

15<sup>È</sup> RENCONTRES

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE  
ET DE L'ANALYSE



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

comifer  
Comité Français de l'Analyse et de la Fertilisation Raisonnée

Gemas  
Généraliste des Analyses et des Services

# Synthèse des travaux sur la détermination des Keq N (coefficients d'équivalent engrais azotés) de digestats de méthanisation

Caroline Le Roux et Aurélia Michaud

Claire Bodèle, Enguerrand Burel, Marie Carré, Hélène Lagrange, Florent  
Levasseur, Mariana Moreira, Thierry Morvan, Véronique Stangret

# Introduction

Développement de la méthanisation (Plan EMAA 2013, Loi Energie Climat 2019...)

Importance de bien maîtriser la fertilisation avec les digestats pour limiter les pertes et permettre une bonne valorisation des apports

Fournir des références actualisées pour le bilan azoté (composition, keqN...)

Nécessité de mise en commun de références pour mieux prendre en compte la fertilisation azotée des digestats

Objectif : Actualisation des grilles du Comifer





# Références du COMIFER sur les PRO

## Extrait des tables du Comifer – Teneurs en azote et coefficient d'équivalence azote (keqN)

Exemples de PRO		Ntot (kg N/ t ou m <sup>3</sup> de PB)	% N min (NH4 et NO3) par rapport à Ntot	Cultures concernées	Périodes d'apport	keqN sur la période du bilan	KeqN sur la période du cycle	Sources
<b>Digestat de méthanisation agricole</b>	Digestats bruts	6.0	80%	de printemps (type maïs) apport surface	Printemps	0.5	0.5	RE (1) et EC(5)
				de printemps (type maïs) injection	Printemps	0.9	0.9	
				d'automne (colza)	Printemps	0.8	0.8	
				d'automne (blé)	Printemps	0.65	0.65	
	Fraction liquide après séparation de phase	5.2	46%	de printemps (type maïs)	Printemps	0.7	0.7	RE (1) et E (2) (rattachement au lisier de porc)
Fraction sèche après séparation de phase	2.0	11%	de printemps (type maïs)	Printemps	0.3	0.3	RE (1)	

Sources :

EC (5) : Études au champ avec courbe de réponse à l'N Casdar "déjections "CRAB / CA45 2011 2012

