

Origine et post-traitements des digestats : impact sur la dynamique de l'azote et sur la valeur fertilisante azotée et amendante des produits finaux

Résultats du projet DIVA

Anne Trémier, Fabrice Guiziou

Irstea GERE Rennes

Sabine Houot, Amira Askri, Patricia Laville, INRA EGC
Grignon

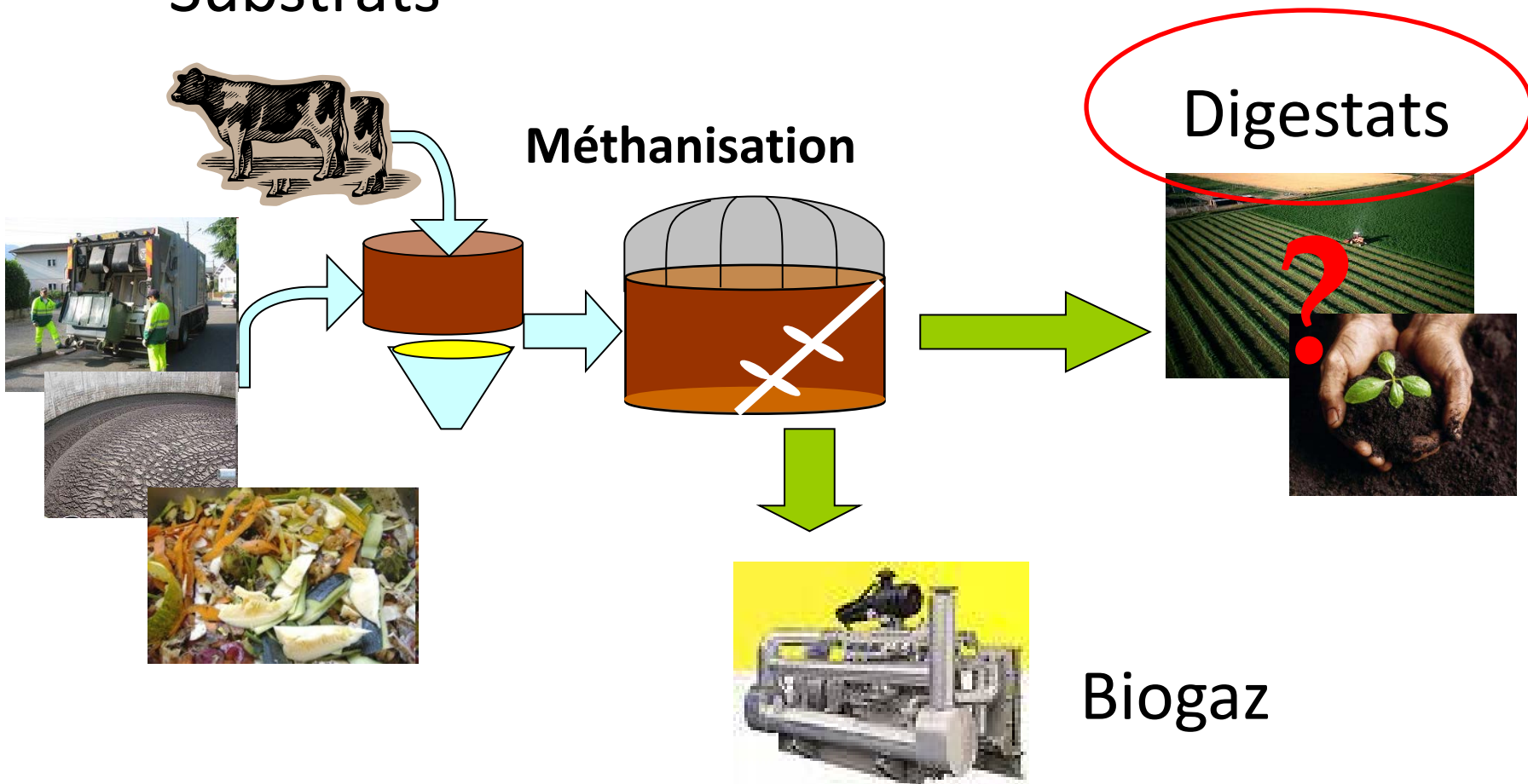


Patricia Arlabosse, Armines



Introduction : l'enjeu digestat pour la filière méthanisation

Substrats



Introduction : l'enjeu digestat pour la filière méthanisation

Digestats



Un produit ajouté à la méthanisation :

- Fertilisant
- Amendement



Des verrous à la valorisation :

- Qualité
- Caractéristiques physiques
- Réglementation
- Méconnaissance des impacts environnementaux



