



Webinaire « Comment insérer de l'azote dans les systèmes de culture »
27 septembre 2021

Quelle valeur fertilisante azotée des produits organiques ?

Florent Levavasseur, Sabine Houot
INRAE UMR ECOSYS

florent.levavasseur@inrae.fr

Les produits résiduaires organiques (PRO)



- Origine diverse des Produits Résiduaires Organiques (PRO) :
 - Agricole : effluents d'élevage (fumier, lisier, fientes...), biomasse végétale (hors résidus de récolte)
 - Urbaine : déchets verts, déchets alimentaires, boue STEP...
 - Industrielle : vinasse de sucrerie, boues de papeterie, etc.
- Diversité des traitements possibles : simple stockage, séchage, séparation de phase, compostage, méthanisation...
- Effluents d'élevage = plus gros gisement à l'échelle nationale, mais importance locale des autres gisements
- Caractéristique commune : souvent peu concentrés en éléments nutritifs et une partie de l'azote sous forme organique qui devra être minéralisée avant d'être absorbée par la plante



Photo : V. Moinard

Azote disponible des PRO

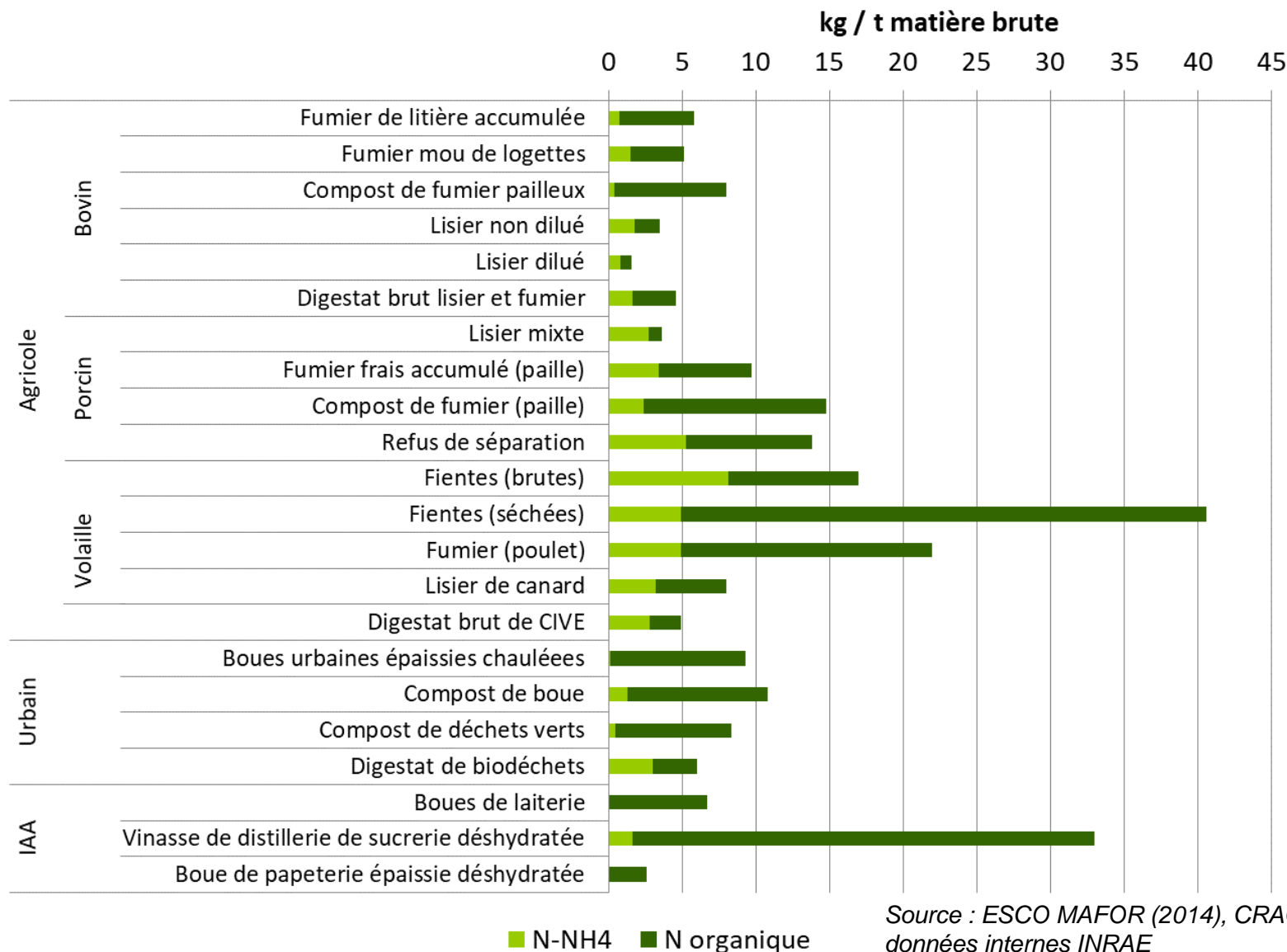


- Azote disponible = azote minéral ($N-NH_4$) + azote organique rapidement minéralisable
- Minéralisation de l'azote organique par les micro-organismes du sol
