



Research Institute of Organic Agriculture FiBL
info.suisse@fibl.org | www.fibl.org



L'essai DOC

42 ans de systèmes de culture biologiques et conventionnels

Andreas Fliessbach, Astrid Oberson, Klaus Jarosch, Jochen Mayer, Hans-Martin Krause, Paul Mäder

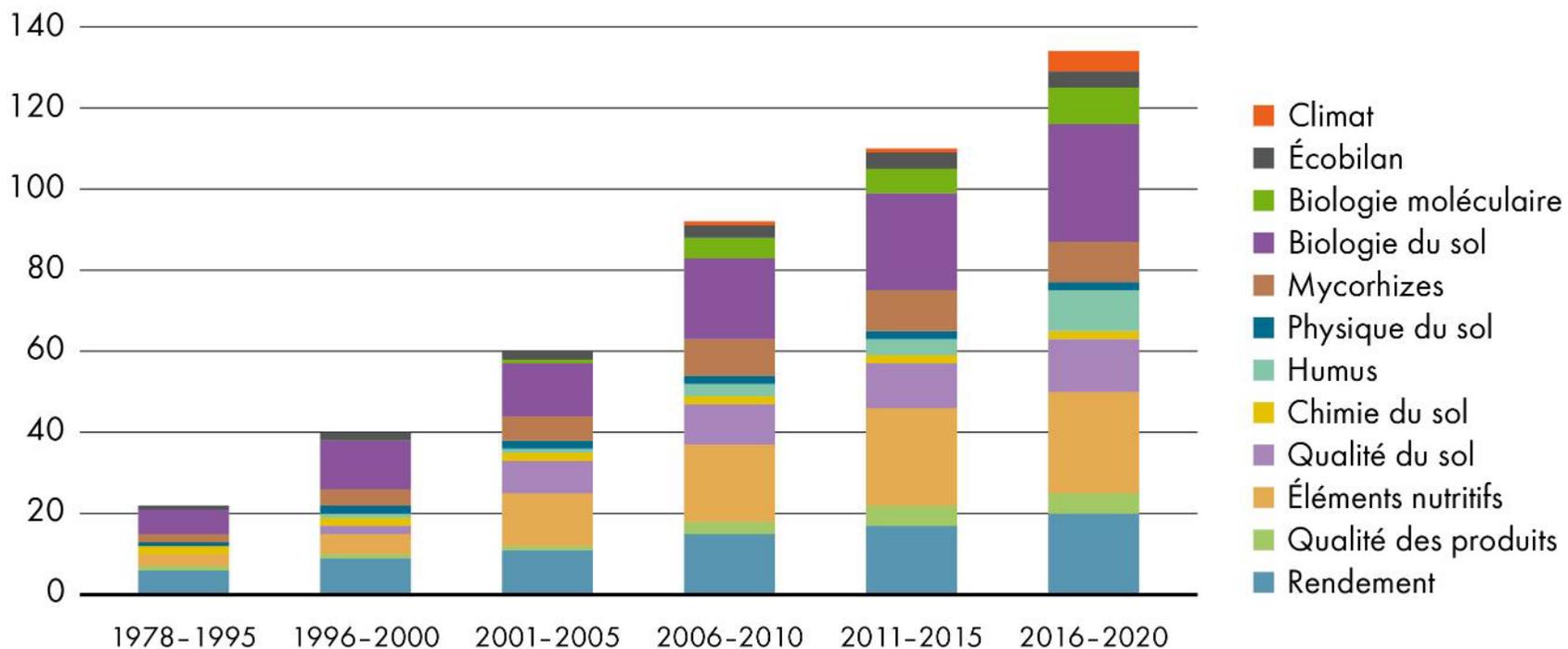
Histoire et contexte

- Depuis 1978
- Approche de la comparaison des systèmes
- Accompagné par le conseil consultatif des agriculteurs
- **Objectif initial** : tester la faisabilité de l'agriculture biologique
- **Aujourd'hui** : plate-forme de recherche sur le fonctionnement des systèmes agricoles



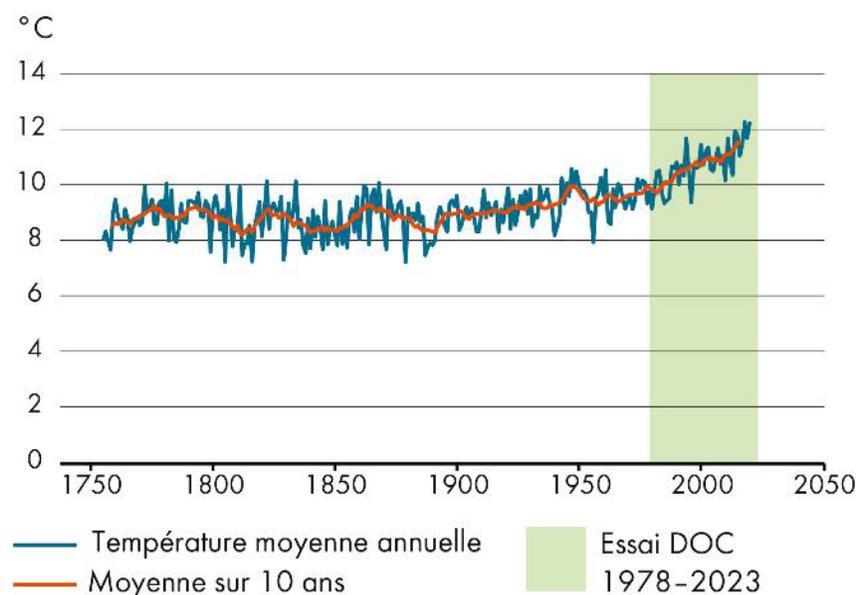
Publications

Nombre cumulé de publications



Situation et climat

- Situé au sud de Bâle entre Therwil et Biel-Benken
- Précipitations annuelles moyennes de 872 mm
- Augmentation des températures au cours de l'expérience
- Température moyenne annuelle :
(moyenne sur 10 ans)
1978 : **9,9 °C**
2016 : **11,5 °C**



Configuration du terrain

- Type de sol: luvisol haplique
- Type de sol :
 - Sable 12 %
 - Limon 72 %
 - Argile 16 %
- Même rotation des cultures et même travail du sol dans tous les systèmes
- Imiter les systèmes agricoles certifiés



Systemes de culture

BIODYN (D)

biodynamique (Demeter)

BIOORG (O)

biologique (Bio Suisse)

CONFYM (C)

conventionnel (IP Suisse)

CONMIN (M)

conventionnel, purement minéral

Système de culture	NOFERT	BIODYN		BIOORG		CONFYM		CONMIN
Unités de gros bétail-fumure par hectare	-	0,7	1,4	0,7	1,4	0,7	1,4	-
Fumure								
Engrais de ferme	-	Fumier composté et lisier		Fumier mûr et lisier		Fumier en tas et lisier		-
Engrais minéraux	-	Poudre de roche		Poudre de roche, potasse magnésienne		Urée, nitrate d'ammonium, nitrate d'ammoniaque calcaire, superphosphate triple, chlorure de potassium		
Protection des plantes								
Désherbage	Mécanique: herse-étrille et sarclouse					Mécanique et chimique		
Maladies des plantes	-	Mesures indirectes		Mesures indirectes, produits cupriques sur pommes de terre		Fongicides		
Ravageurs	Biocontrôle (<i>Bacillus thuringiensis</i>), extraits de plantes, mesures préventives					Insecticides, biocontrôle, granulés anti-limaces et mesures préventives		
Particularités	Préparations biodynamiques			-		Régulateurs de croissance		

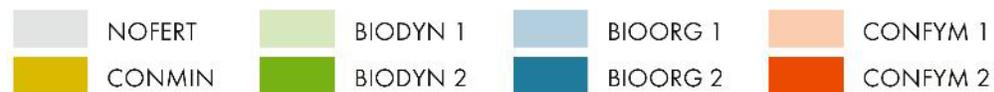
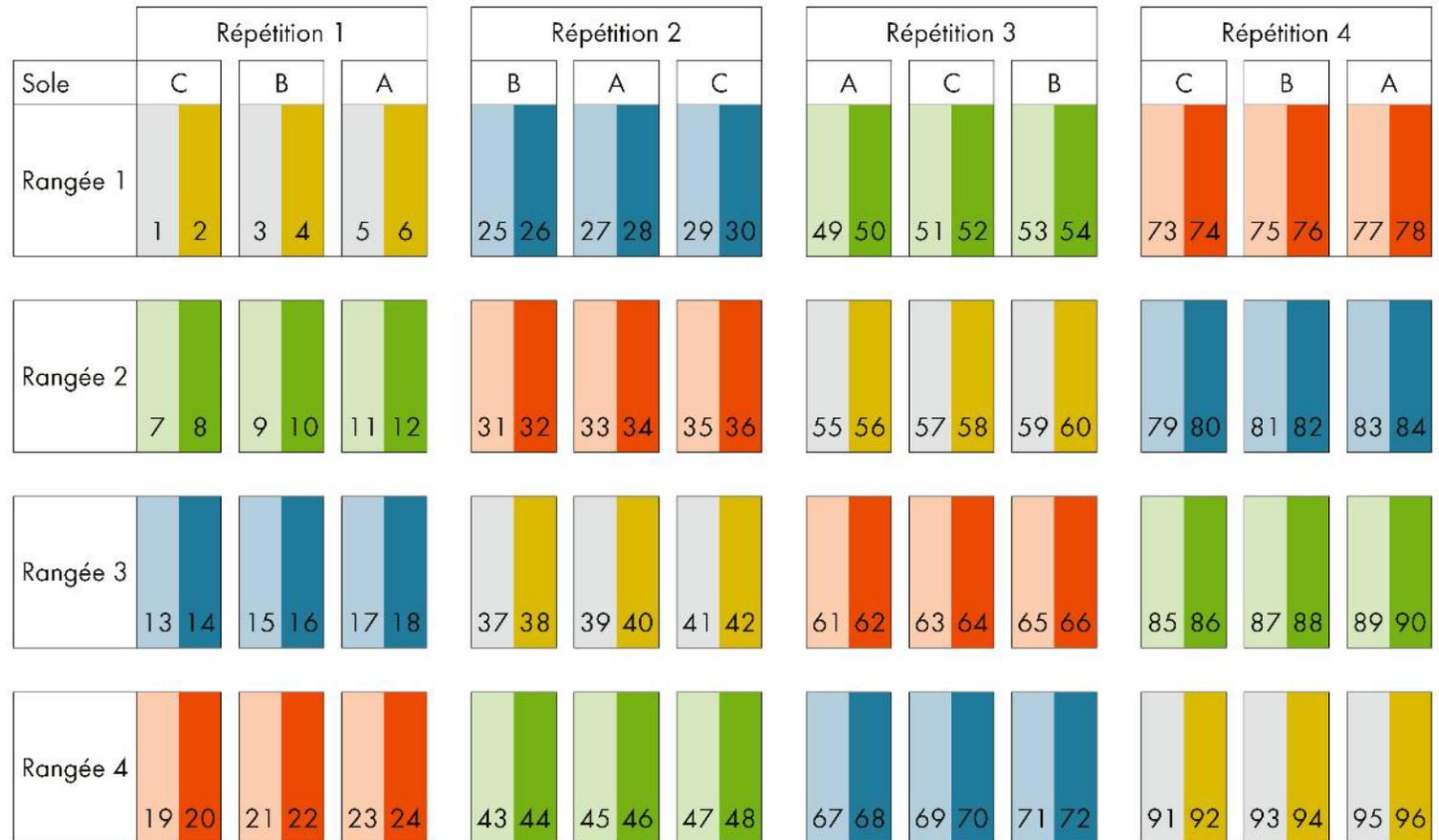
Mäder et al. (2002) : Science

Plan de situation

- 8 procédés sur 3 sous-parcelles (A, B, C)
- Subdivisé en 4 lignes et 4 répétitions
- 96 parcelles expérimentales (5x20m)
- Intensité de la fertilisation

0,7 UGB, 1,4 UGB
(1 = moitié, 2 = habituel)

