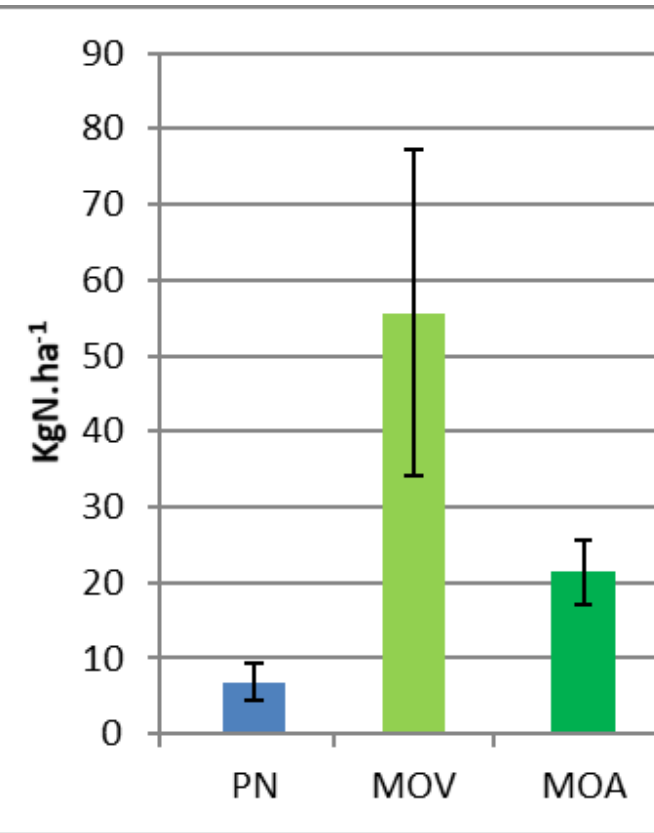
Premiers résultats nitrates

Cumuls de N lixivié



2023-2024

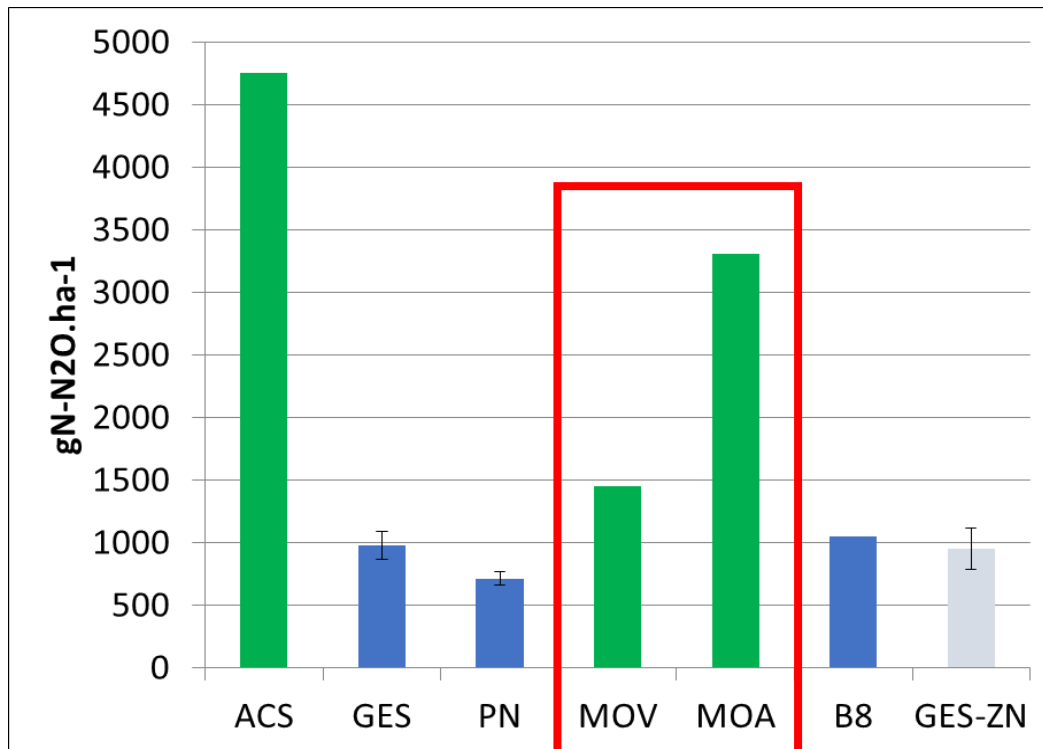
- Globalement des pertes importantes partout avec 15 à 50 uN
- Les IC avant orges (dont PN) ont probablement limité la casse malgré leur destruction précoce
- Les seigles ont permis une bonne maîtrise des pertes



2024-2025

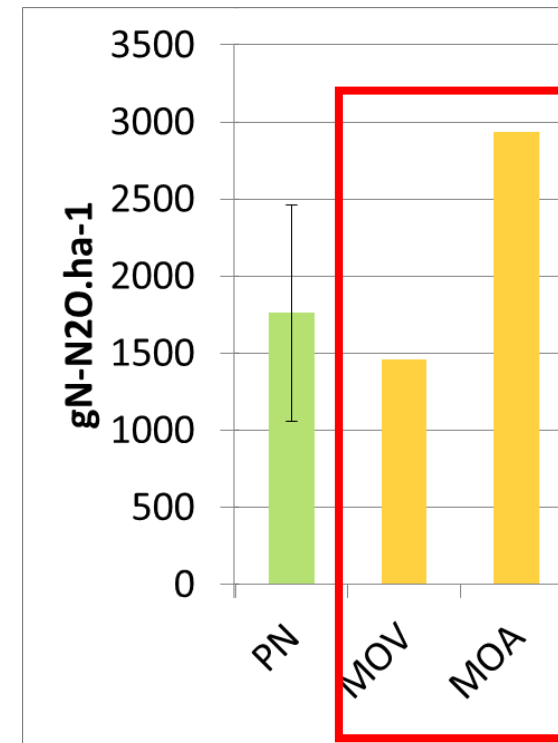
- Pertes variables entre 6 et 58 uN
- MOV est pénalisé du fait du précédent maïs grain
- MOA est intermédiaire
- Les colzas (dont PN) montrent le meilleur effet CIPAN