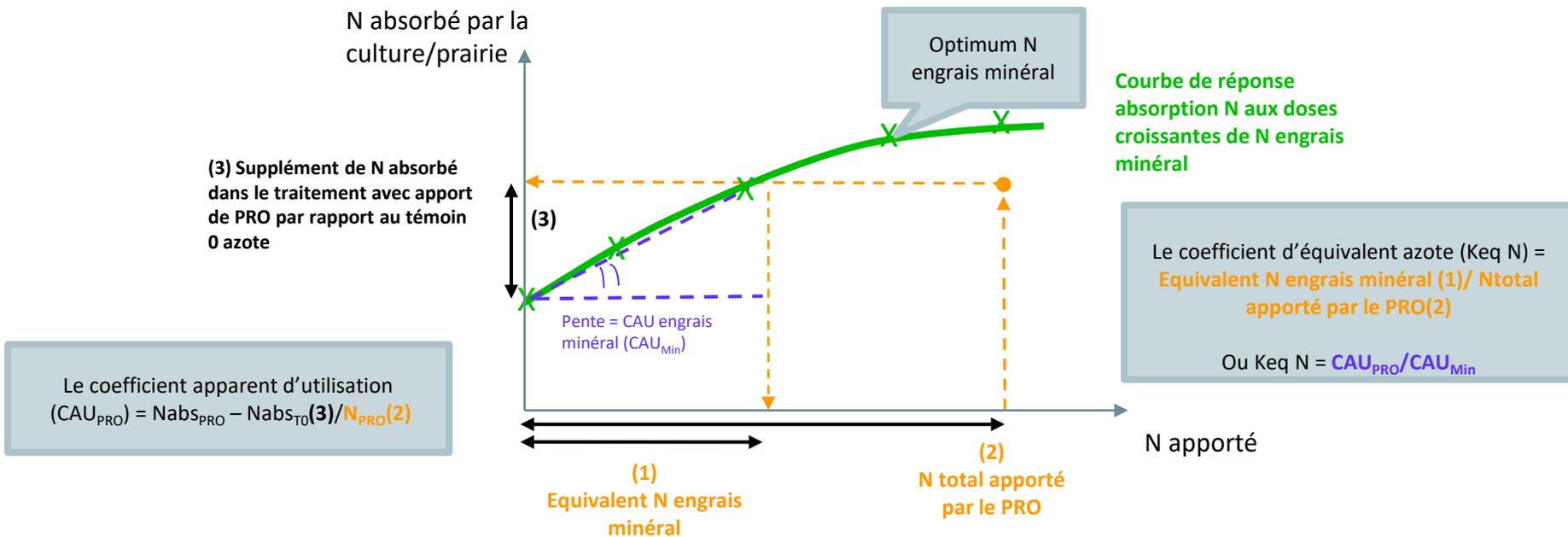
E (2) : Rattachement à un autre produit

RE (1) : Chambre d'agriculture Rhénanie du Nord - Westphalie -YARA

➔ Diversification procédés et matières entrantes

# Définition et obtention du Keq N

KeqN : équivalence engrais minéral de référence d'un kilogramme de N apporté par le PRO



Source : Adapté du guide méthodologique Réseau PRO – mise en place d'un essai au champ pour l'évaluation agronomique, environnementale et sanitaire d'un produit résiduaire organique, ACTA/INRA (2014)

# Inventaire des essais et données

## Vingtaine d'essais au champ

- **Période** : 2011 – 2018
  - **Régions** : Bretagne, Pays de Loire, Ile de France, Grand-Est, Hauts de France
  - **Sols** : calcaires (1/4) et non calcaire (3/4)
  - **Produits étudiés** : Effluents élevages bruts, Digestats agricoles majoritairement (bruts, en séparation de phase), Digestats urbain (brut, séparation de phase, composté)
  - **Cultures** : blé, maïs ensilage > prairie > orge, colza > betterave, maïs grain
- **Variabilité** : contexte (produit, culture, sol, climat), fiabilité des essais, périodes et matériels d'apports, durée d'enfouissement en post-apport
- **Harmonisation des variables descriptives et des unités des données entre essais** : produit, période apport, enfouissement (durée), culture, sol, composition (ex. C/N)
- **Calculer des valeurs moyennes de Keq N et identifier d'éventuels déterminants**

# Inventaire des essais et données

## Codification des produits

Différente entre essais et peu détaillée dans les grilles du COMIFER pour les digestats

→ **Harmoniser ; utilisation de la nomenclature établie dans l'observatoire INRAE sur les produits résiduels organiques (SOERE PRO) en partenariat avec des membres du COMIFER**

Effluent élevage	Digestat effluent élevage	Digestat autre agricole et urbain
Lisier_bovins (LB, n=5)	Digestat_fumier bovins (Dig-FB, n=2)	Digestat_co-digestion
Lisier_porc (LP, n=22)	Digestat_Lisier_Porc_brut (Dig-LP-B, n=19)	Digestat_biodechets_brut (Dig-Bio-B, n=6)
	Digestat_lisier volailles_brut (Dig-LV-B, n=4)	Digestat_biodechets_solide (Dig-Bio-S, n=1)
	Digestat_co-digestion_brut (Dig-CoDig-B, n=26)	Compost_digestat_biodechets (C-Dig-Bio, n=1)
	Digestat_co-digestion_liquide (Dig-CoDig-L, n=4)	
	Digestat_co-digestion_solide (Dig-CoDig-S, n=1)	