UGB= Unité de bétail



Rotation des cultures

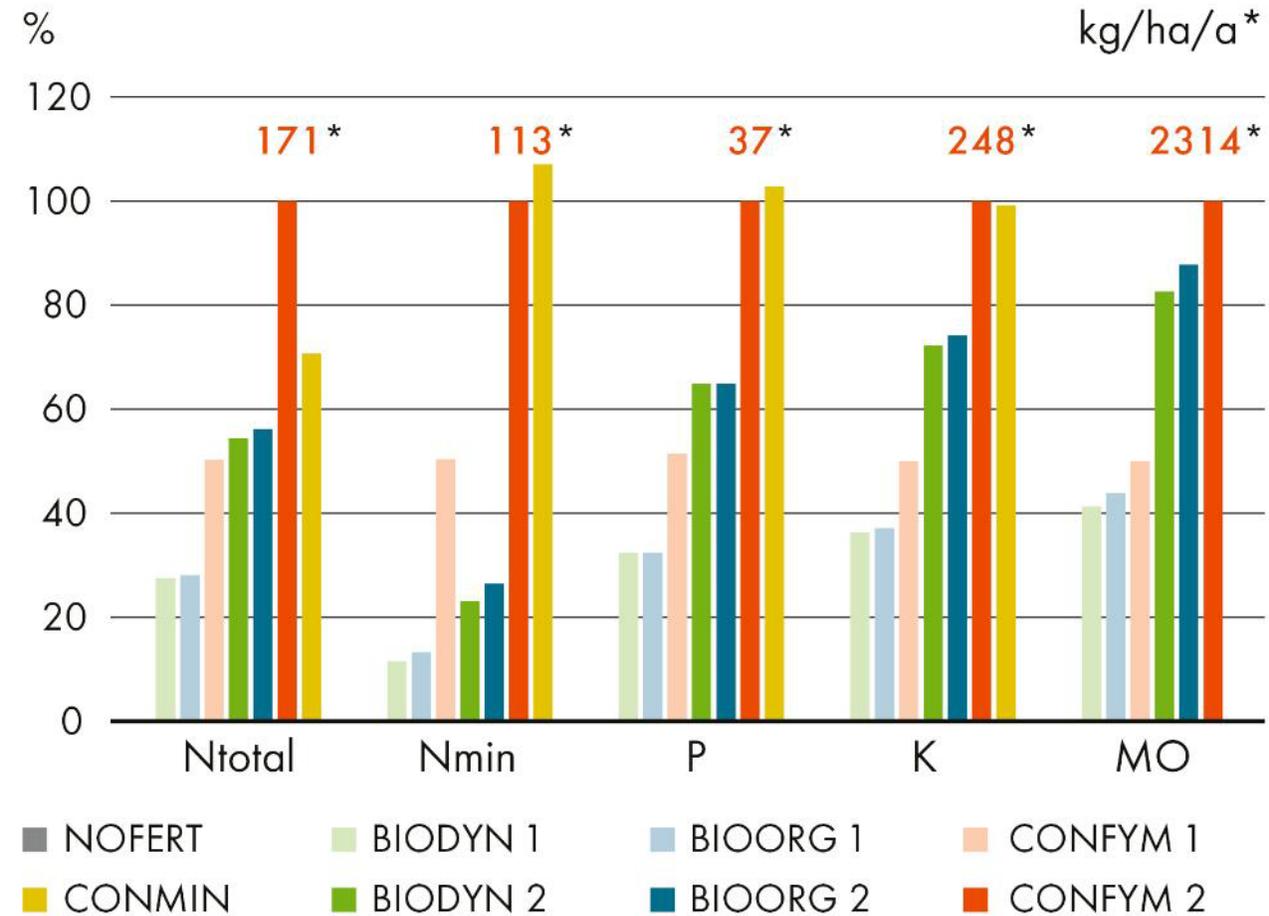
- Même rotation des cultures dans tous les systèmes
- Adapté après chaque période de rotation des cultures (PRC)
- 7. PRC (2020-2026) similaire à 6. PRC

Année	1 ^{re} PRC 1978–1984	2 ^e PRC 1985–1991	3 ^e PRC 1992–1998	4 ^e PRC 1999–2005	5 ^e PRC 2006–2012	6 ^e PRC 2013–2019
1	Pommes de terre	Pommes de terre	Pommes de terre	Pommes de terre	Maïs ensilage	Maïs ensilage
	Engrais vert	Engrais vert	Engrais vert			Engrais vert
2	Blé d'automne 1	Blé d'automne 1	Blé d'automne 1	Blé d'automne 1	Blé d'automne 2	Soja
	Dérobée fourragère	Dérobée fourragère	Dérobée fourragère	Engrais vert	Engrais vert	
3	Chou blanc	Betteraves rouges	Betteraves rouges	Soja	Soja	Blé d'automne 1
				Engrais vert	Engrais vert	Engrais vert
4	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2	Maïs ensilage	Pommes de terre	Pommes de terre
5	Orge	Orge	Prairie temporaire 1	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2
6	Prairie temporaire 1	Prairie temporaire 1	Prairie temporaire 2	Prairie temporaire 1	Prairie temporaire 1	Prairie temporaire 1
7	Prairie temporaire 2	Prairie temporaire 2	Prairie temporaire 3	Prairie temporaire 2	Prairie temporaire 2	Prairie temporaire 2

Fécondation

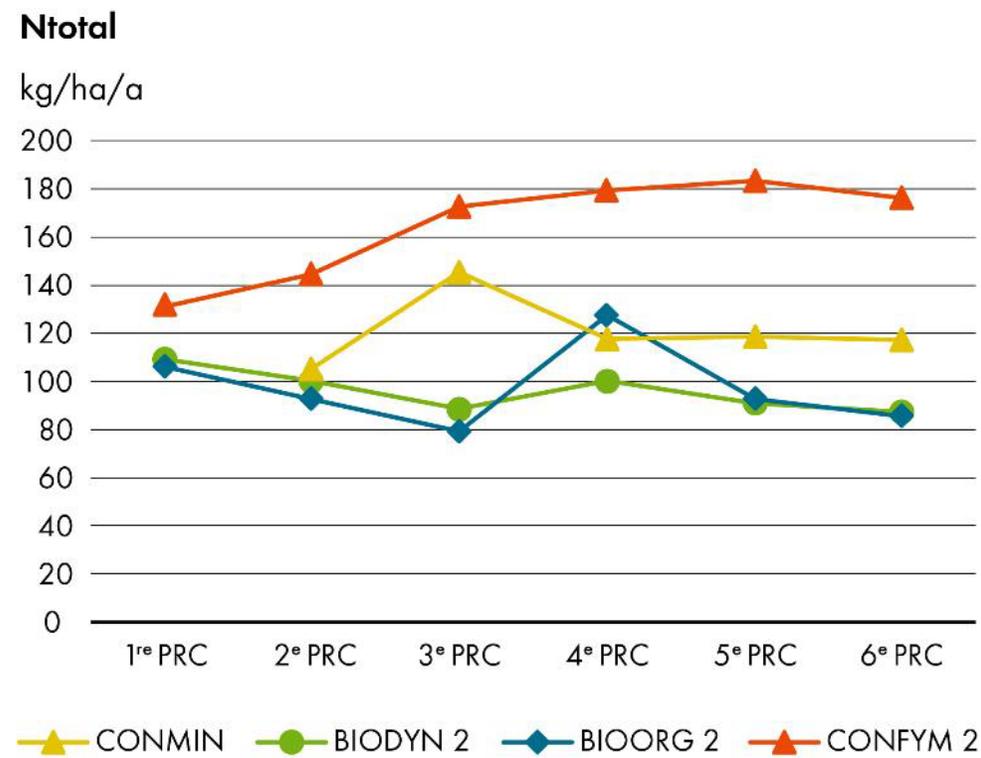
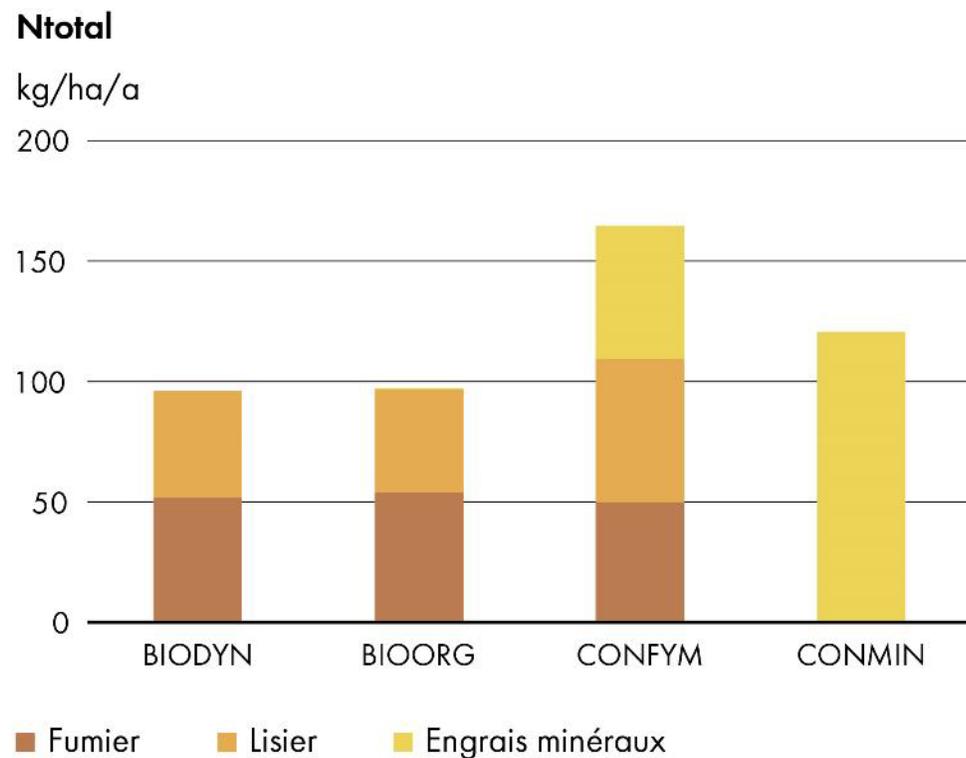
- Les fumiers traités diffèrent en termes de durée de compostage et d'aération
- Les systèmes biologiques à 0,7 UGB reçoivent la moitié des apports en nutriments

Apports annuels moyens de nutriments (PRC 2-6)



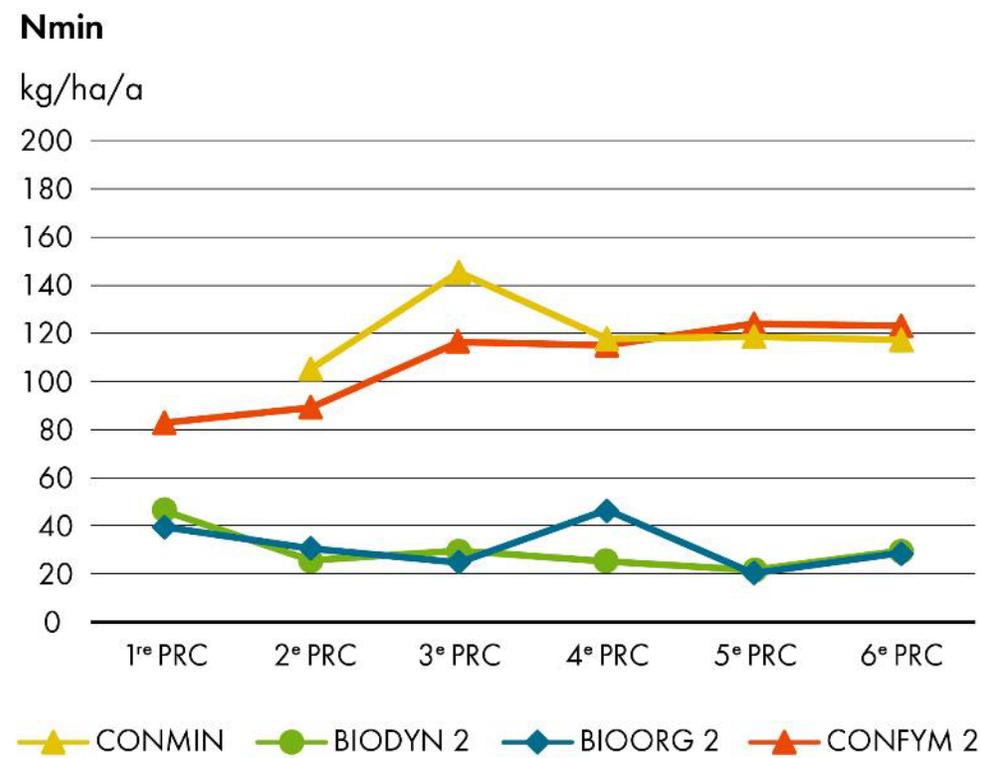
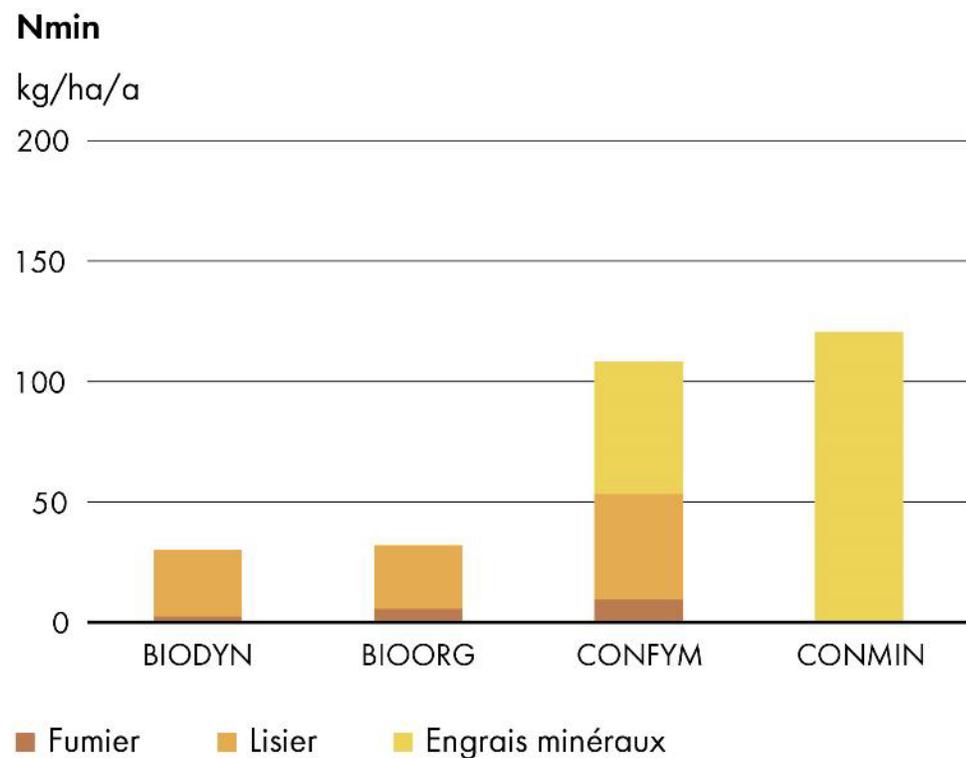
Fertilisation azotée