 - Dépend des conditions de température et d'humidité (qui \nearrow)
 - Des caractéristiques du PRO (stabilité de la MO et rapport C_{org}/N_{org})

| | MO facilement dégradable | MO difficilement dégradable |
|-------------------------|--|---|
| C_{org}/N_{org} bas | + minéralisation N (fourniture de N) | Faible minéralisation ou immobilisation |
| C_{org}/N_{org} élevé | + immobilisation N (prélèvement N minéral du sol par les microorganismes) | |

- Mesure de la minéralisation du N organique :
 - Mesurable au champ (long, coûteux, dépendant des conditions pédoclimatiques et de systèmes de culture...)
 - Approche du potentiel de minéralisation au laboratoire en conditions contrôlées (standardisation)
- Forte variabilité de l'azote disponible des PRO (diapos suivantes)

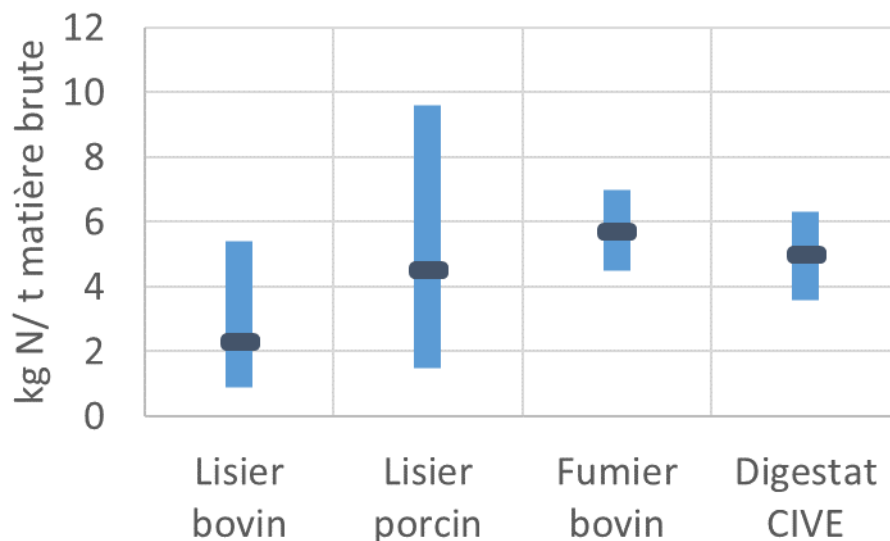
Forte variabilité des teneurs en N minéral et N organique entre types de PRO



Source : ESCO MAFOR (2014), CRAGE (2019), données internes INRAE

Forte variabilité des teneurs en N minéral et N organique au sein de chaque type de PRO

- Pour un même type PRO, variabilité des teneurs en N et de sa forme en fonction des conduites d'élevage, des intrants (compostage, méthanisation), des modalités de stockage / traitement, etc.