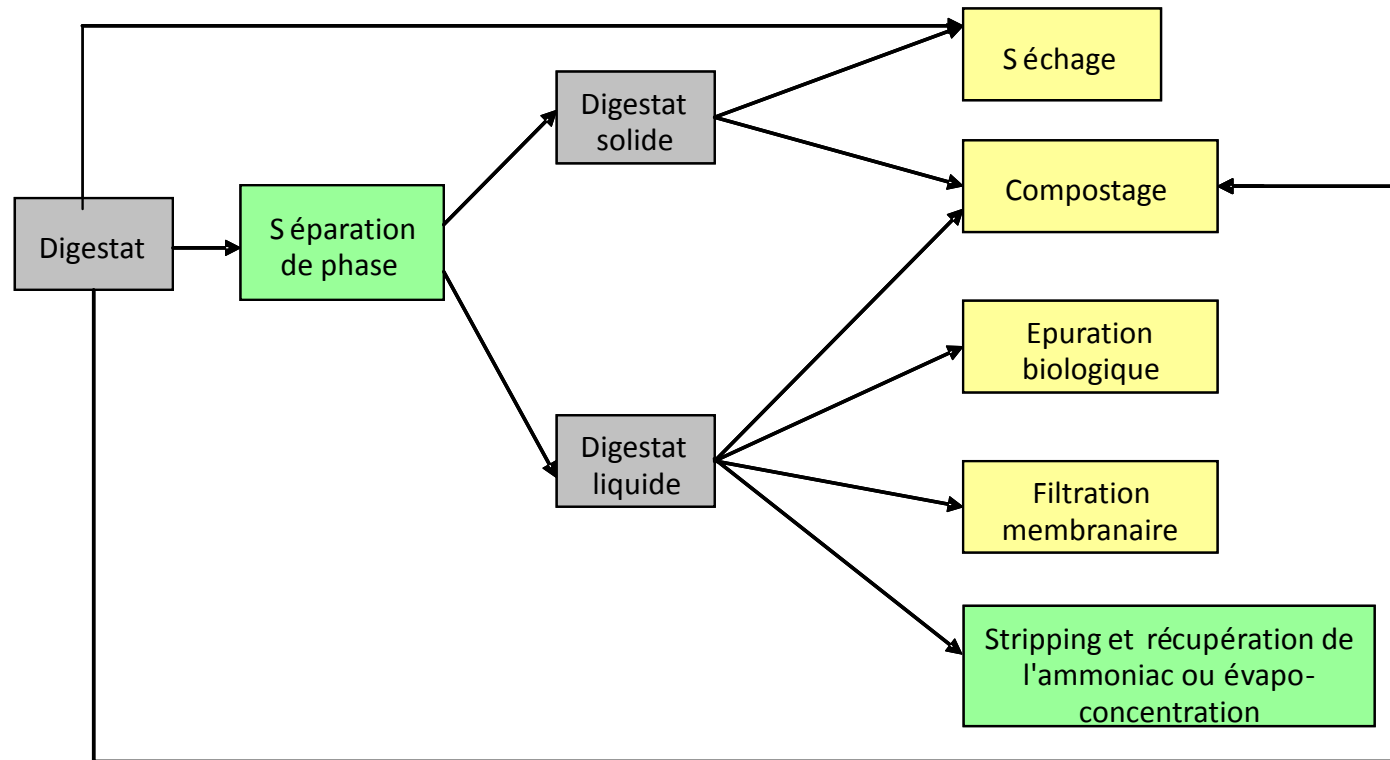
Enjeux économiques
Enjeux environnementaux

Origine des digestats et voies de post traitement

5 origines distinctes :

- Agricole
- Territoriale
- Déchets municipaux
- Industrie
- STEP

Les voies de post-traitement classiques



Objectifs : faciliter l'épandage / exporter des produits/ stabiliser la MO / hygiéniser /valoriser des nutriments ...

=> Quid de l'azote dans ces filières

Digestats étudiés au travers du projet DIVA

- 3 types de filière : agricole, territoriale, déchets municipaux
- 5 sites, prélèvements bimestriels pendant 1 an
- 3 types de digestats : brut, solide et liquide



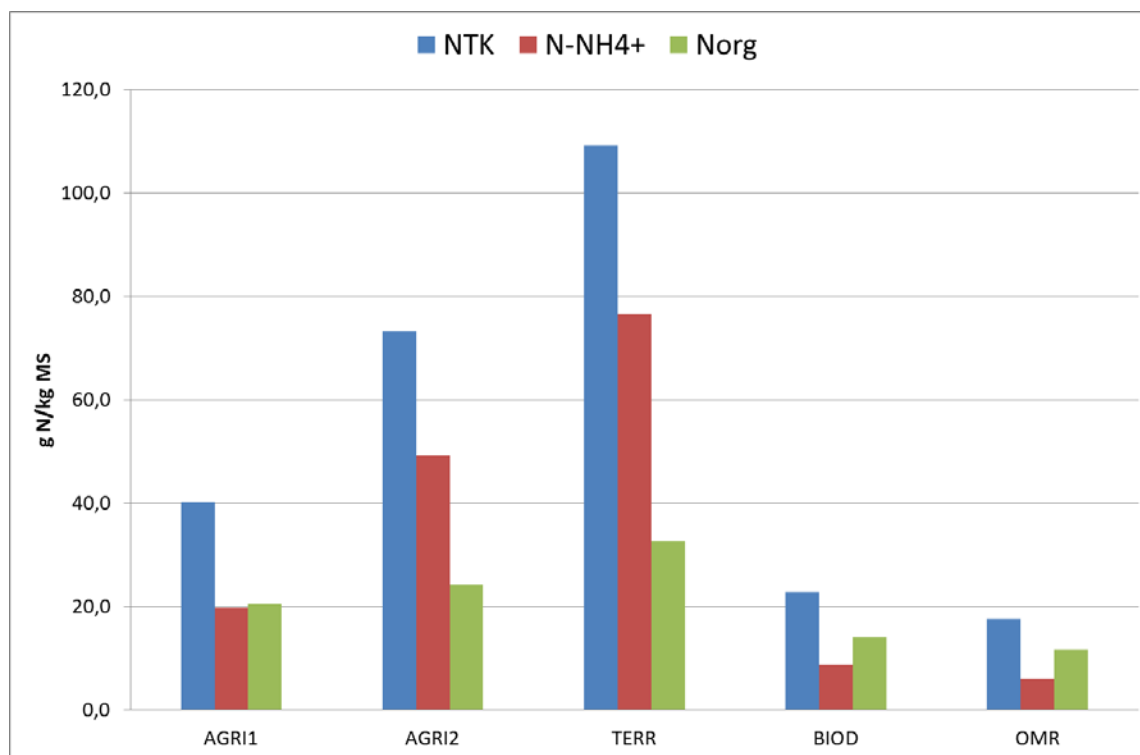
Filière	Substrats	Type	Temp. (°C)	TS (J)
AGRI1	Fumiers bovins, Issues céréales	humide	mésophile	60
AGRI2	Fumiers bovins, Lisiers bovins, Lisiers porcins, Déchets tiers, Déchets IAA	humide	mésophile	30-40 + post digesteur
TERR	Lisiers de porcs, Déchets d'IAA	humide	mésophile	60 + 15
BIOD	Biodéchets, Déchets tiers, Graisses	humide	thermophile	21
OMR	OMR, Biodéchets	sèche	thermophile	21