# Inventaire des essais et données

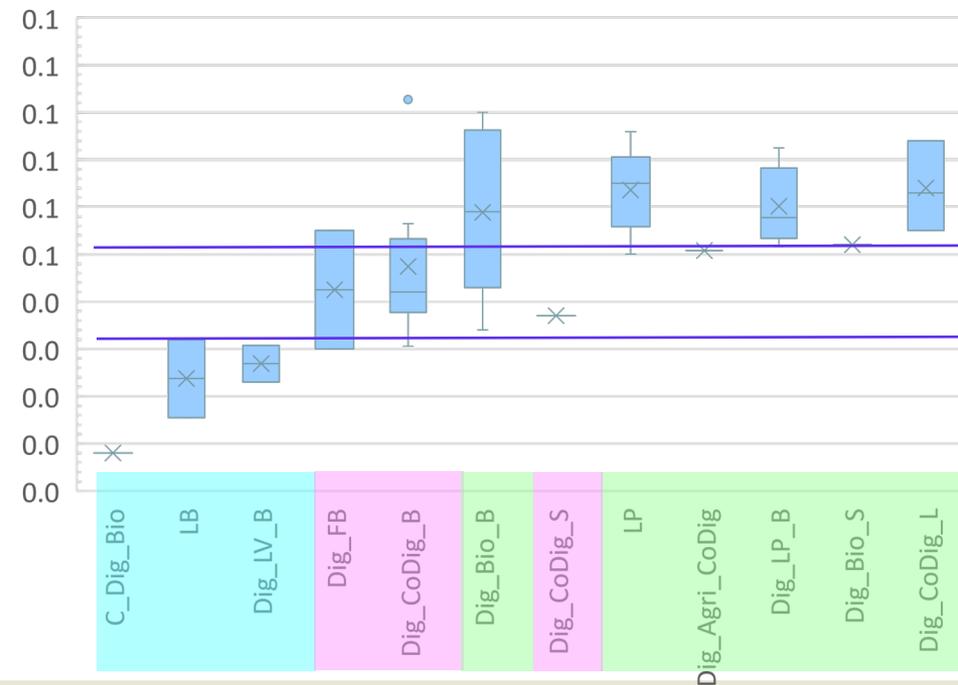
## Caractéristiques des produits

		Valeurs moyennes					
		Nb	% MS	En g/kg Matière brute			pH
				N total	N min	C org	
Effluent d'élevage	Lisier_bovins (LB)	5	5.7	<u>2.4</u>	1.1	20.9	<u>4.2</u>
	Lisier_porc (LP)	22	5.9	5.1	3.1	15.5	7.7
Digestat effluent d'élevage	Digestat_fumier bovins (Dig-FB)	2	7.1	6.4	<b>4.1</b>	25.2	8.2
	Digestat_Lisier_Porc_brut (Dig-LP-B)	19	4.9	5.0	3.4	15.4	8.1
	Digestat_lisier_volailles_brut (Dig-LV-B)	4	4.8	3.5	1.6	17.7	7.5
	Digestat_co-digestion_brut (Dig-CoDig-B)	26	6.3	4.6	2.7	21.0	8.2
	Digestat_co-digestion_liquide (Dig-CoDig-B)	4	<u>4.1</u>	3.5	2.0	<u>13.8</u>	7.8
	Digestat_co-digestion_solide (Dig-CoDis-S)	1	19.8	4.8	1.9	85.0	8.7
	Digestat_biodechets_brut (Dig-Bio-B)	6	5.5	<b>8.1</b>	<b>4.1</b>	19.7	8.4
Digestat autre agricole et urbain	Digestat_biodechets_solide (Dig-Bio-S)	1	<b>42.6</b>	4.3	1.4	82.0	<b>8.9</b>
	Compost_digestat_biodechets (C-Dig-Bio)	1	<b>41.7</b>	6.3	<u>0.2</u>	<b>93.0</b>	8.0

# Premiers résultats

## Coefficient d'équivalent engrais N du cycle cultural par produit

Keq N



**Keq < 0.3** (*moyenne - croix*)

Compost digestat biodéchets (C\_Dig\_Bio)

Lisier bovins (LB)

Digestat lisier volaille brut (Dig\_LV\_B)

**0.3 < Keq < 0.5** (*moyenne - croix*)

Digestat fumier bovins (Dig\_FB)

Digestat codigestion EE brut/solide (Dig\_CoDig)

**Keq ≥ 0.5** (*moyenne - croix*)

Digestat biodéchet brut (Dig\_Bio)

Lisier porcs (LP)

Digestats agri. codigestion brut (Dig\_Agri\_CoDig)

Digestat lisier porc brut (Dig\_LP\_B)

Digestat biodéchet solide (confirmer) (Dig\_Bio\_S)

