

VALEUR AZOTE DES DIGESTATS DE METHANISATION

Bertrand DECOOPMAN. CRAB, Sabine HOUOT, INRA-ECOSYS, Myriam GERMAIN, INRA-ECOSYS, Daniel Hanocq CRAB, Alain AIRIAUD. CRAPL, Laurent LEJARE. CRAC, Caroline LE ROUX. LDAR.

Le contexte et les objectifs.

Le développement de la méthanisation en France entraîne la production de plus en plus importante de digestats de méthanisation (bruts ou filtrés), utilisables comme fertilisants des cultures. L'essentiel des digestats sont épandus à l'état brut.

Afin de conseiller les utilisateurs de ces digestats sur les doses à apporter aux cultures, il importe de connaître le(s) coefficient(s) d'équivalence engrais de ces PRO (Keq : voir Guide méthodologique COMIFER 2012).

Des premières données ont été publiées en 2013 (Groupe azote COMIFER mai 2013) mais il était évident pour les auteurs que ces dernières étaient incomplètes et devaient faire l'objet de références supplémentaires.

Porté par les Chambres d'Agriculture de Bretagne, Pays de Loire et Centre et en collaboration avec le LDAR et l'INRA, le projet VADIM soutenu par l'ADEME dans le cadre du programme DOSTE (2013/2016), a permis de répondre à cette question.

Ce dernier visait principalement à renforcer ces références de Keq afin d'aider les producteurs dans la dose à apporter par culture. Ces valeurs de Keq, ont été obtenues d'essais réalisés au champ selon le protocole défini dans le Guide méthodologique Réseau PRO 2015.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce programme VADIM ont été complétés par des références au champ existantes (INRA EFELE SOERE PRO, VADIMETHAN, CasDAR Effluents d'élevage).

Ces références de 2010 à 2016 ont été obtenues principalement en sol non carbonaté, sur céréales (21 références), sur maïs (6 références), sur colza (7 références), et sur prairies (10 références).

Les digestats utilisés pour ces essais

Ils sont de quatre provenances principales :

Digestat brut issu de Lisier de porc (**Dig LP**) (complémenté par des déchets divers) : (23 références)

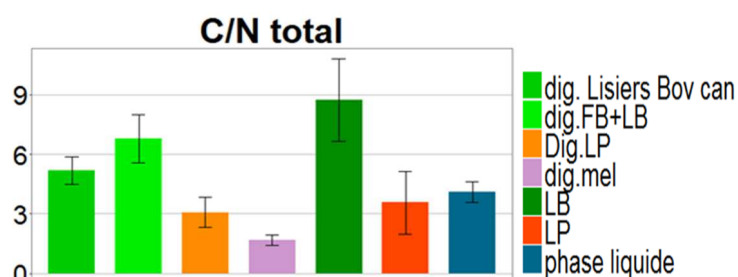
Digestats brut issus de lisier (**dig.Lisiers Bov can**) ou fumier de bovin (**dig.FB+LB**) (complémenté par des déchets divers) (13 références)

Des phases liquides de digestats après séparation de phase (**phase liquide**) (issus de lisier de porc) sur colza (3 références)

Des digestats bruts issus de déchets d'IAA (**dig mel**) (5 références).

Les analyses agronomiques font ressortir de grandes différences de composition en comparaison avec des lisiers de porc (**LP**) et de bovin (**LB**) utilisés sur certains sites comme témoins

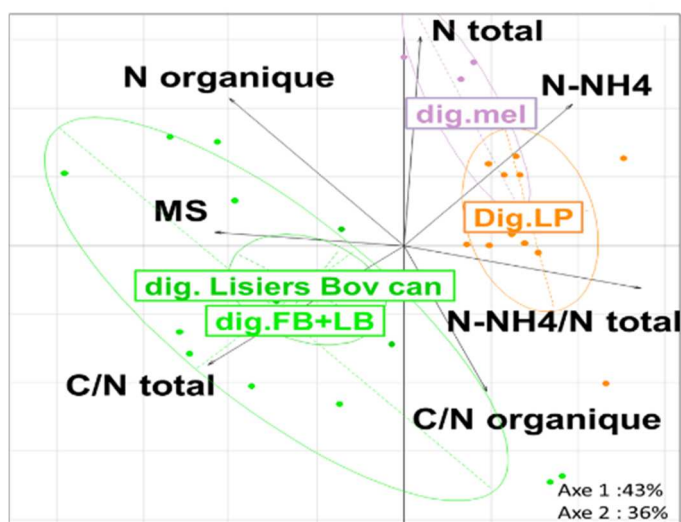
Figure N°1 : Variation du C/N des digestats en fonction de leur origine et comparaison avec des lisiers de porc et bovin non traités.