Influence de l'origine des digestats bruts sur leur composition en N

Résultats du projet DIVA

	AGRI1	AGRI2	TERR	BIOD	OMR
	BRUT	BRUT	BRUT	BRUT	BRUT
MS (%MB)	17,4	5,7	7,4	19,3	25,1
NTK (% MB)	0,7	0,42	0,8	0,44	0,44
NTK (gN/kgMS)	40,2	73,3	109,1	22,8	17,6

Une concentration en azote faible, qui dépend de la nature de l'intrant traité en digestion



Nature des formes azotées influencée par la digestion mais également par la nature des intrants :

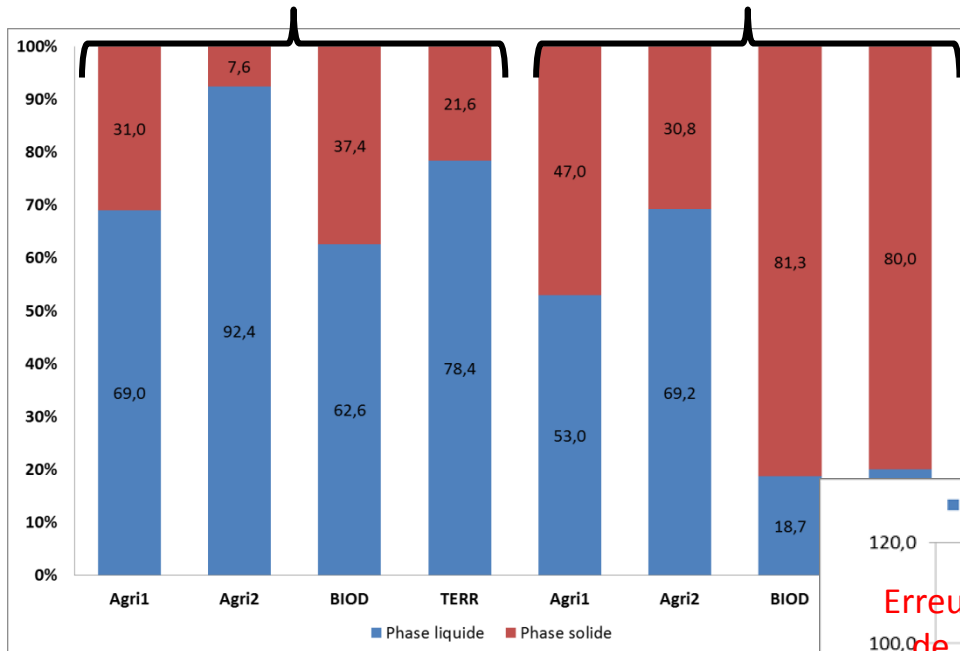
- Digestats issus de lisier => $\text{N-NH}_4^+ = 70\%$
- Digestat issu de fumier => $\text{N-NH}_4^+ = 50\%$
- Digestats issus de déchets ménagers => $\text{N-NH}_4^+ = 35\%$

Devenir de l'azote lors de la séparation de phase

Résultats du projet DIVA

Fraction de la masse totale

Fraction de la masse sèche



Efficacité de la séparation

Agri1 et Agri2 :

- Presse à vis
- Séparation peu efficace (>50% MS phase liq.)