Exemple de variabilité de la teneur en N total de quelques PRO

Maximum
Moyenne
Minimum

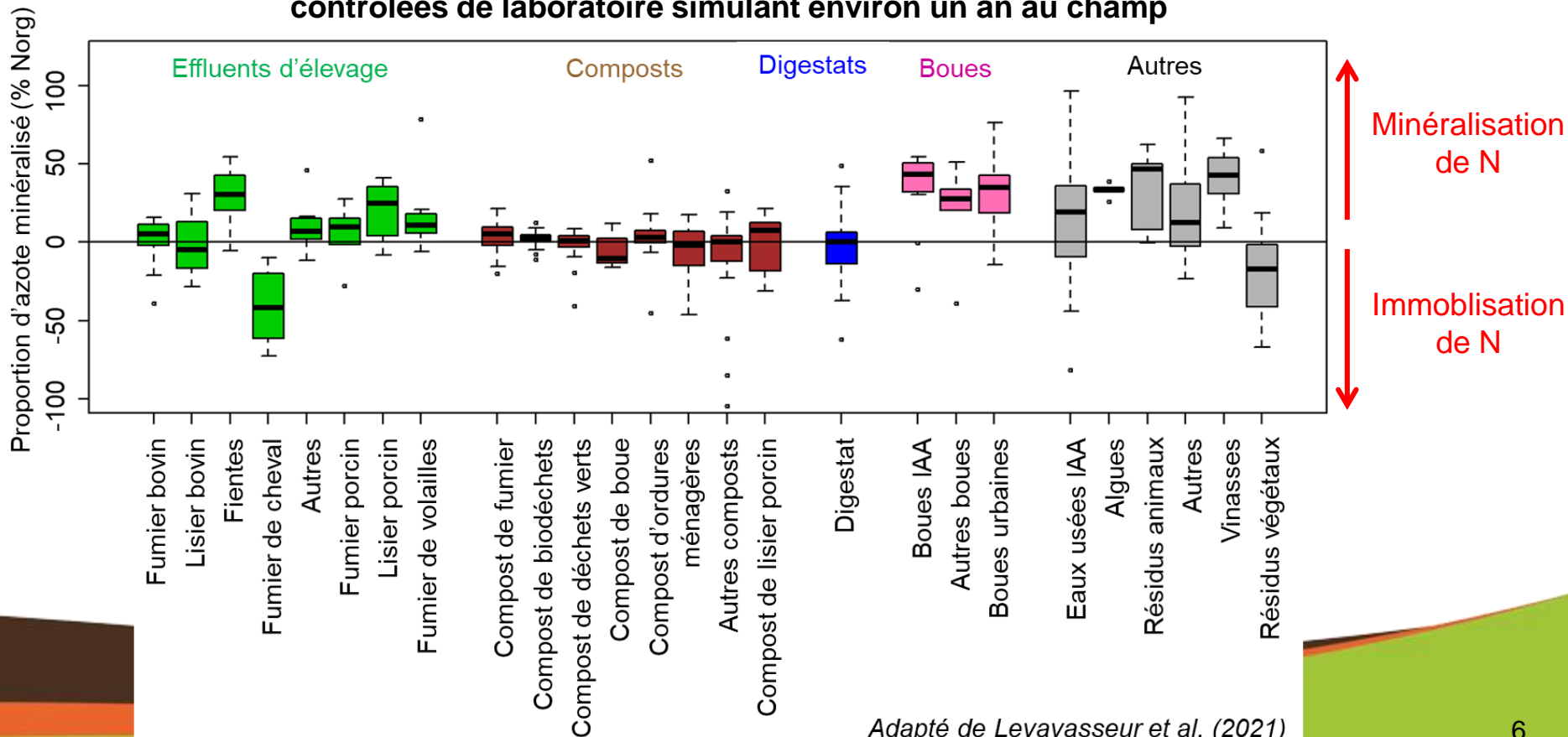
Source : ESCO MAFOR (2014),
données internes INRAE

→ Importance de connaître la teneur en N et les formes du N du PRO pour piloter correctement la fertilisation !