D'autres paramètres agronomiques ont été réalisés sur ces digestats comme : N-NH₄, MS, MO, Ntot, Norg.

Une analyse en composantes principales (ACP) à partir de ces résultats d'analyses de digestats avec ou sans les lisiers de porc et de bovin utilisés sur les sites fait ressortir que le C/N est le paramètre analytique le plus discriminant, suivi par la teneur en N-NH₄. La figure 2 présente l'ACP pour les digestats seuls.

Figure 2 : Résultat d'une analyse en composantes principales réalisée à partir des analyses physico-chimiques de digestats (indiquées en noir sur la figure) montrant la différenciation des digestats en fonction de leur origine. Voir la figure 1 pour les légendes des couleurs.

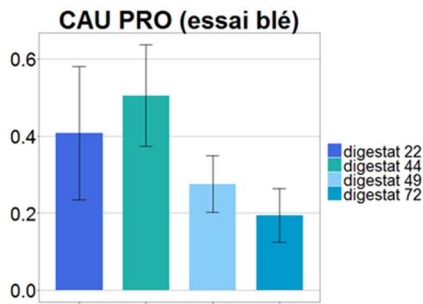


Les CAU mesurés sur les essais céréales (21 références au champ)

$CAU_{PRO} = (Nabs_{PRO} - Nabs_{T0}) / N_{PRO}$. Nabs plante entière = Nabs parties aériennes * coef culture tenant compte de la part racinaire estimée à maturité

Contrairement aux premières références (COMIFER 2013) il existe bien une différence de comportement agronomique du digestat selon les intrants apportés au digesteur. Ainsi le digestat issu d'IAA (44 sur la figure 2) à un CAU statistiquement différent du CAU obtenu avec le digestat issus de lisier et fumier de bovin (72 sur la figure N° 2). Les digestats à base de lisier de porc (22) et de lisier de bovin (49) étant intermédiaires.

Figure N° 2 : CAU observé sur céréale selon le type de digestat.



Quelle correspondance entre paramètres agronomiques et CAU (céréales) ?

Une analyse ACP montre que le paramètre agronomique le mieux corrélé avec le CAU est le C/N total (Figure 4), Traduit en modèle linéaire (Figure 5), cette relation montre un R² faible (0.43 à 0.45 selon prise en compte ou pas des lisiers). Cependant, si on « force » le modèle à prendre en compte la proportion de N-NH₄ dans le N total (NH₄/Ntotal) plutôt que C/N total, rajouter la variable C/N **organique** donne de meilleures corrélations

CAU = 0,137 + 0,007xN-NH₄/N total – 0,017xC/N organique (R² = 0,56 avec uniquement les digestats)

CAU = 0,106 + 0,007xN-NH₄/N total – 0,015xC/N organique (R² = 0,45 digestats+lisiers)

Figure 4 : ACP entre les paramètres agronomiques des digestats et leur CAU sur céréales.