Sources et évolution de l'apport total d'azote dans le fumier, le lisier et les engrais minéraux



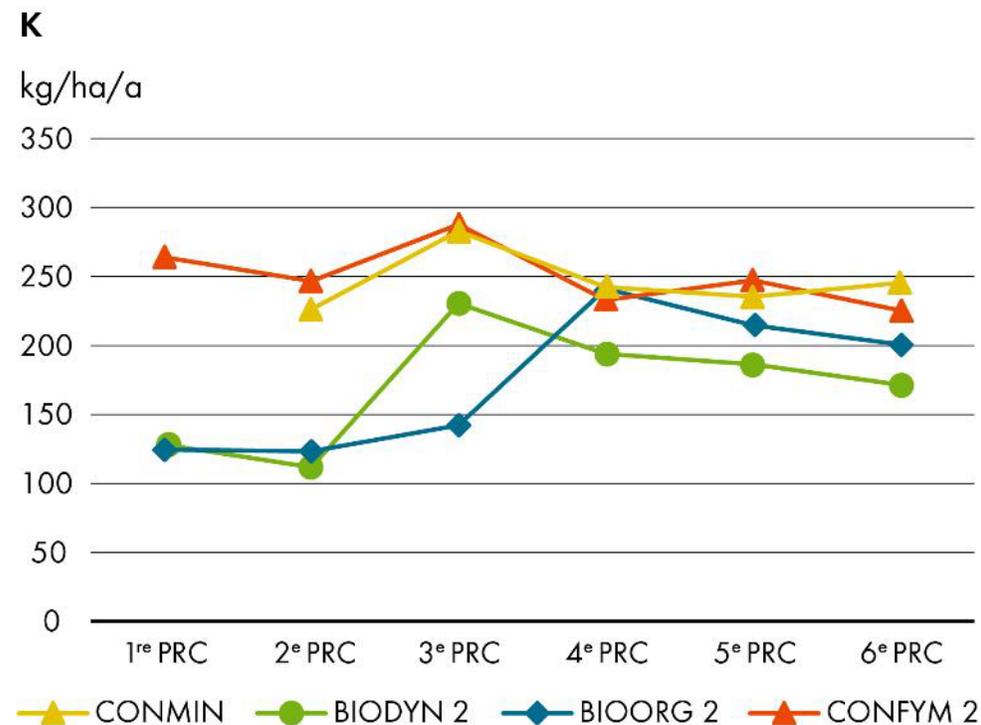
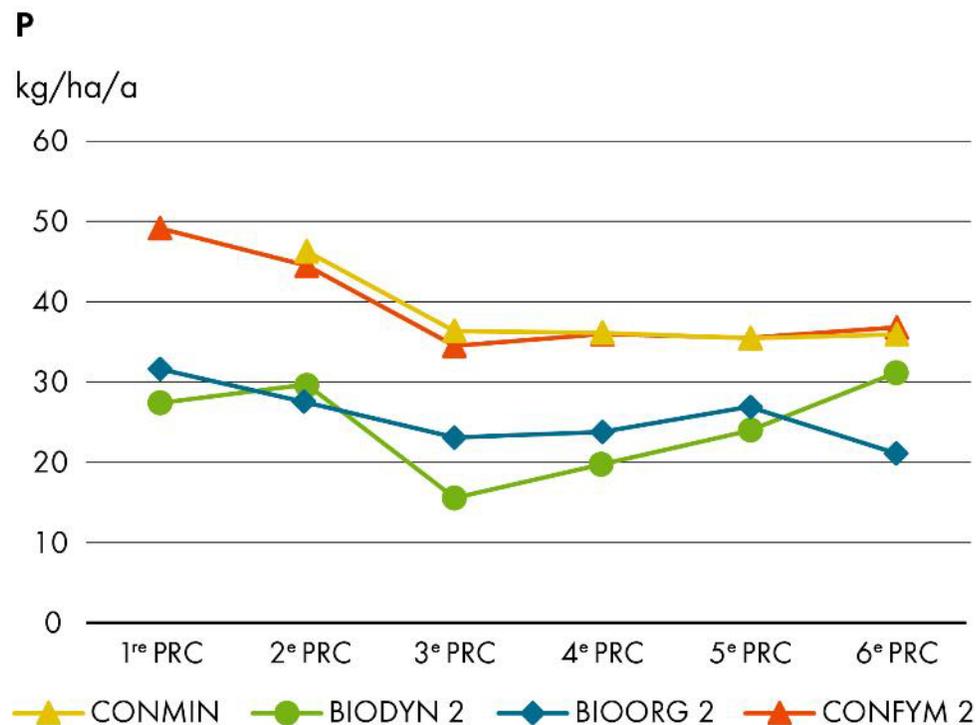
Fertilisation azotée

Sources et évolution de l'apport d'azote minéral dans le fumier, le lisier et les engrais minéraux

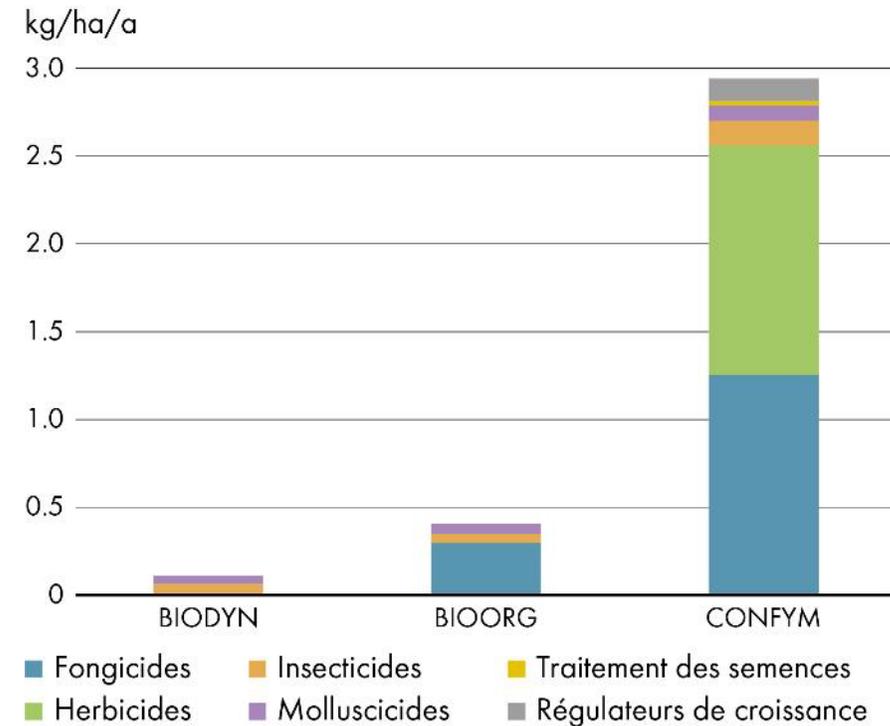
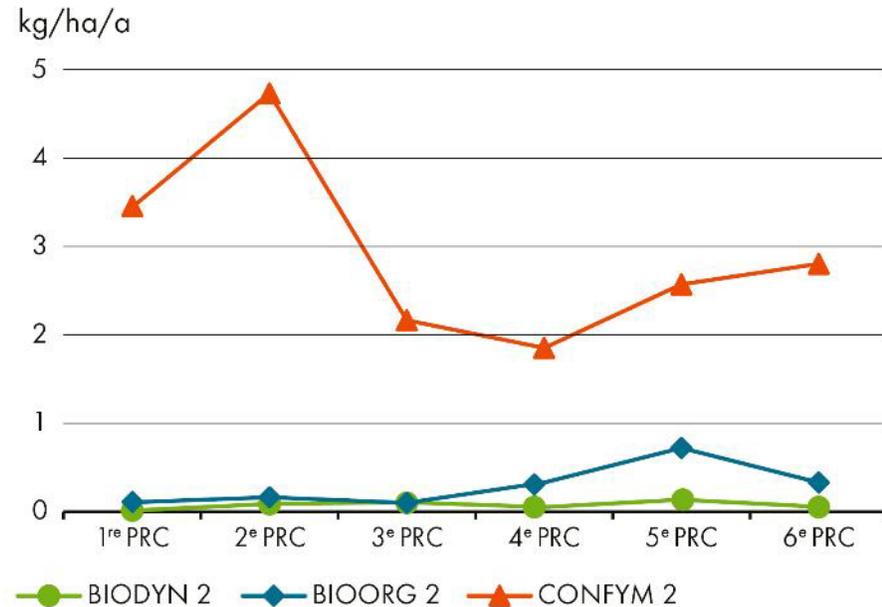