Forte variabilité de la minéralisation de l'azote organique des PRO

- Entre PRO : forte immobilisation avec fumier de cheval (-42% N minéralisé) / forte minéralisation de N avec fientes (30% N minéralisé)
- Pour un même PRO (- 50% à + 50% pour digestat)

Minéralisation de l'azote organique des PRO en conditions contrôlées de laboratoire simulant environ un an au champ



Quelques exemples d'apport à dose agronomique classique

- Apport N disponible dépend des doses, des teneurs en N minéral et organique, de la minéralisation du N organique

| PRO | Dose classique (t/ha) | N total (kg/ha) | N-NH4 (kg/ha) | N organique (kg/ha) | Minéralisation Norg (%) | N disponible (kg/ha) |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Compost de déchets verts | 20 | 167 | 9 | 157 | -1 | 8 |
| Fumier de litière accumulée | 30 | 174 | 22 | 152 | 3 | 26 |
| Boues urbaines épaissies chaulées | 10 | 93 | 1 | 92 | 32 | 31 |
| Lisier non dilué | 40 | 140 | 70 | 70 | -1 | 69 |
| Engrais organique | 1 | 120 | 0 | 120 | 60 | 72 |
| Fientes (séchées) | 5 | 203 | 25 | 178 | 30 | 78 |
| Lisier porcin mixte | 40 | 144 | 108 | 36 | 20 | 115 |
| Digestat brut de CIVE | 40 | 196 | 112 | 84 | 9 | 120 |



Effet des traitements

| Traitement | Quantité totale de N | Concentration dans le PRO | Forme du N |
|--|--------------------------------|---|--|
| Compostage | Perte de N (et d'eau, de C...) | + concentré que le produit initial malgré les pertes au compostage (car aussi moins d'eau, de C...) | Organique et moins dégradabile que dans le produit d'origine |
| Méthanisation | ≈ conservatif | ≈ identique au produit initial | Une partie du N minéralisé |
| Séparation de phase (lisier, digestat) | ≈ conservatif | + N minéral dans le liquide + N organique dans le solide | |

+ effet du stockage variable (durée, couverture...)

Optimiser l'insertion dans les systèmes pour minimiser les pertes et maximiser leur efficacité

- Azote ammoniacal très sensible à la volatilisation → pollution de l'air **et** perte de valeur fertilisante :
 - Préférer l'enfouissement, a minima l'épandage au pendillard
 - Eviter les apports avec météo défavorables (température, vent...)
 - Produit liquide moins sensible (infiltration), mais souvent plus concentré en N ammoniacal (ex : digestat, lisier)
 - Phénomènes beaucoup plus importants en sols calcaires

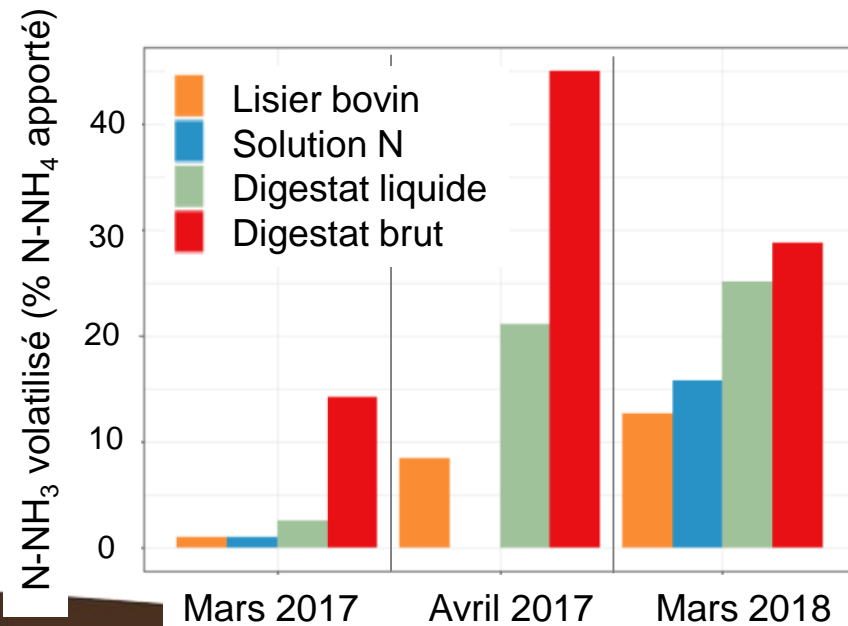


Illustration des pertes N par volat
Apport 20 m³/ha de digestat sur orge hiver AB