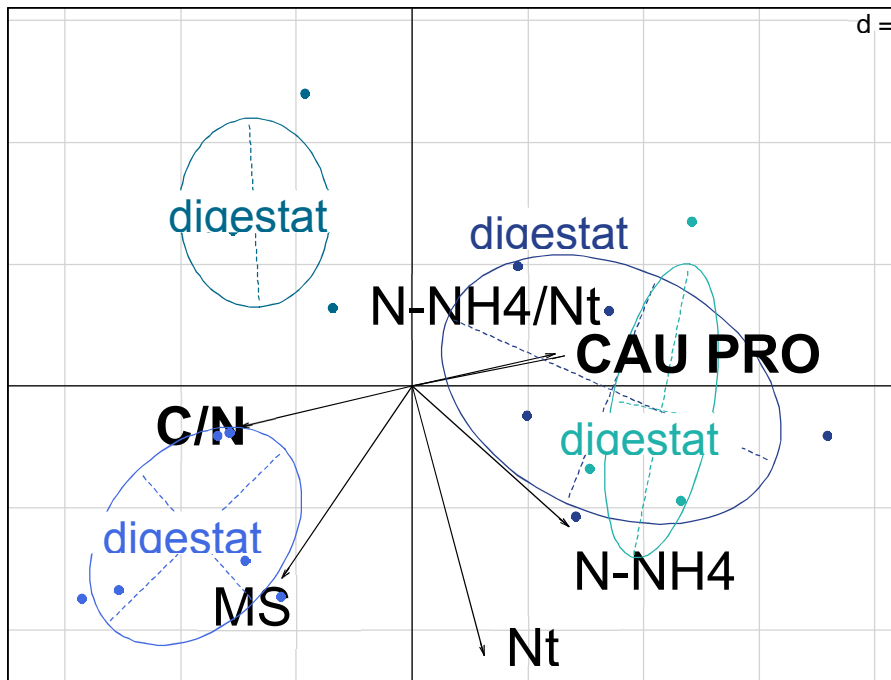
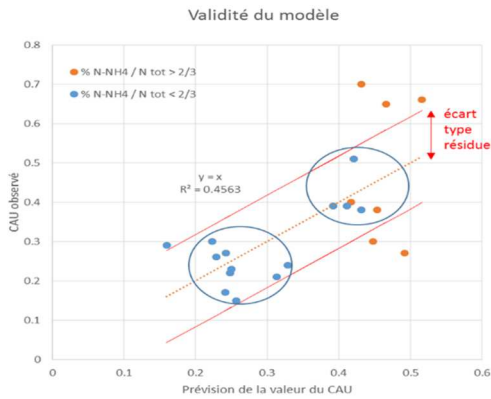


Figure 5 : Relation entre le CAU du N des digestats et leur C/N total.



Un modèle linéaire simple semble possible pour une approche prévisionnelle du CAU à partir d'une base C/N des digestats et des lisiers de porc et bovin (constante 0.2447). La variabilité du CAU pour un C/N bas est très forte. Cela est probablement dû à un effet perte de N-NH₃ au champ, car les digestats à C/N faible ont tous aussi des teneurs en N-NH₄ élevées.

Dans les mêmes expérimentations les CAU engrais 0.7 à près de 1 (moyenne 0.75)

Une analyse statistique faite sur les Keq (à la place du CAU) montre des R² du même ordre de grandeur. (Keq = CAU_{PRO}/CAU_{Min})

- Keq = 0,137 + 0,009xN-NH₄/N total -0,019xC/Norganique (R² = 0,51 digestats)
- Keq = 0,097 + 0,009xN-NH₄/N total -0,017xC/Norganique (R² = 0,52 digestats + lisiers)

Tableau N° 1 : Coefficients associées à chaque variable (R²) lorsqu'on réalise une régression simple du KeqN des PRO en fonction de chacune des variables

Données	NH ₄ /N total	N total	N organique	C/N total	C/N organique
Que digestat	0,0064 (0,15)	Non significatif	Non significatif	-0,067 (0,51)	Non significatif
Digestat + Lisier	0,0074 (0,37)	Non significatif	Non significatif	-0,064 (0,52)	Non significatif

Les références au champ pour les autres cultures :

Les références au champ obtenues sur des cultures de maïs, colza et prairie permettent de faire évoluer les références COMIFER de 2012 même si leur nombre reste limité.

Pour le maïs

Le Keq observé pour un apport en surface (équivalent pendillard) est en moyenne de 0.6 avec des digestats à base de lisier de porc. En cas d'injection, ce coefficient progresse à 0.8.

En cas de fractionnement des apports sur deux dates, au semis et au stade 8/10 feuilles (fin juin), le coefficient Keq semble plus faible qu'avec une seule date d'apport. Cela pourrait être dû à des pertes de N-NH₃ à l'épandage qui seraient élevées en juin ?

Nous ne disposons pas de références maïs avec un digestat à C/N élevé.

Pour le colza

Les références colza restent peu nombreuses. Il importe donc de les renforcer.

Pour un apport au semis nous observons une très grande variation inter annuelle dû à des épisodes climatiques très différents. Un Keq de 0.6 à 0.7 selon le mode d'apport semble émerger pour des digestats à C/N bas.(à confirmer)

Pour un apport en sortie d'hiver, un Keq de 0.7 à 0.8 est observé pour des digestats à C/N bas.

Pour les prairies

La problématique prairie est complexe car le comportement du digestat (apporté après une coupe ou en sortie d'hiver) varie en fonction du climat (donc du mois d'apport) et de son caractère séchant ou pas.

Les essais réalisés dans le Finistère avec un injecteur Josquin à disque ne fait pas ressortir de différence avec un apport pendillard.