Digestat codigestation EE liq. (Dig\_CoDig\_L)



# Premiers résultats

## Effet de la méthanisation et de l'enfouissement sur les valeurs Keq N

### Cas du lisier de porc, maïs

Enfouissement	Keq N	
	Digestat lisier porc	Lisier porc
Tout	0.64 ( $\pm$ 0.21)	0.65 ( $\pm$ 0.19)
immédiat	0.86 ( $\pm$ 0.09)	0.82 ( $\pm$ 0.11)
4-12h	0.57 ( $\pm$ 0.15)	0.66 ( $\pm$ 0.10)
12-24h	0.68 ( $\pm$ 0.18)	0.49 ( $\pm$ 0.18)
sans	0.40 ( $\pm$ 0.21)	0.40 ( $\pm$ 0.15)

Pas d'effet de la méthanisation

Effet du délais d'enfouissement

> 0.8 en enfouissement immédiat

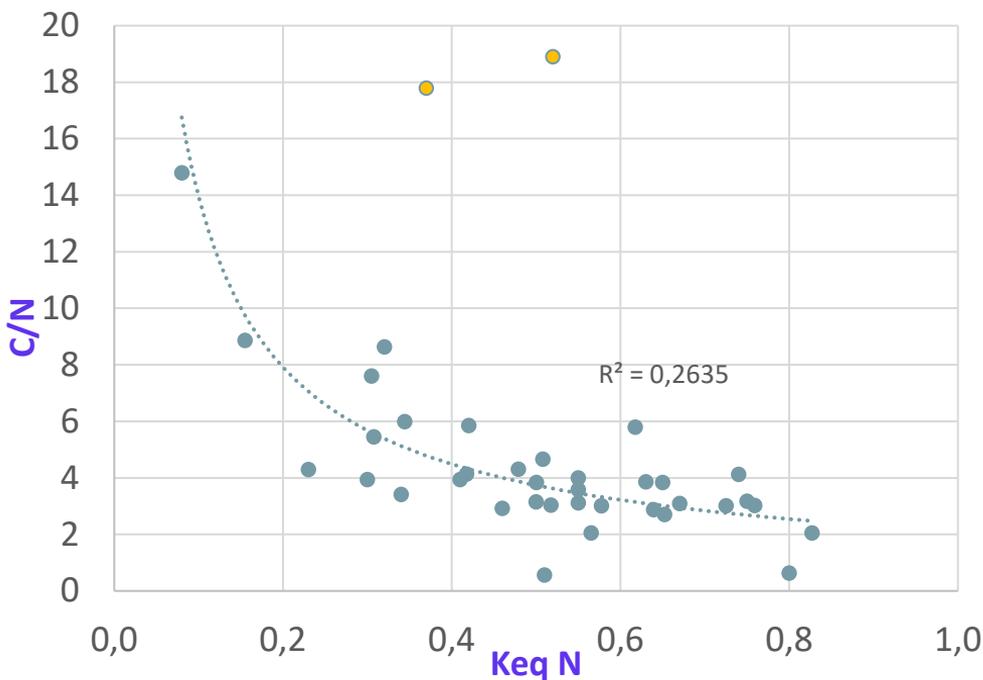
0.5-0.7 en enfouissement 4-24h

0.4 sans enfouissement

→ Confirmer sur davantage de situations

# Premiers résultats

## Valeurs Keq en fonction du rapport C/N des produits



Relation en fonction du jeu données  
et de la disparité des situations  
(= nombre essai / C/N)

2 points « hors norme » pour maïs  
pour digestat codigestion et solide biodéchets