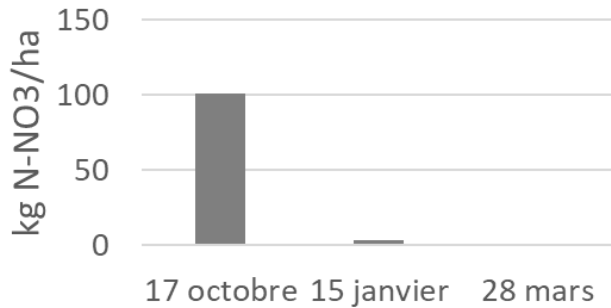
Buse palette
rendement : 35
qx/ha

Pendillard
Rendement
43 qx/ha



Optimiser l'insertion dans les systèmes pour minimiser les pertes et maximiser leur efficacité

- Azote ammoniacal (d'origine ou minéralisé) rapidement nitrifié dans le sol
- Nitrates sensibles à la lixiviation : pollution des eaux et perte d'efficacité
- Importance de bien choisir la date d'apport pour les produits apportant beaucoup de N minéral ou à minéralisation rapide
- Besoin du matériel adapté pour épandre au bon moment (ex : sans tonne)



Pertes de N-NO₃ par lixiviation selon la date d'application de lisier bovin (à 170 kg N/ha) sur prairie (Italie)

Adapté de Codruta Maris et al. (2021)

- Perte d'efficacité pour les apports d'automne reflétée dans les KEQ du GREN

Cultures d'automne : céréales, colza...

| Exemples de types PRO | Type | Périodes d'apport | |
|--|------|-------------------|-------------------|
| | | Apports automne | Apports printemps |
| Fumiers de porcs, fumiers de volailles, lisier de bovins | B | 0,20 | 0,30 |
| Lisier de porcs et de volailles | C | 0,20 | 0,40 |

Abaque GREN
Bourgogne

Coefficient d'équivalence engrais

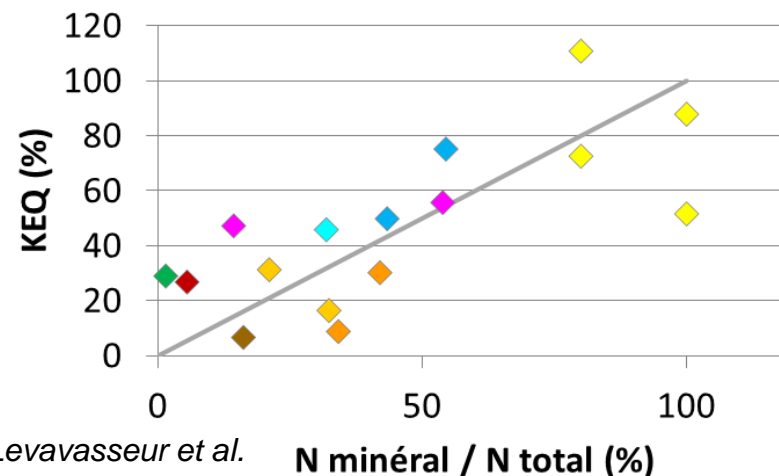
- Coefficient d'équivalence engrais (KEQ) : autre façon d'approcher l'efficacité des PRO en intégrant les conditions d'apports et les pertes associées
- KEQ = dose d'engrais minéral équivalente à un kg de N du PRO en termes d'effet sur le rendement d'une culture
- KEQ obtenu avec des essais au champ en comparant des apports de PRO à différentes doses d'engrais minéral
- Abaque existantes (cf. GREN régionaux) à utiliser pour l'établissement des plans de fertilisation
- Forte relation du KEQ avec la proportion de N sous forme minérale dans le PRO



Essai KEQ

Exemple de KEQ (blé, colza) obtenus pour différents PRO et relation avec la proportion de N du PRO sous forme minérale

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| ■ Lisier bovin automne | ■ Compost lisier porc |
| ■ Lisier bovin printemps | ■ Boue STEP |
| ■ Fumier bovin | ■ Digestat brut élevage |
| ■ Fumier cheval | ■ Digestat brut biodéchets |
| | ■ Urine |