En climat humide (Finistère) et sol profond, le coefficient Keq varie de 0.6 (fin d'hiver) à 0.4 selon la date d'apport et le climat du jour pour un digestat à C/N bas. Le comportement de ce digestat est proche du lisier de porc apporté comme témoin.

En climat plus sec (Loire Atlantique) et sol peu profond les Keq d'un digestat à base de lisier de bovin varient de 0.4 (fin d'hiver) à 0 pour des apports plus tardifs (fin de printemps/été). Ils semblent plus faibles que ceux des lisiers de bovins apportés en témoin. Nous pouvons déconseiller cette pratique dans cette situation extrême d'apport de fin de printemps / été.

Proposition de tableau Keq

L'ensemble de ce travail permet de faire des propositions pour de nouvelles références de Keq digestats en grandes cultures.

Nous proposons une division en deux classes de digestat selon leur C/N afin de prendre en compte cette différence de comportement observé.

Le seuil entre le C/N élevé et bas pourrait être de 4 à 4.2 (à affiner)

Tableau N°2 : Proposition de nouveau Keq pour les cultures. (digestats bruts)

Keq	Digestat C/N élevé (fumier lisier bovin)	Digestat C/N faible (lisier porc, IAA)
Blé pendillard	0.2 / 0.4	0.5 / 0.7
Maïs pendillard	abs	0.5 / 0.6
Maïs injection	abs	0.7 / 0.9
Maïs 2 dates d'apports	abs	0.4 / 0.5
Colza apport semis	abs	A compléter
Colza apport sortie hiver	abs	0.6 / 0.8
Prairie humide printemps	abs	0.5 / 0.7
Prairie humide été	abs	0.2 / 0.6
Prairie sèche printemps	0.2 / 0.4	abs
Prairie sèche été	Déconseillé	abs

Abs = absence de donnée.

Les modalités et conditions d'épandage peuvent faire fortement varier ces coefficients! Il importe dans le message pédagogique à associer à ce tableau de bien le préciser.

Les références de CAU et Keq sont insuffisantes et contradictoires pour la fraction liquide du digestat filtré. Nous devons continuer à travailler sur ces références.

Conclusions

Ce travail permet de faire ressortir une différence de comportement agronomique importante des digestats selon leur origine. Il semblerait que les digesteurs alimentés par des intrants à C/N élevé (donnant des digestats à C/N élevé) ont des Keq plus faibles que les digestats à base d'intrants à C/N faible. Cette première typologie demande à être affinée.

Les pertes de N-NH₃ à l'épandage et les modes d'apport, peuvent faire varier très fortement le comportement agronomique. Un lien avec le programme Volt'Air est à faire.

Une modélisation prédictive du comportement agronomique du digestat semble possible à partir d'indicateurs simples comme le C/N et la teneur en N-NH₄, mais son utilisation pratique devra être croisée avec le mode d'apport et le risque de perte de N-NH₃.

Il importe de modifier les références COMIFER publiées en 2013, même si les données existantes sont encore incomplètes, car elles limitent l'intérêt fertilisant des digestats à C/N élevé.

Il importe de poursuivre ces essais au champ afin de donner aux agriculteurs une vision plus précise de la valeur fertilisante de leurs digestats sur divers cultures.

Références bibliographiques

AILE/TRAME, VALDIPRO : 2011 Projet de programme de valorisation des digestats, Casdar CRAB/ADEME Bretagne, Décembre 2011 Valeur agronomique des digestats, CR d'essais, COMIFER groupe azote, 2012 Guide méthodologique, (voir aussi données groupe azote 2013) AILE, Avril 2012 Valeur agronomique et libéralisation de l'azote des digestats, Note de synthèse,

JP COHAN CasDAR volatil NH₃ : COMIFER / GEMAS Poitiers 2013 Quantification des émissions d'ammoniac suite à l'épandage de produits résiduels organiques et d'engrais minéraux au champ – 1ère synthèse.

RESEAU PRO (Cas DAR PRO) Guide méthodologique 2014 Evaluation de l'effet direct azote (et soufre) d'un PRO sur une culture réceptrice.

CHAMBRES D'AGRICULTURE DES PAYS DE LOIRE : 2016 Résultats du projet Vadimethan Digestat : optimiser son usage dans les exploitations.

CRAB/ADEME DOSTE VADIM. Décembre 2016 Efficience de l'azote du digestats brut de méthanisation aux champs sur les cultures de céréales, maïs, colza et prairies.