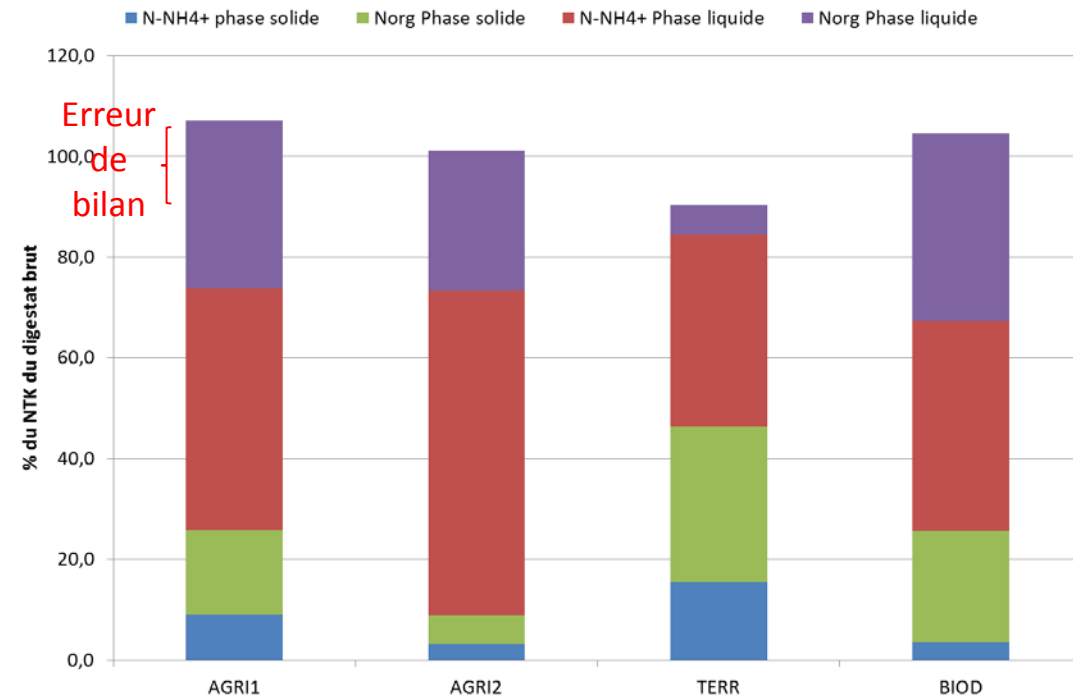
BIOD et TERR :

- Presse + tamis + centrif. / Centrifugation
- Séparation efficace (<20% MS phase liq.)

Distribution de l'azote

- Erreur de bilan faible => pertes difficilement mesurables
- NTK principalement en phase liquide
- Phase liq : Majoritairement N-NH_4^+
- Phase solide : Majoritairement Norg