Fertilisation phosphorée et potassique

Évolution des apports de phosphore et de potassium



Protection des plantes

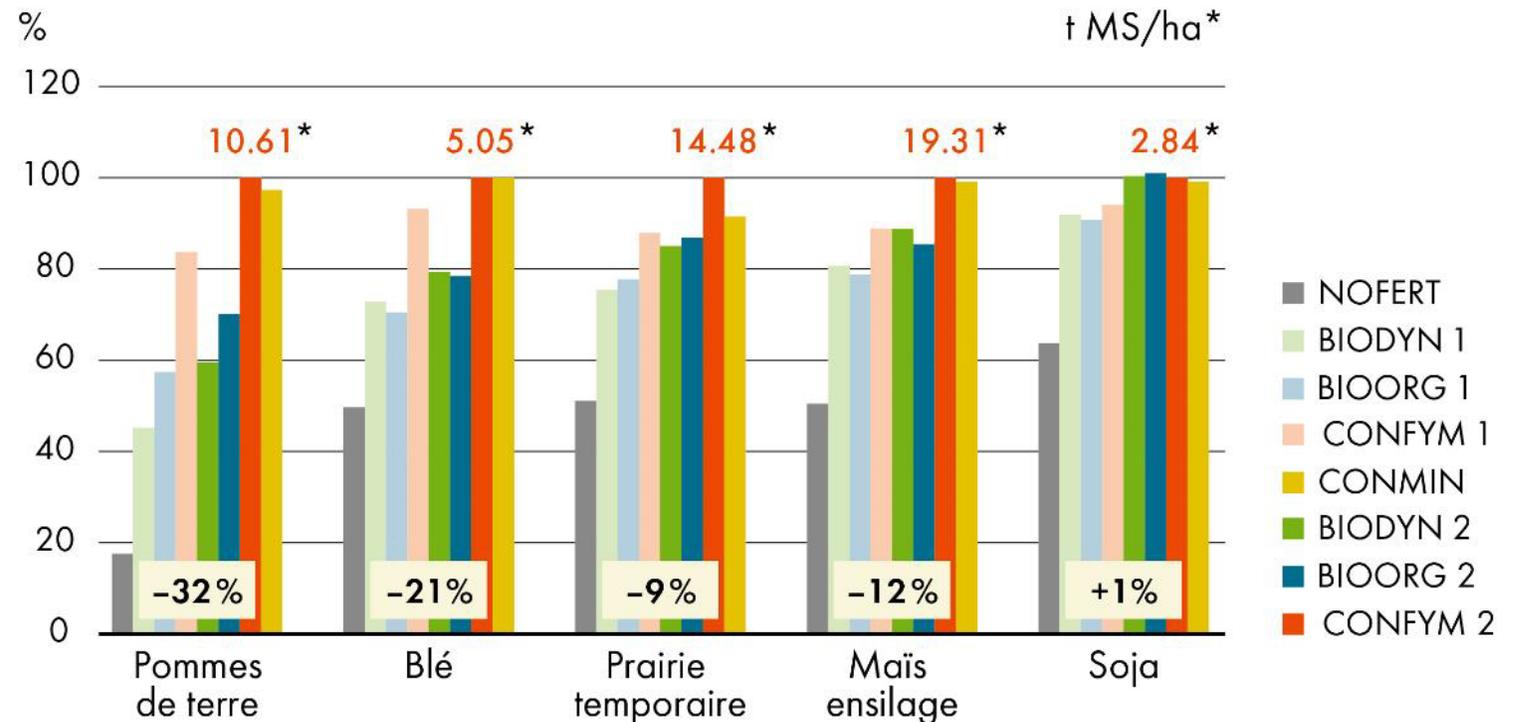


- En kg de substance active par hectare
- Réduction des apports en quantité de pesticides dans CONFYM/CONMIN à partir de 3^e PRC, mais augmentation du nombre d'applications
- 92 % de pesticides en moins dans BIODYN/BIOORG par rapport à CONFYM/CONMIN

Rendements

- L'écart de rendement diminue en fonction de la culture : pommes de terre > blé > maïs ensilé > prairie temporaire > soja
- 15 % d'écart de rendement pour les systèmes biologiques à 1,4 UGB, toutes cultures confondues (PRC 1-6)

Rendement (par rapport à CONFYM 2)

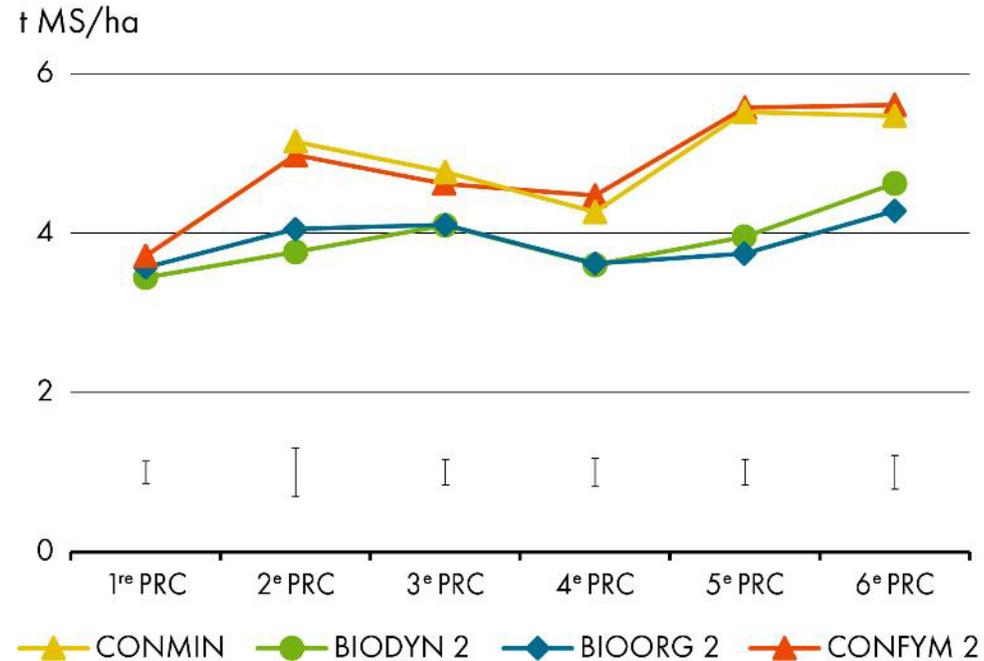


[Knapp et al. \(2023\): Field Crops Research](#)

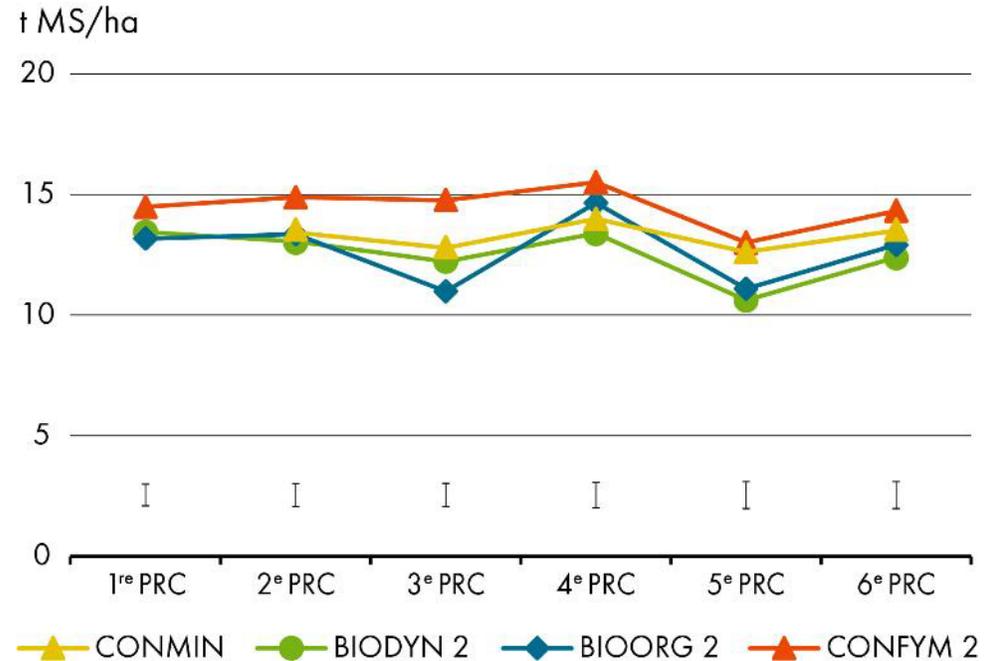
Rendements

Rendements moyens du blé et de la prairie temporaire par période de rotation des cultures (PRC)

Rendement blé d'automne



Rendement des prairies temporaires

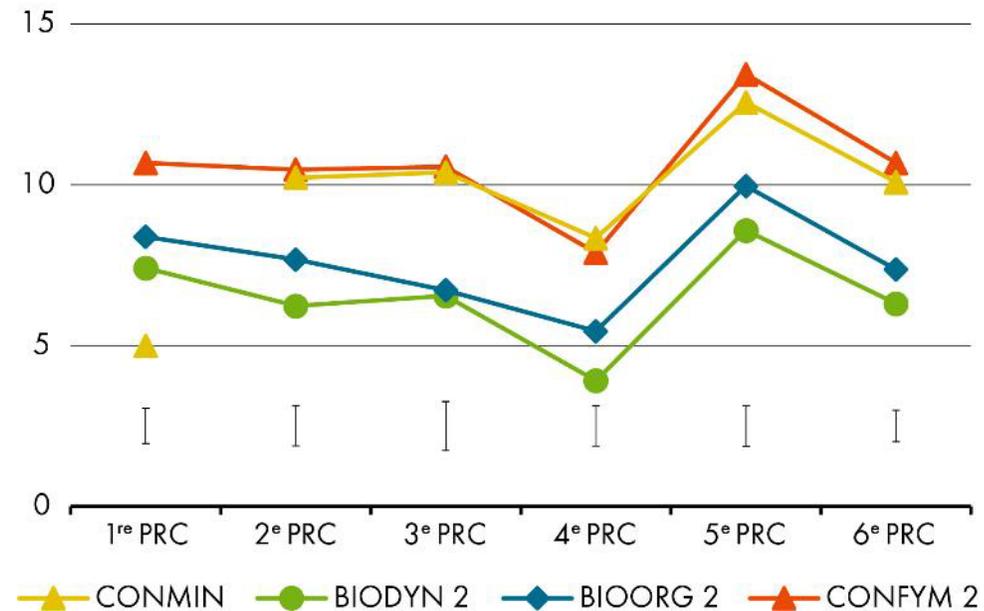


Rendements

Rendements moyens des pommes de terre et du maïs d'ensilage par période de rotation des cultures (PRC)