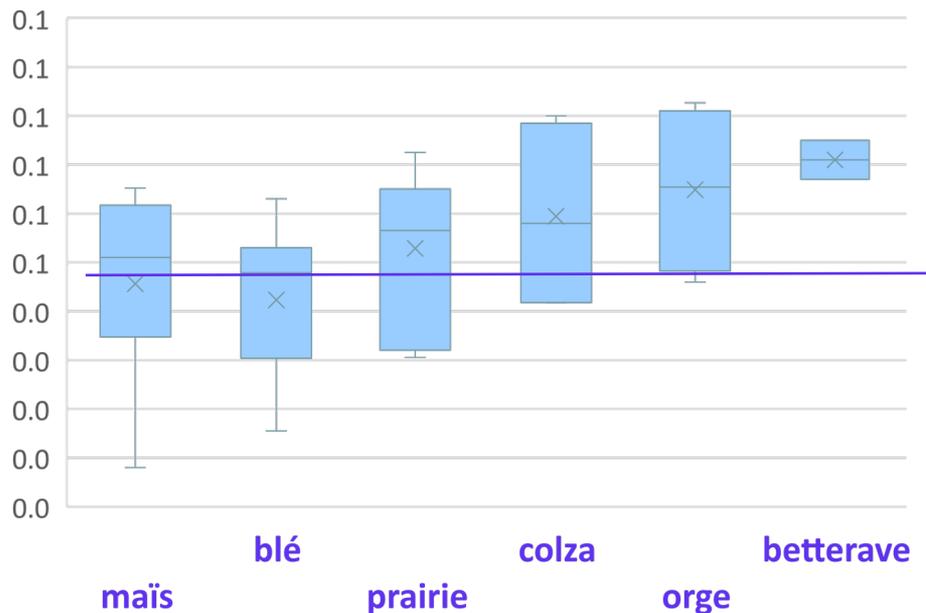
corrélation **-0,643** entre Keq et C/N produits  
( $p < 0,0001$ ) (SPEARMAN)

→ **Augmentation Keq N avec diminution C/N**  
→ *Confirmer sur davantage de situations*

# Premiers résultats

## Autres déterminants des valeurs de $K_{eq} N$ ?

### $K_{eq} N$



**Pas de relation apparente pour**

Les cultures

Le sol (calcaire / non calcaire)

Les caractéristiques des produits (hormis C/N)

→ *Confirmer sur davantage de situations*

# Proposition grilles Keq N

## Valeurs Keq N ( $\pm$ écart-type) par produit, culture et période apport

Valeurs établies à partir des données provenant d'un minimum 3 essais au champ (ou années)

Produit	Culture	Période apport	Keq N	Nombre essais
Effluent_Elevage_Lisier_bovins	prairie	printemps	<u>0.32 (<math>\pm</math> 0.10)</u>	3
	maïs	printemps	<b>0.65 (<math>\pm</math> 0.19)*</b>	10
Effluent_Elevage_Lisier_porc	blé	printemps	<b>0.50 (<math>\pm</math> 0.09)</b>	3
	prairie	printemps	<b>0.62 (<math>\pm</math> 0.18)</b>	9
Effluent_Elevage_Digestat_Lisier_Porc_brut	maïs	printemps	<b>0.64 (<math>\pm</math> 0.21)</b>	13
	blé	printemps	<b>0.58 (<math>\pm</math> 0.17)</b>	1**
	prairie	printemps	<b>0.52 (<math>\pm</math> 0.15)</b>	8
Effluent_Elevage_Digestat_lisier_volailles_brut	blé	fin hiver	<u>0.31 (<math>\pm</math> 0.09)</u>	4
	blé	printemps	<b>0.48 (<math>\pm</math> 0.20)</b>	7
Effluent_Elevage_Digestat_co-digestion_brut	blé	fin hiver	0.41 ( $\pm$ 0.18)	12
	colza	fin d'été	0.42 ( $\pm$ 0.32)	3
	prairie	printemps	<u>0.31 (<math>\pm</math> 0.11)</u>	3

\* Grille COMIFER 0.5-0.7

\*\* 4 années

# Conclusions et perspectives

- Keq N différent en fonction des produits → **Keq N plus élevé pour lisier porc, digestat lisier porcs, digestat codigestion (agricole) et biodéchets**
- **Effet positif de l'enfouissement** estimé sur lisier porc ± méthanisé
- **Keq N équivalent pour du lisier de porc ± méthanisé**
- **Pas de déterminant identifié hormis la corrélation négative avec le C/N**

→ *Confirmer sur davantage de situations*

→ *Notamment via le projet ADEME/GRDF FertiDig (2021-2023) qui vise à établir un guide de valorisation agronomique des digestats d'origine agricole ; essais conduits en maïs/blé pour des digestats à C/N extrêmes*