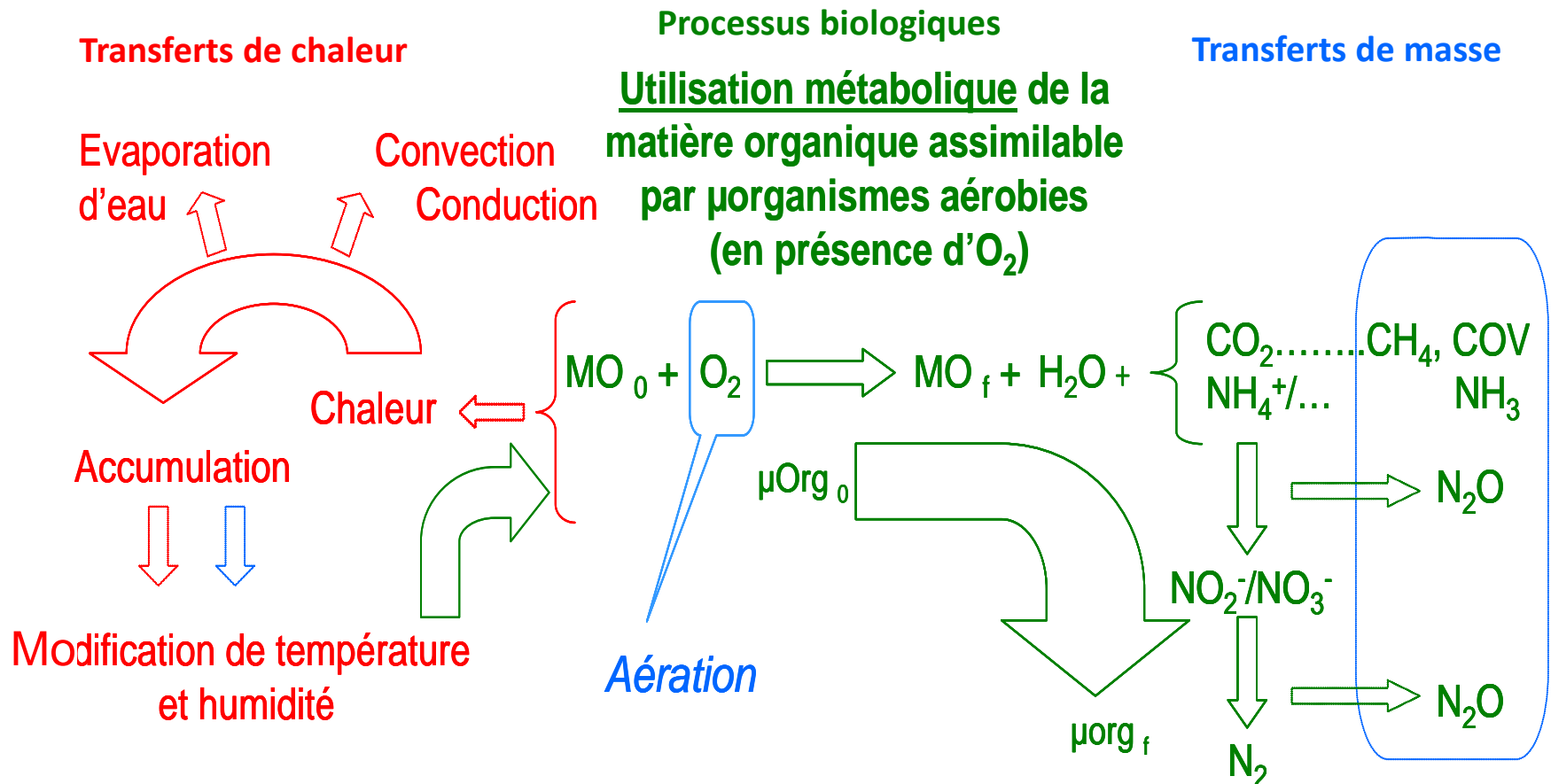
JRI Bioga



Erreur de bilan

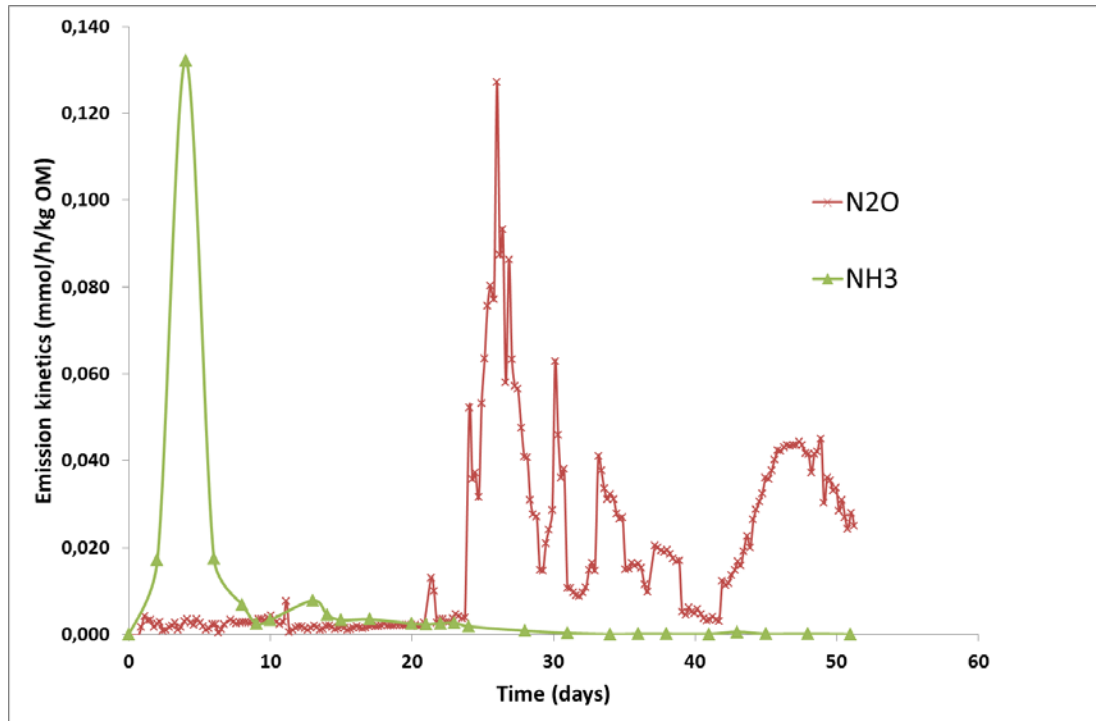
Devenir de l'azote au cours du post traitement des phases liquides et solides

Cas du compostage d'un digestat solide



Devenir de l'azote au cours du post traitement des phases liquides et solides

Cas du compostage d'un digestat solide : Résultats du projet DIVA



- Emissions NH₃ en début de process avec la montée en température
- Emissions de N₂O : oxydation de NH₄⁺ par AOB lorsque la biodégradation de la MO se ralentit