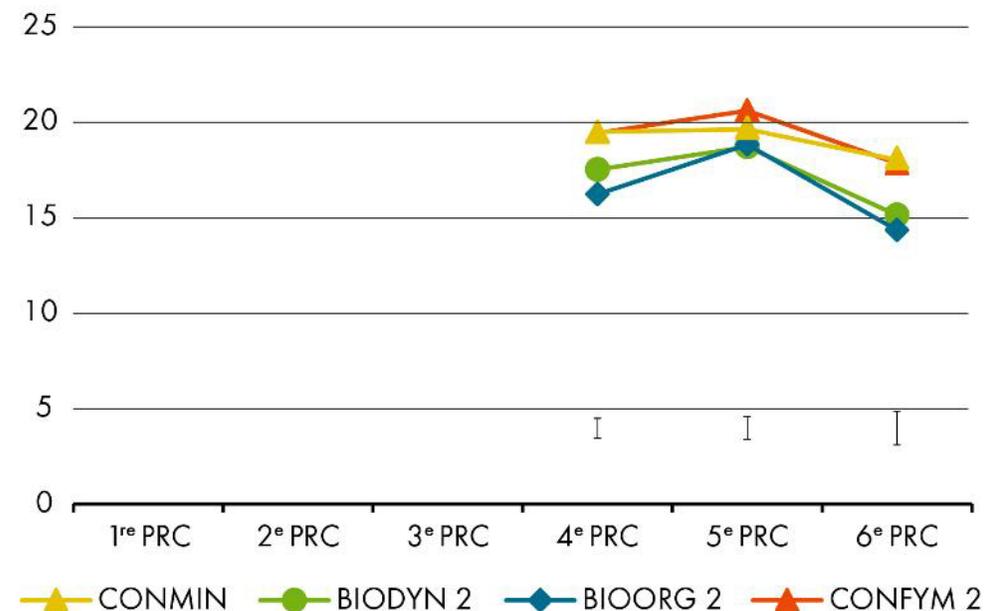
Rendement des pommes de terre

t MS/ha



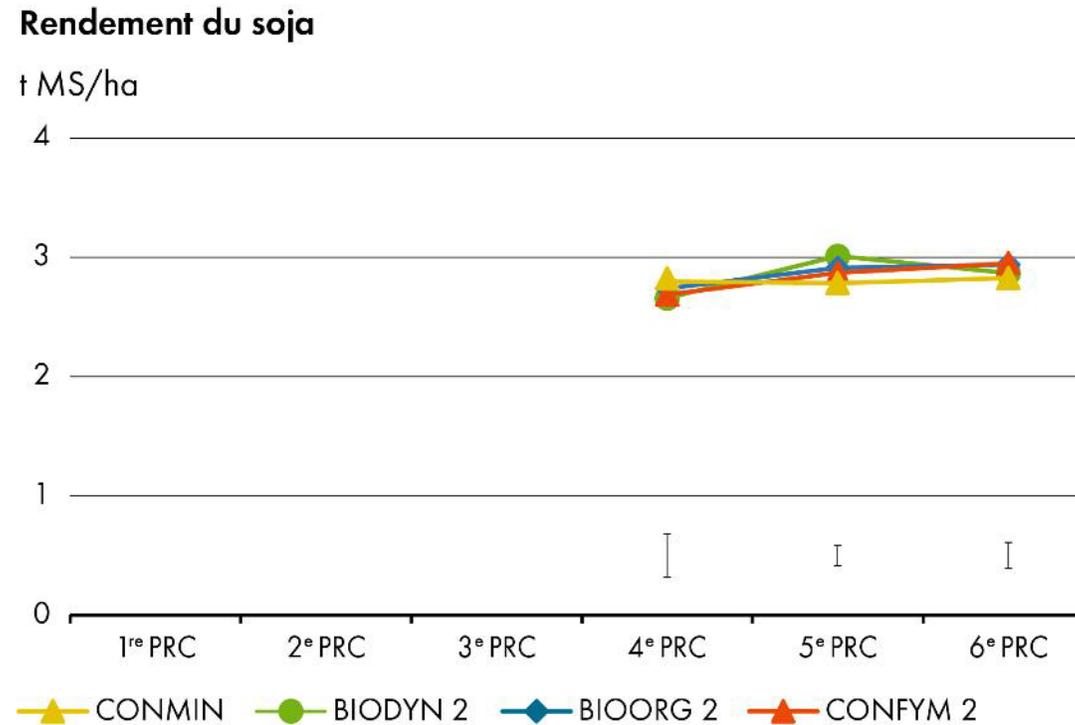
Rendement du maïs ensilage

t MS/ha

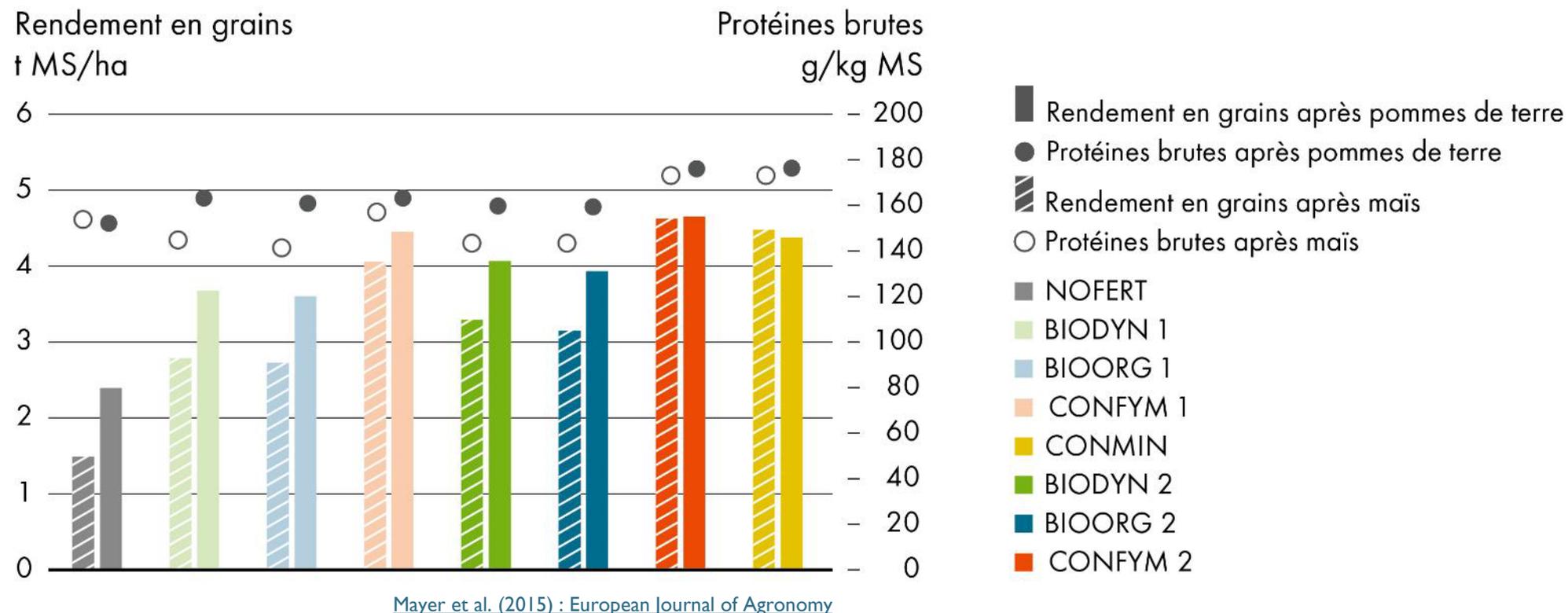


Rendements

Rendements moyens par période de rotation des cultures (PRC)



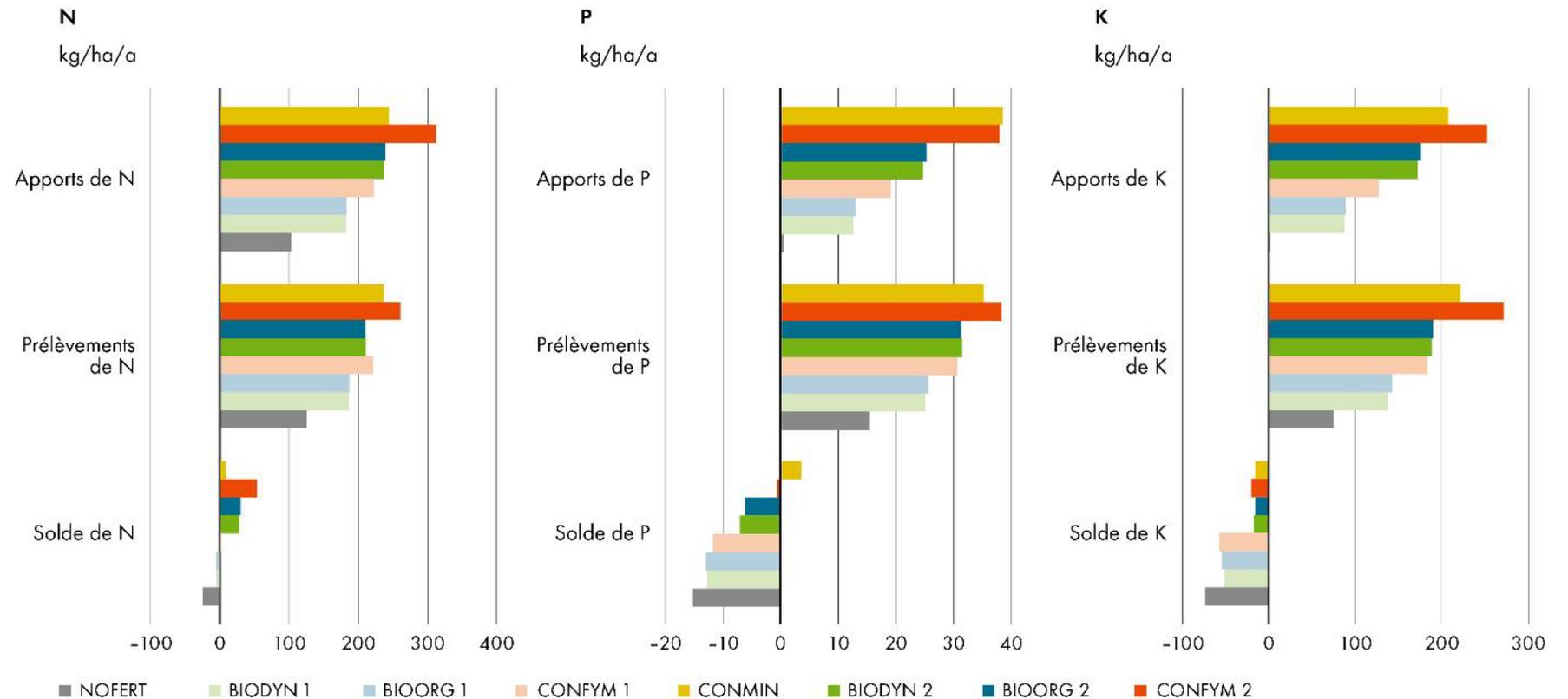
Rendement du blé d'hiver et teneur en protéines brutes



- Teneur en protéines plus faible dans le blé d'hiver biologique, en particulier après le maïs

Bilans nutritionnels

- Prélèvement par la récolte, apport par la fertilisation, la fixation symbiotique de l'azote et le dépôt
- Bilan positif de l'azote dans tous les systèmes fertilisés organiquement à I,4 UGB
- Bilan P et K négatif dans presque tous les systèmes



Oberson et al. (2024): Agriculture, Ecosystems and Environment

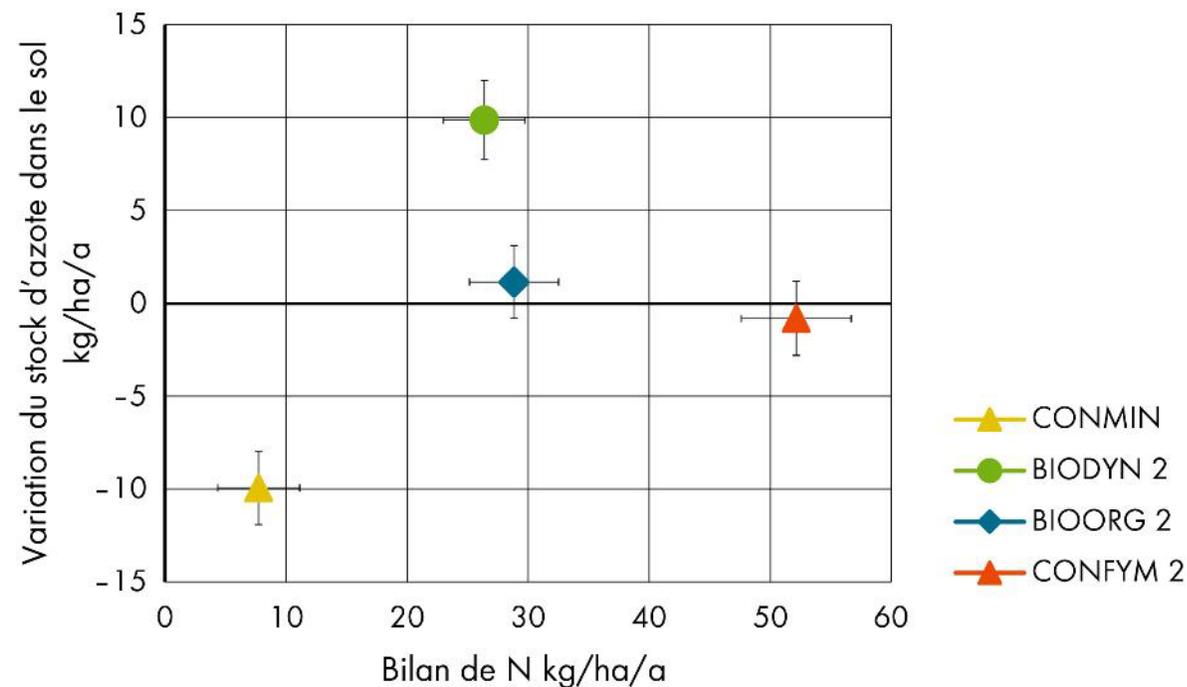
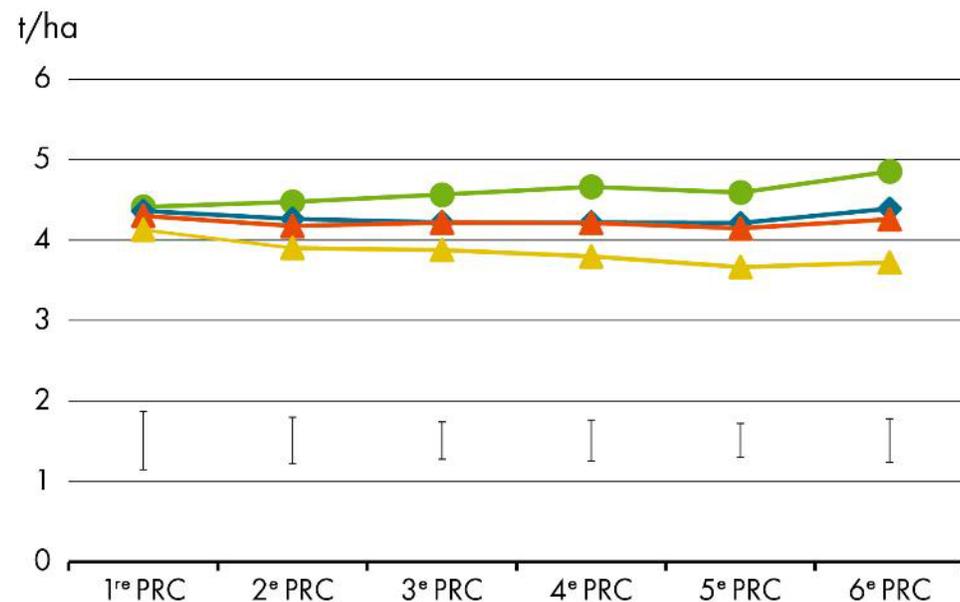
Bilans nutritionnels