Premiers résultats N₂O



2023-2024

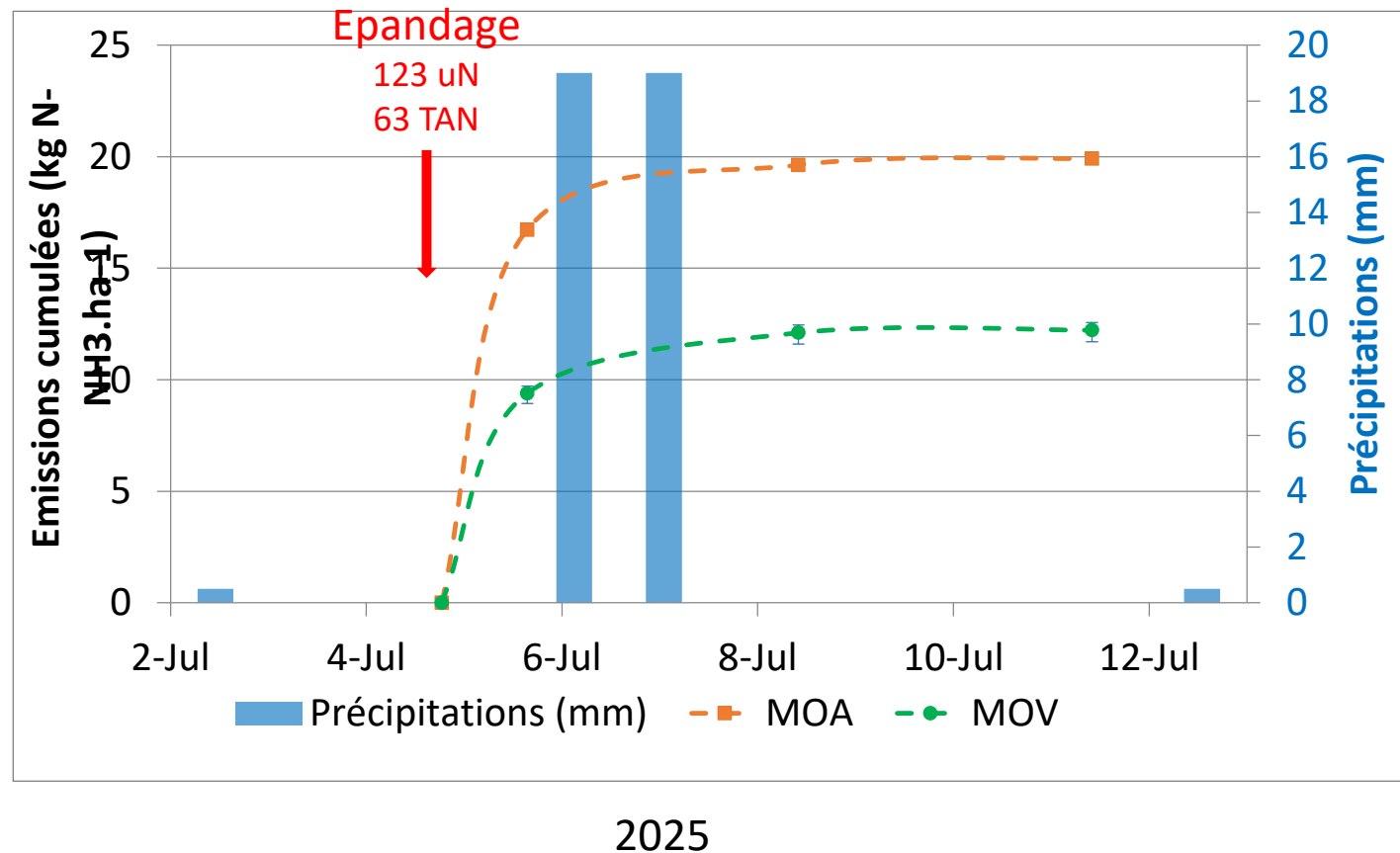
- Des émissions marquées sur MOA (apport lisier)



2024-2025

- Emissions plus fortes qu'attendues sous colza en juillet 2025
- Pics exceptionnels au moment de l'épandage de digestat au semis des Sorghos
- Un effet bande lié à la structure du sol est possible sur MOA

Premiers résultats ammoniac



- Pertes globales assez limitées
 - 12 à 20 uN, soit 20 à 30% de l'N ammoniacal, soit 10 à 16% de l'N totale
- 80% des pertes lors de la première campagne de mesure : dynamique d'émission classique, accentuée par un effet des précipitations
- Pertes plus importantes en MOA : Structure du sol ? Effet inhibiteur de nitrification ?

Conclusion

- Une expérimentation système originale : approche multicritère, grandes bandes ...
- Des résultats relativement attendus :
 - L'effet des CIVE d'hiver sur les nitrates
 - Emissions d'ammoniac sur digestat ... mais maîtrisé grâce à des pratiques adaptées
- D'autres moins connus :
 - L'effet du retard de semis post CIVE d'hiver sur le développement des maïs
 - Les émissions de N₂O des matières organiques
- D'autres à explorer / confirmer :
 - Le tassement du sol
 - La recharge de la réserve hydrique
 - Le stockage de carbone