=> Modulable par gestion de l'aération et de la granulométrie du structurant

Pour cet exemple Agri1 : FE (NH₃) = FE (N₂O) = 0,11 g N/kg MB

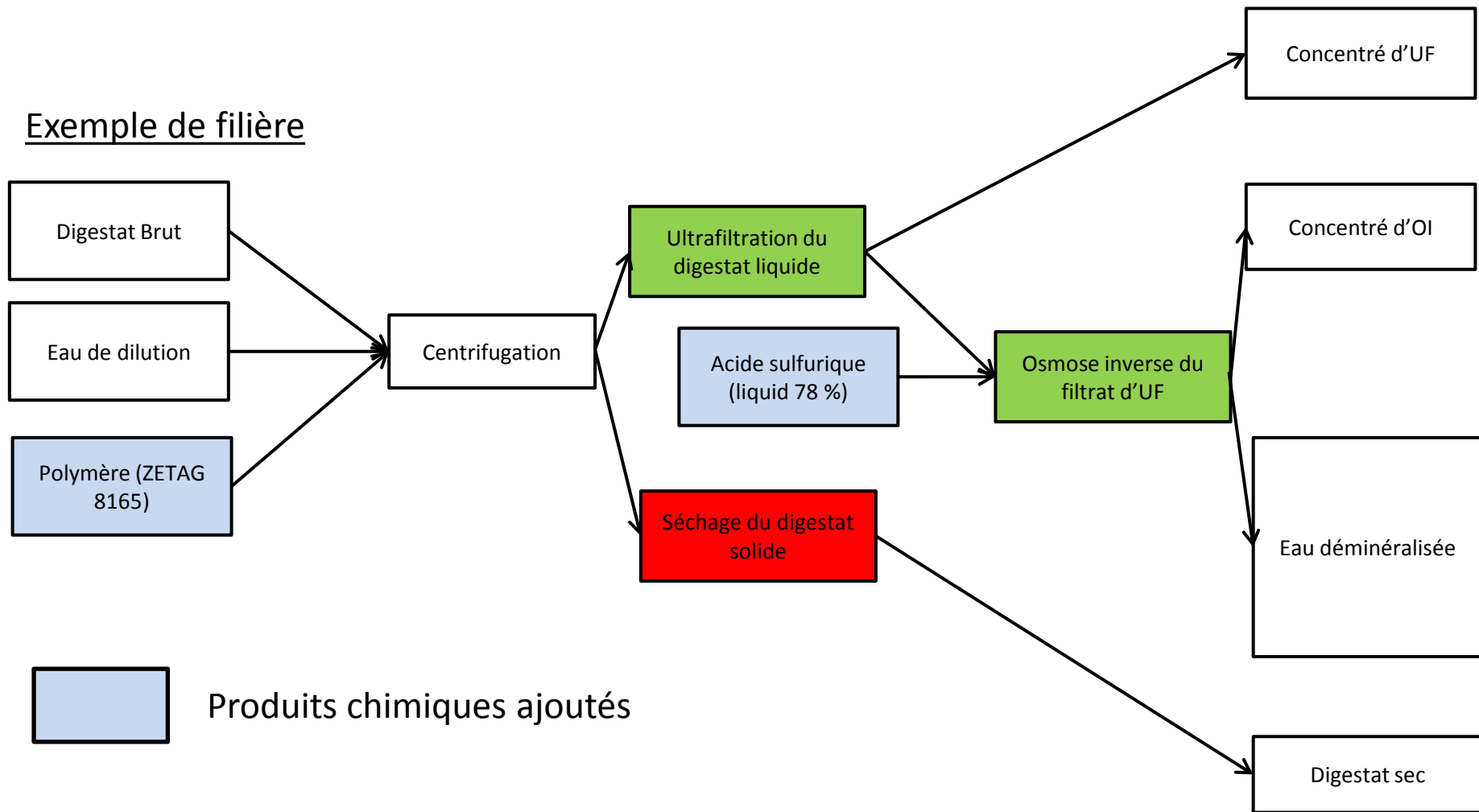
Compost :

- conservation environ 85 % du N du dig solide
 - majoritairement de l'azote organique

Devenir de l'azote au cours du post traitement des phases liquides et solides

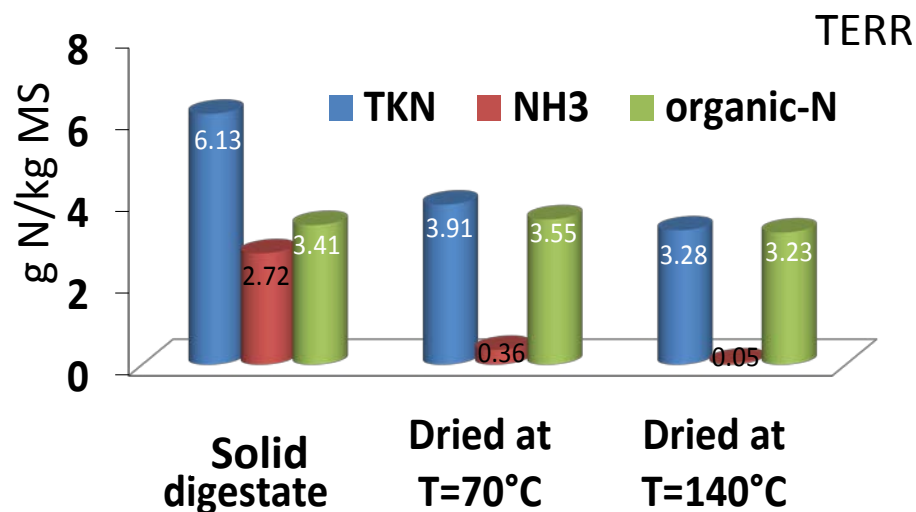
Filtration membranaire et séchage : résultats du projet DIVA