Quantités en kg/ha/a	Fumure	Fixation symbiotique	Déposition et semences	Prélèvements	Solde	Variation du stock du sol	Efficience d'utilisation
NOFERT	0	75	21	128	-31,1	-26,2	133 %
BIODYN 1	47	112	21	189	-8,7	-9,1	105 %
BIOORG 1	48	111	21	190	-9,6	-10,0	106 %
CONFYM 1	85	112	21	223	-4,5	-11,2	102 %
BIODYN 2	93	122	21	214	22,9	9,3	91 %
BIOORG 2	96	119	21	213	23,7	1,2	90 %
CONFYM 2	171	117	21	264	45,9	-0,7	85 %
CONMIN	121	99	21	240	2,1	-10,0	99 %

[Oberson et al. \(2024\): Agriculture, Ecosystems and Environment](#)

- Efficacité élevée de l'utilisation de l'azote dans tous les systèmes
- Risque d'appauvrissement en phosphore dans tous les systèmes

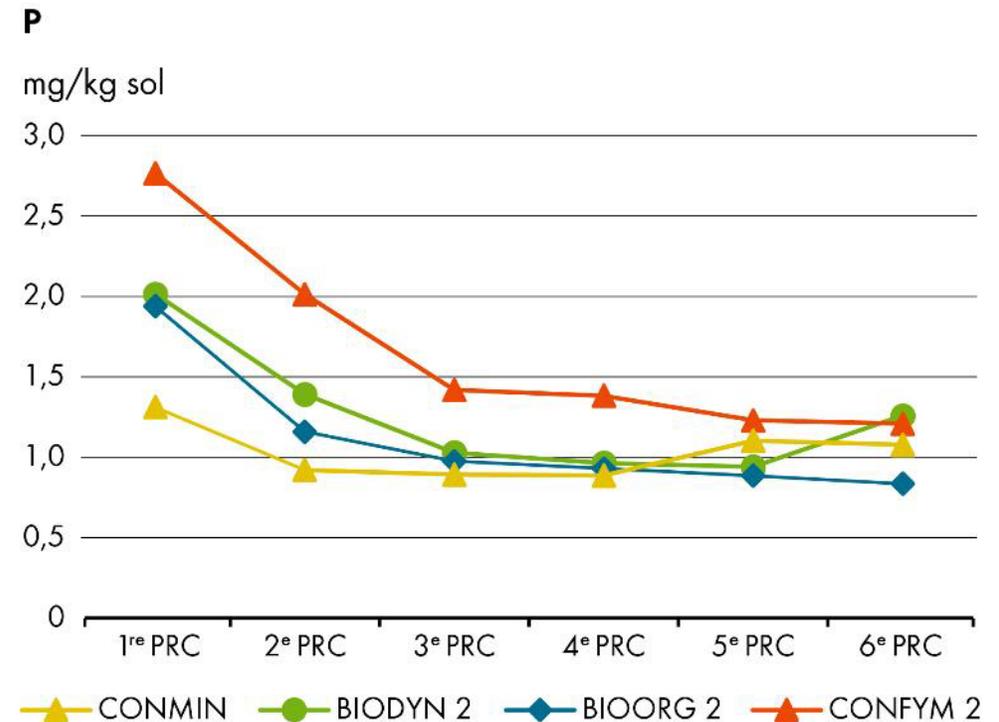
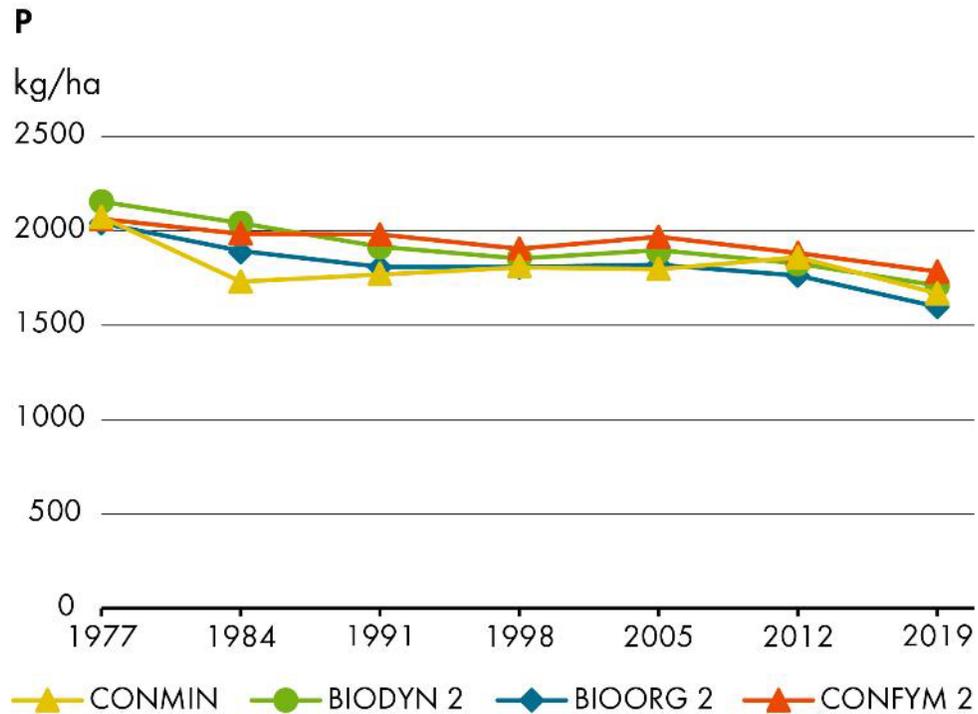
Stocks d'azote dans le sol et bilan azoté



- Le bilan de l'azote dans les PRC 2-6 comprend les apports par la fertilisation, les dépôts, les semences et la fixation de l'azote, et les sorties par la récolte.
- CONFYM a besoin de 50 kg/ha/a d'azote excédentaire pour maintenir les stocks d'azote dans le sol.
- CONMIN perd de l'azote dans le sol malgré un bilan azoté positif, BIODYN gagne de l'azote dans le sol.

[Oberson et al. \(2024\): Agriculture, Ecosystems and Environment](#)

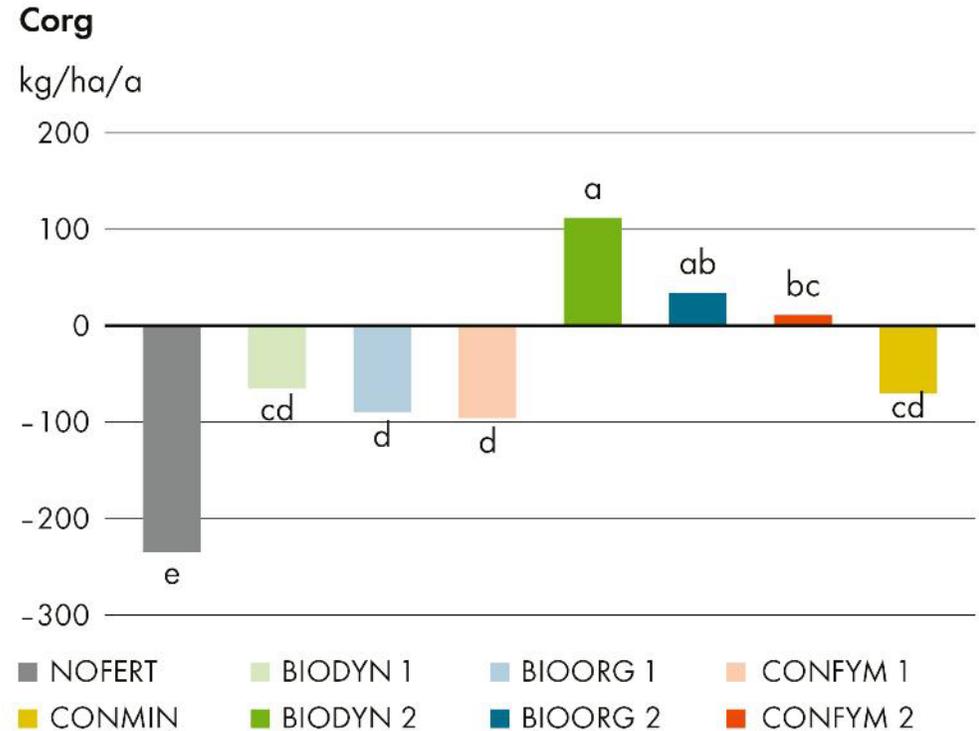
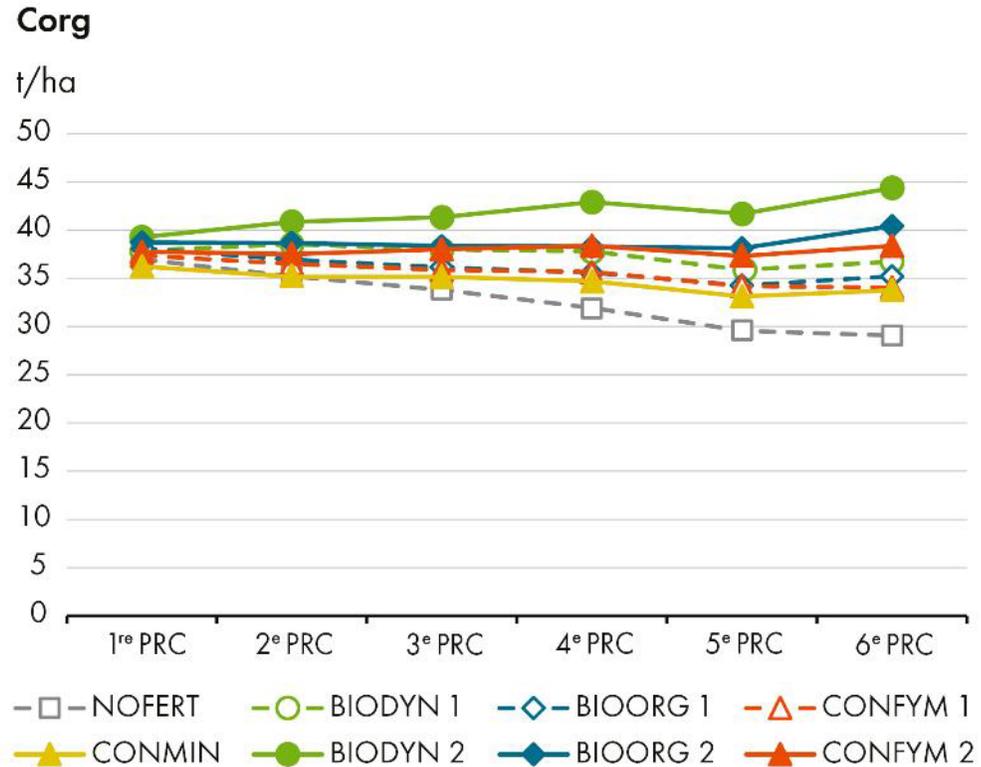
Phosphore du sol



[Krause et al. \(2024\): Scientific Reports](#)

- Stocks de P dans le sol (n=4) et concentrations de P disponibles dans le sol (n=32) dans l'ensemble du PRC 1-6
- CONMIN n'a pas été fertilisé dans le CRPI et commence avec une faible quantité de P disponible dans le PRC2.
- Appauvrissement en P dans tous les systèmes, mais diminution plus lente dans la CONFYM