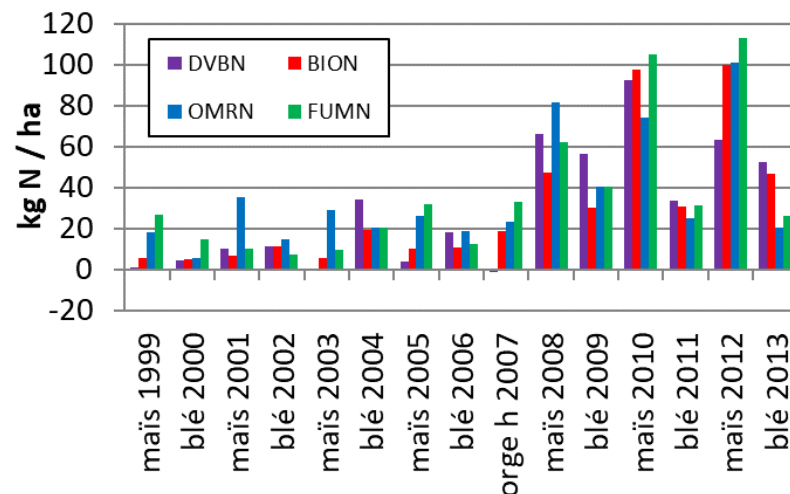


Levavasseur et al.
(2020)

Apports répétés et effets de long terme

- Apports répétés de PRO amendants → augmentation de la matière organique du sol → augmentation de la minéralisation d'azote du sol → réduction des besoins en engrais N

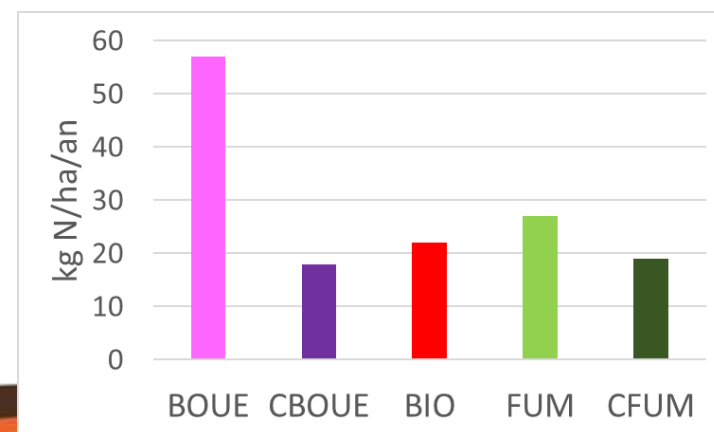
- QualiAgro : épandage de 3 composts urbains (**biodéchets**, **boue**, **OMR**) et d'un **fumier bovin** tous les 2 ans (4 t C/ha, soit 20 t/ha à 35 t/ha)



Surplus de fourniture N à QualiAgro par rapport au témoin N minéral

- Colmar : 170 kg N/ha tous les deux ans : **boue STEP**, **compost boue**, **compost biodéchets** (≈ 15 t/ha), **fumier bovin**, **compost fumier** (≈ 30 t/ha)

Economie moyenne d'engrais N (2001-2018) à Colmar par rapport au témoin N minéral à rendement identique (adapté de Chen et al., 2021)



Conclusion



- Valeur fertilisante azotée des PRO très variable entre type de PRO et pour un type de PRO donné, dépendante premièrement des teneurs en N minéral, et de la minéralisation du N organique
- Importance de connaître la composition du PRO pour piloter la fertilisation
- Une insertion dans les systèmes à réfléchir pour maximiser leur efficacité (↘ volatilisation et lixiviation)
- Autres pertes N (N_2O , $NO...$) avec un fort impact environnemental mais peu d'effet sur valeur fertilisante
- Une ↗ fourniture de N à long terme avec des apports répétés de certains PRO amendants (composts, fumiers...)
- Gisements peuvent être (souvent) limitants si on recherche l'autonomie N → d'autres leviers à actionner (légumineuses...)
- D'autres effets à considérer dans le choix d'un PRO (valeur amendante, autres nutriments, contaminants...)

GO



Proteins

Bourgogne
Franche-comté

2019-2021

Capitaliser et innover en réseau avec les agriculteurs et leurs partenaires
vers un pôle de compétences « protéines »
en Bourgogne - Franche-Comté



UNION EUROPEENNE

REGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE

avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)
L'Europe investit dans les zones rurales.