Exemple de filière



Devenir de l'azote au cours du post traitement des phases liquides et solides

Filtration membranaire et séchage : résultats du projet DIVA

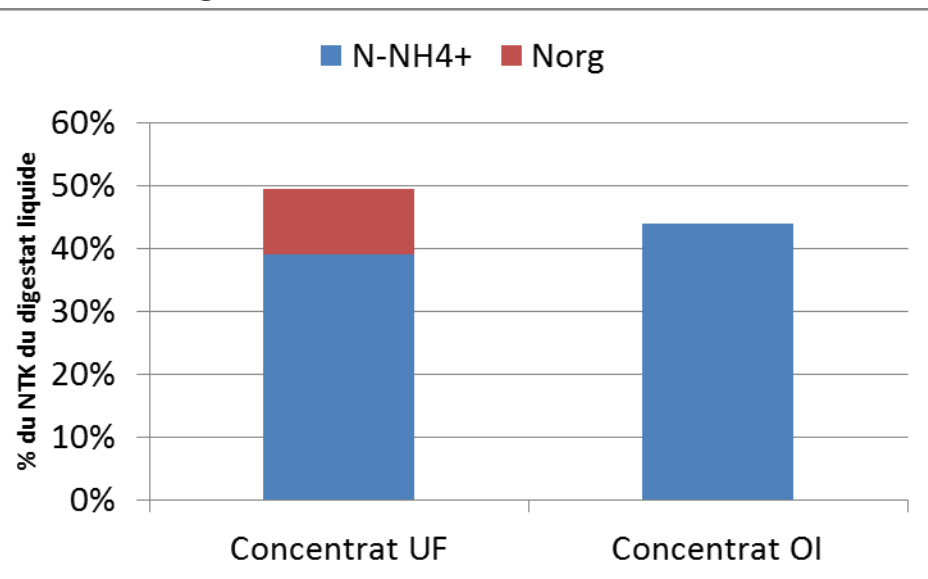


Devenir de l'azote au séchage

- Perte de 80 à 90 % de N-NH_4^+
- Conservation de Norg

Devenir de l'azote lors de la filtration

- Conservation de l'azote total
- Rétention de Norg 100% en UF
- Rétention de N-NH_4^+ presque équivalent en UF et OI



⇒ 3 produits :

- Digestat sec : produit organique
- Conc. UF : fertilisant N (miné + org)
- Conc. OI : fertilisant N minéral

Synthèse sur la dynamique de l'azote au cours des post-traitements

Post-traitement =

- redistribution de la matière
- Perte de matière (séchage, volatilisation C N)

Séparation de phase

- N majoritairement dans le digestat liquide
- Digestat solide majoritairement N organique

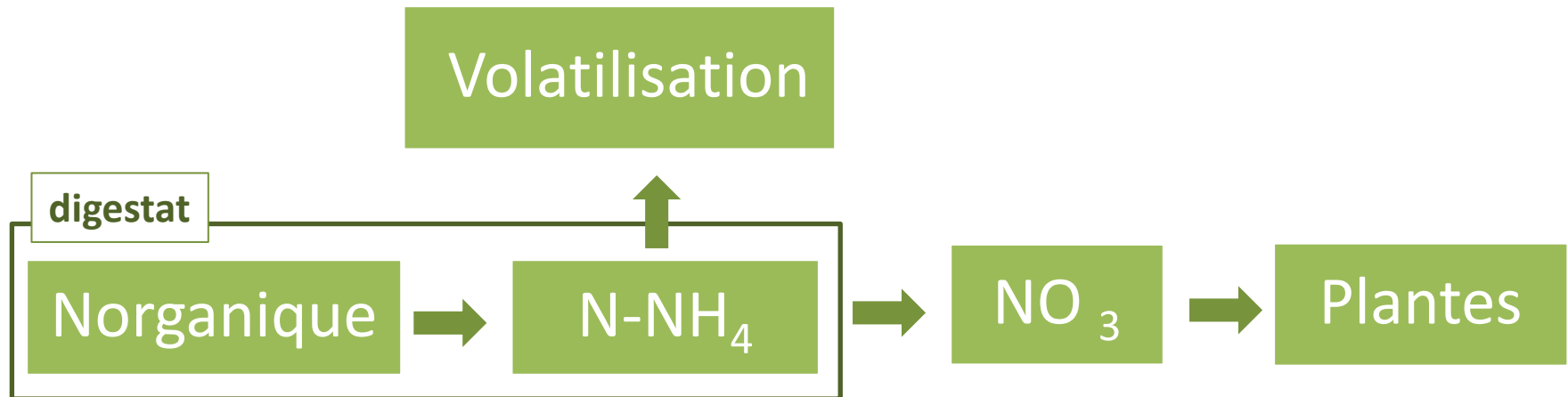
Séchage / compostage

- Pertes de N-NH_4^+ possibles : supérieures en séchage, mais récupérables

Etape de post-traitement non étudiée : le stockage

Valeur agronomique des digestats

- **Valeur fertilisante azotée** potentielle dépend de:
 - Vitesse de nitrification du NH_4
 - Vitesse de minéralisation du N organique
 - Intensité de la volatilisation NH_4



- **Valeur amendante** des digestats : entretien humique des sols
- Impacts environnementaux : **émission N_2O** après épandage

Lien avec type de digestat et post-traitement?