Carbone organique du sol

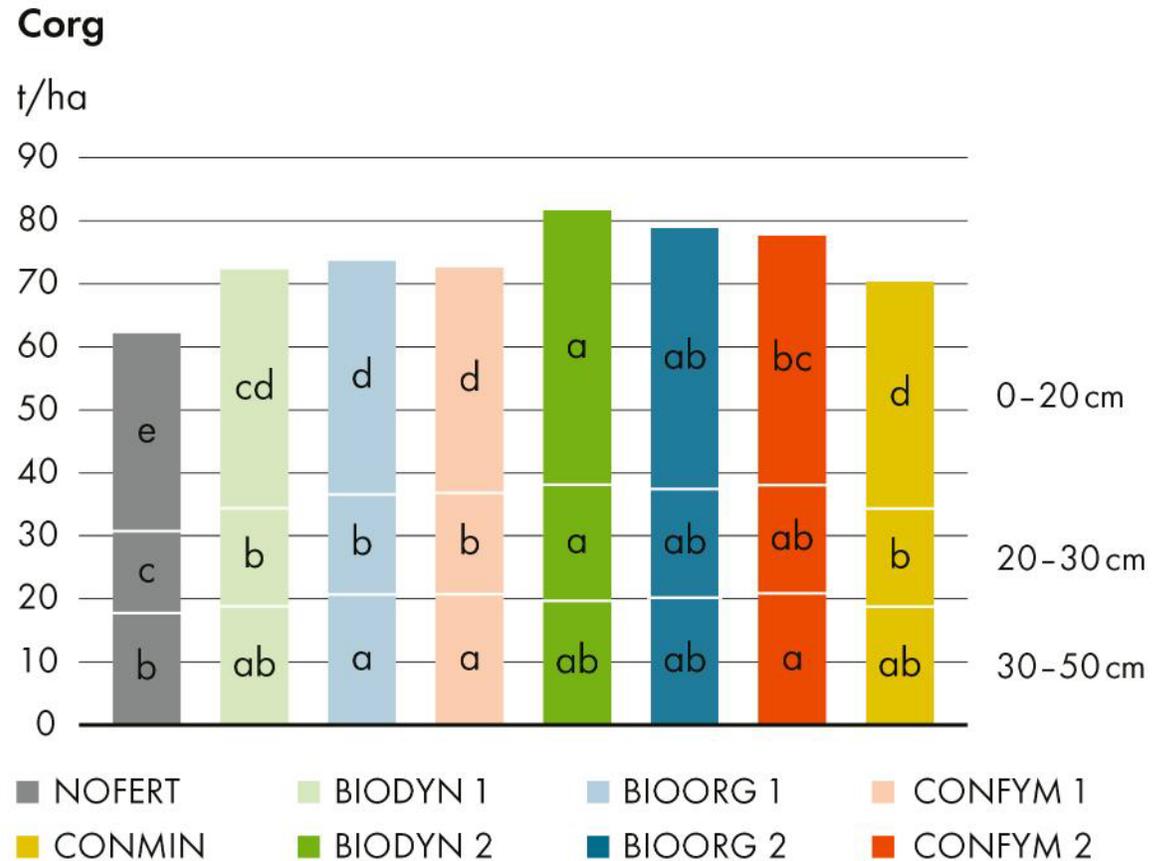


[Krause et al. \(2022\): Agronomy for Sustainable Development](#)

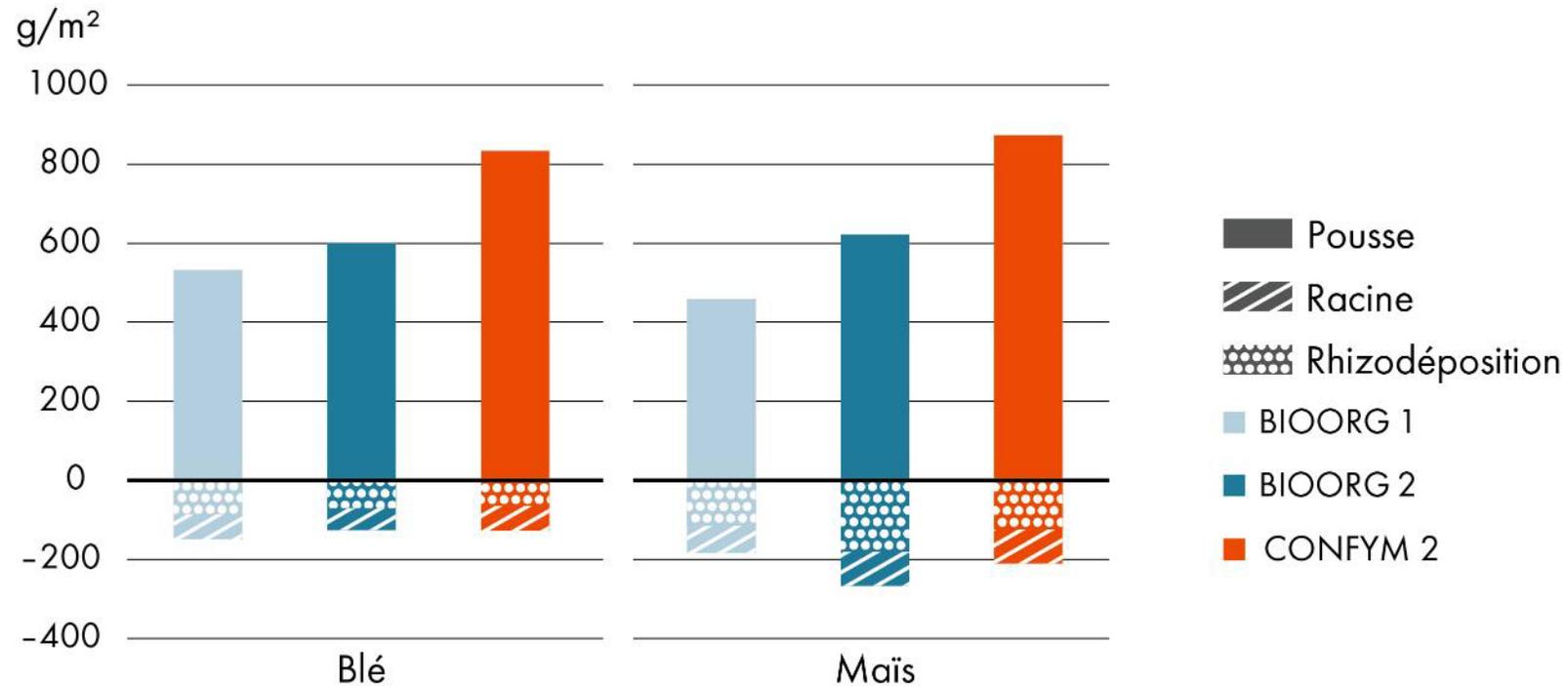
- Tous les systèmes à 0,7 UGB, CONMIN et NOFERT sans SOC
- La polyculture avec 1,4 UGB peut soutenir le contenu du SOC
- L'augmentation de la teneur en SOC dans BIODYN est probablement due à la qualité des intrants.

Carbone organique du sol

- Les principales différences du stock de carbone dans le sol se produisent dans la couche arable



Apports de carbone organique dans le sol par rhizodéposition

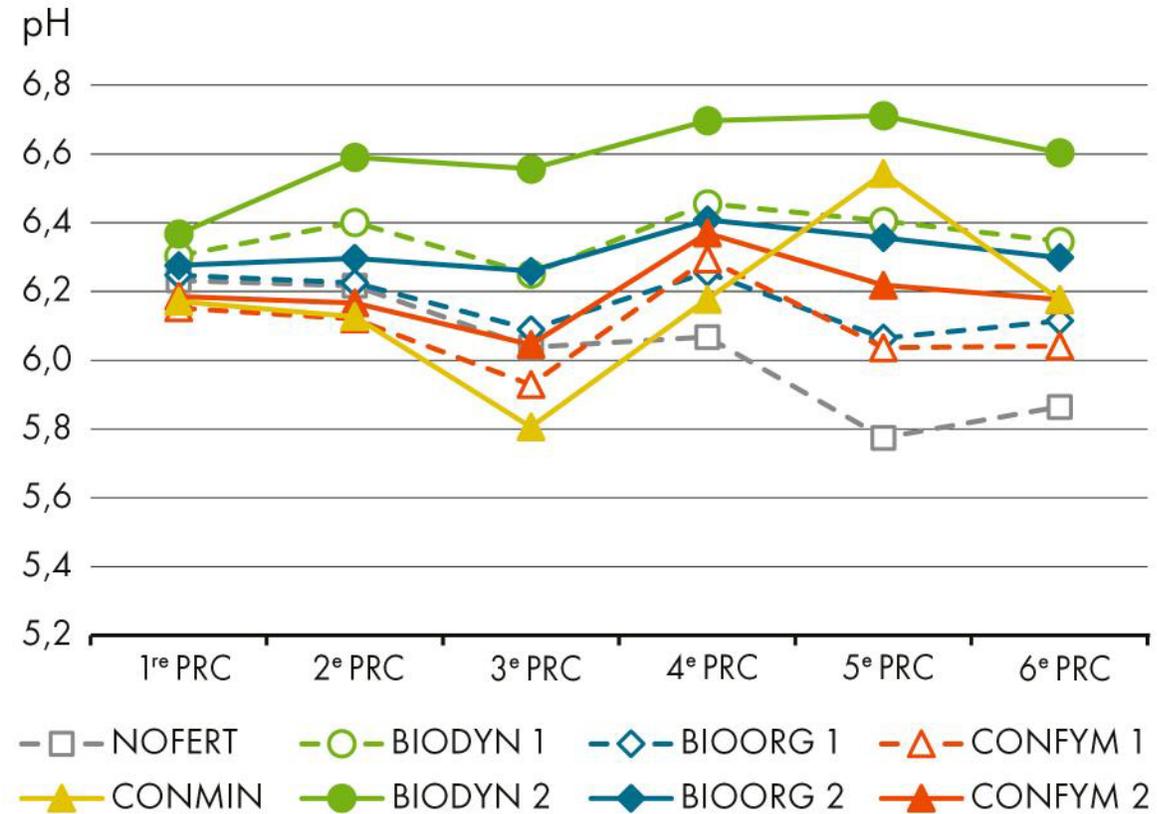


[Hirte et al. \(2017\) : Frontiers in Plant Science](#)

- La biomasse aérienne ne correspond pas aux apports de carbone souterrains.
- Plus grand apport de racines et de rhizodéposition dans BIOORG sous maïs uniquement

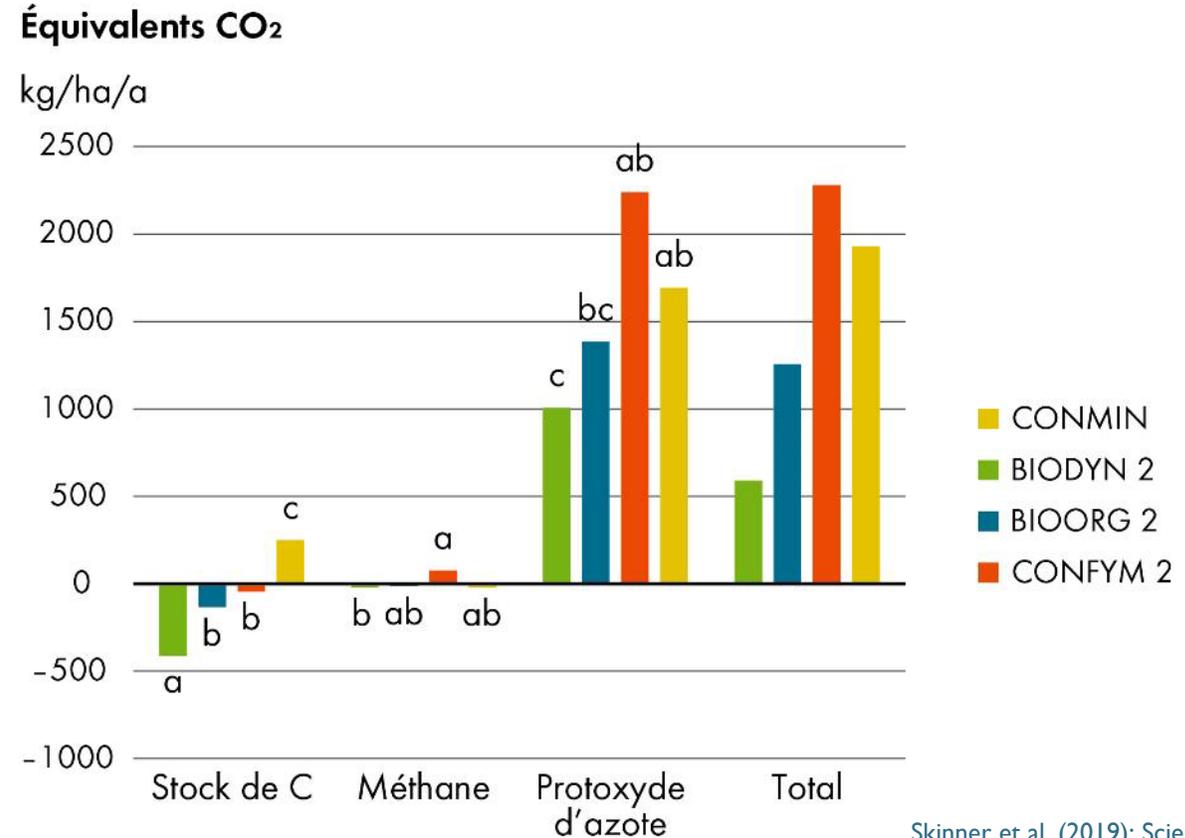
pH du sol (H₂O)

- pH du sol le plus élevé à BIODYN
- Liming dans CONFYM et CONMIN dans PRC3



Émissions de gaz à effet de serre transmises par le sol

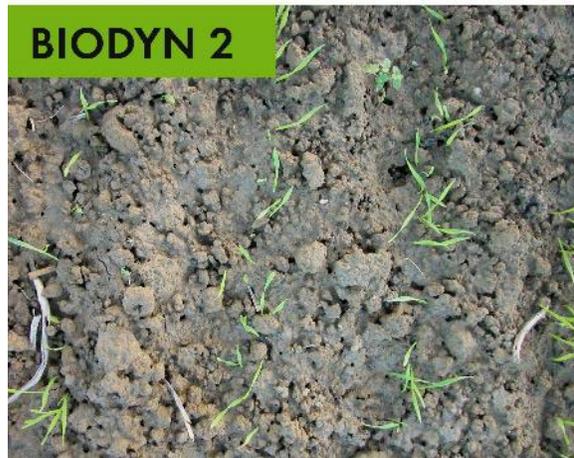
- Variations du stock C dans l'hypothèse d'une densité apparente constante pour chaque parcelle
- Campagne de mesure de N₂O pendant 571 jours (trèfle des prés - maïs - culture de couverture)
- Le site du terrain comme limite du système
- Les émissions de N₂O sont à l'origine de l'impact sur le climat
- Les augmentations de SOC, en particulier dans BIODYN, n'ont pas augmenté les émissions de N₂O
- 56 % de GES en suspension dans le sol en moins dans BIODYN/BIOORG par rapport à CONFYM/CONMIN



[Skinner et al. \(2019\): Scientific Report](#)

[Krause et al. \(2022\): Agronomy for Sustainable Development](#)

Structure du sol



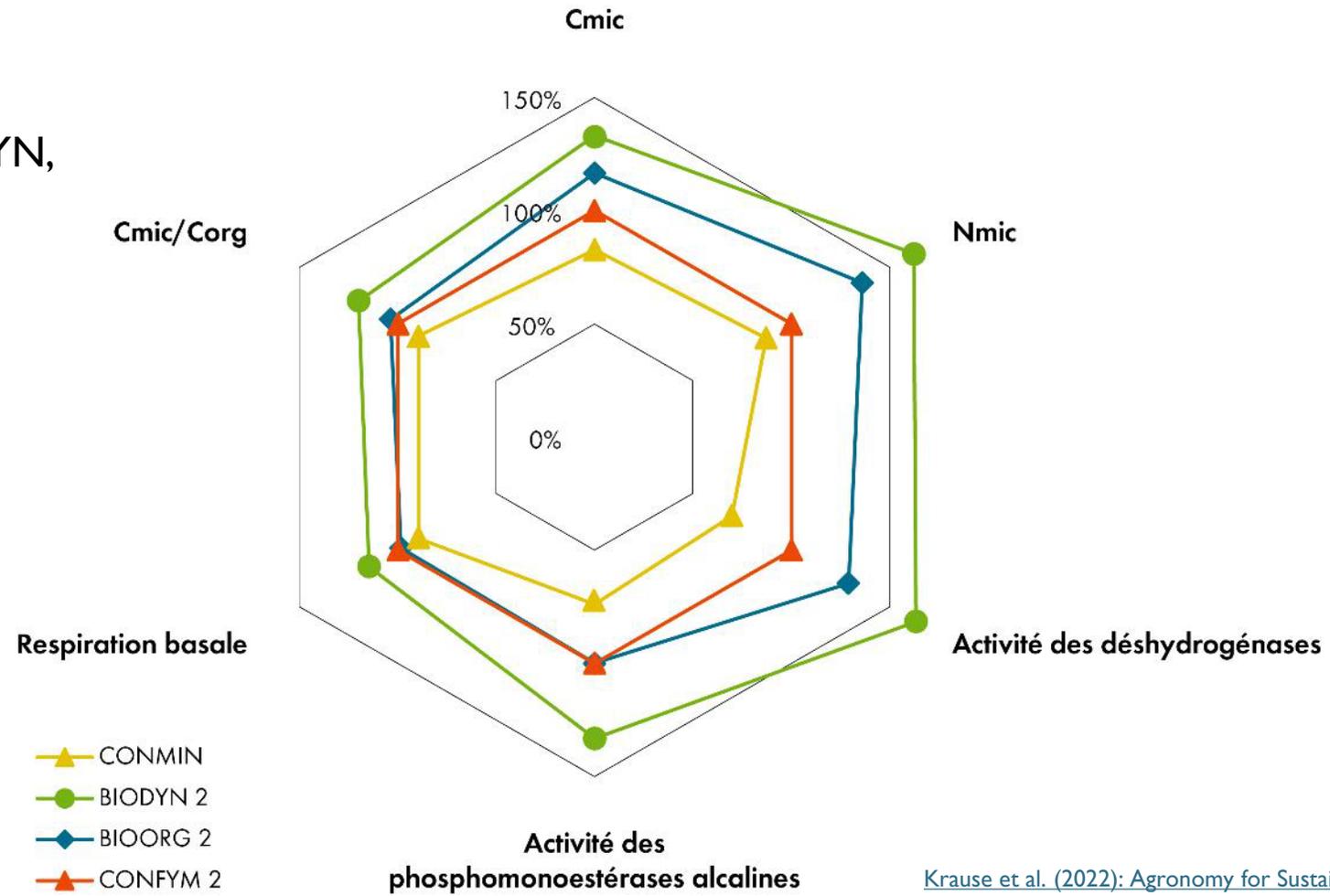
Stabilité des agrégats du sol

	Proportion d'agrégats stables	Significativité
BIODYN 2	50,1 %	a
BIOORG 2	44,2 %	ab
CONFYM 2	38,4 %	b
CONMIN	38,4 %	b
Moyenne générale de tous les procédés		
Mars 2000	55,3 %	a
Mars 2003	48,2 %	b
Juillet 2003	24,8 %	c

[Fließbach et al. \(2000\) : Konferenzbeitrag](#)

Qualité biologique du sol

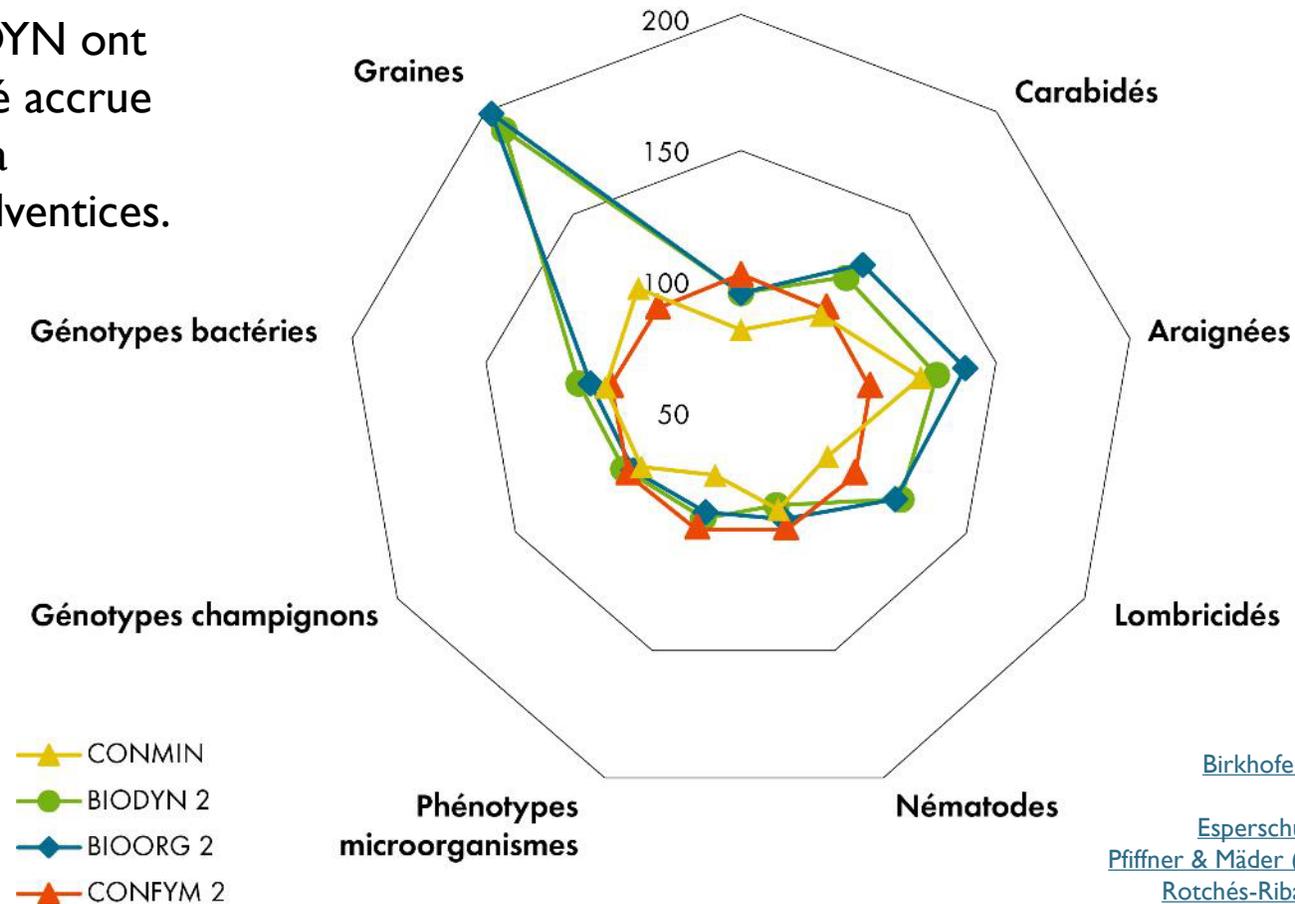
- Qualité biologique du sol la plus élevée dans BIODYN, suivi de BIOORG, CONFYM et CONMIN



[Krause et al. \(2022\): Agronomy for Sustainable Development](#)

Diversité des espèces

- BIOORG et BLOODYN ont montré une diversité accrue pour la microflore, la macrofaune et les adventices.



[Birkhofer et al. \(2008\): Soil Biology and Biochemistry](#)
[Hartmann et al. \(2015\): ISME Journal](#)
[Esperschütz et al. \(2007\): FEMS Microbiology Ecology](#)
[Pfiffner & Mäder \(1997\): Biological Agriculture & Horticulture](#)
[Rochés-Ribalta et al. \(2020\): Applied Vegetation Science](#)

Consommation d'énergie et potentiel de réchauffement planétaire dans le cadre de l'essai DOK (1985-1998) d'après une analyse du cycle de vie

Système	Utilisation de l'énergie		Potentiel de réchauffement de la planète	
	GJ ha ⁻¹ yr ⁻¹	MJ kg ⁻¹ Rendement MS	kg CO ₂ -eq ha ⁻¹ yr ⁻¹	kg CO ₂ -eq kg ⁻¹ Rendement MS
BIODYN	13,6 (65 %)	1,6 (80 %)	2804 (63 %)	0,35 (81 %)
BIOORG	14,5 (69 %)	1,8 (90 %)	2920 (65 %)	0,36 (84 %)
CONFYM	21,0 (100 %)	2,0 (100 %)	4474 (100 %)	0,43 (100 %)
CONMIN	26,9 (128 %)	2,8 (140 %)	4121 (92 %)	0,44 (102 %)

[Nemecek et al. \(2011\)](#)

- Économies d'énergie : L'agriculture biologique n'utilise pas d'engrais ni de pesticides chimiques de synthèse. Par rapport à l'agriculture conventionnelle, la consommation d'énergie est donc inférieure de 30 %.
- Cet avantage est réduit à 10-20 % par unité de rendement.

Merci à

Financement

- Office fédéral de l'agriculture OFAG
- Office fédéral de l'environnement OFEV
- Fonds national suisse de la recherche scientifique
- Fonds Coop pour le développement durable
- Commission européenne

Location des zones d'étude Therwil

- Coopérative agricole, Birsmatthof, Therwil
- Famille Stamm, Oberwil

Institutions partenaires

Équipes de terrain

Consultation des agriculteurs



FiBL en ligne



www.fibl.org



www.bioactualites.ch



[fiblfilm](https://www.youtube.com/fiblfilm)



[Podcast «FiBL Collaboration»](#)



[@FiBLaktuell](https://www.facebook.com/FiBLaktuell)



[linkedin.com/entreprise/fibl](https://www.linkedin.com/entreprise/fibl)



[@fiblorg](https://twitter.com/fiblorg)

Contact

Institut de recherche en agriculture biologique FiBL
Ackerstrasse 113, Boîte 219
5070 Frick
Suisse

Téléphone +41 (0)62 865 72 72

info.suisse@fibl.org
www.fibl.org