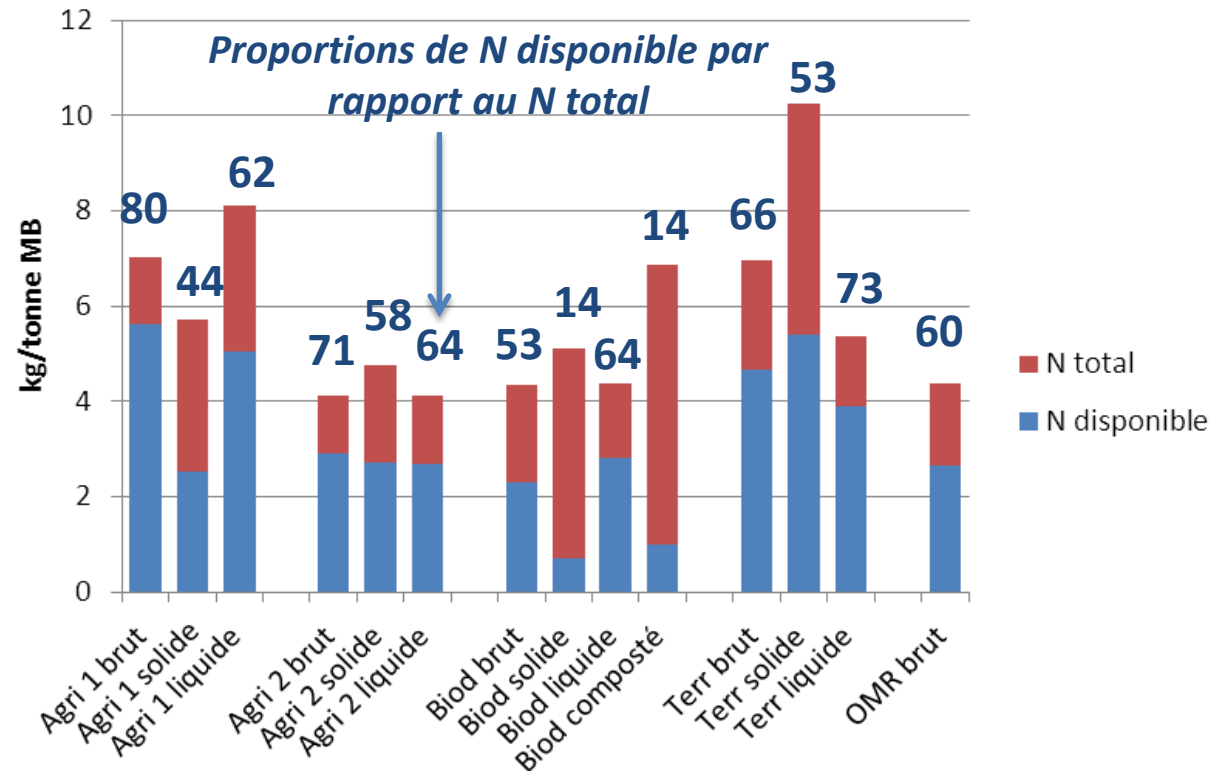


Valeur fertilisante azotée des digestats

Résultats du projet DIVA

- Potentiel mesuré au laboratoire: incubations de mélanges sol-digestats en conditions contrôlées de laboratoire: adaptation de la norme XPU 44-163 → **pas de séchage**

N disponible et N total
(kg/tonne MB)



- N total:** 0.4 à 1% MB, 10 à 90% sous forme NH_4 → **Dynamique au cours des incubations: Nitrification rapide NH_4^+ , légère immobilisation du N pour digestats solides, pas de minéralisation apparente du N organique**
- N disponible** (N sous forme NO_3 en fin d'incubation): **Brut \approx Liquide $>$ Solide \approx composté SAUF Agri2 (mauvaise séparation), TERR solide. **essentiellement NH_4 nitrifié****

Valeur fertilisante azotée des digestats

Résultats du projet DIVA

➔ La volatilisation du NH_4 peut fortement diminuer la valeur fertilisante des digestats

- Mesure en conditions contrôlées de laboratoire sous tunnels ventilés et après épandage sur sable: **conditions maximisantes** (dose agronomique : $170\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)



andage - homogène - de produit
de ava



Potentiellement 30 à 84% du N-NH_4 volatilisé (épandage sur sable, conditions standardisées)

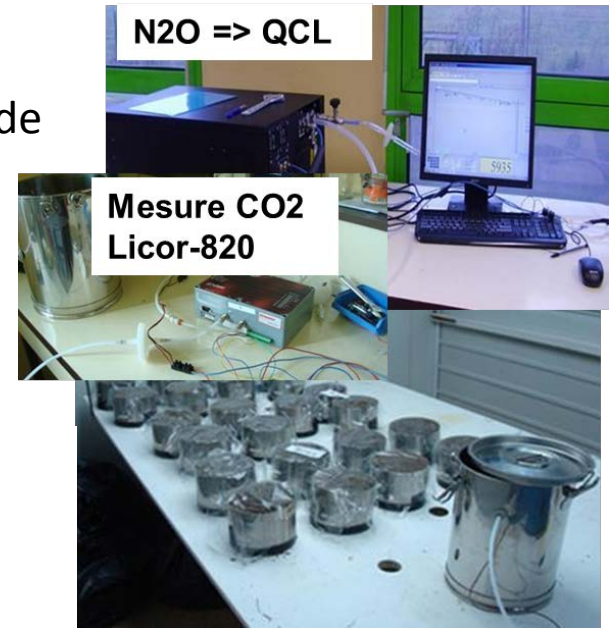
Pas de distinction entre origine des digestats ni formes (L, S, B)

Impacts environnementaux après épandages des digestats:

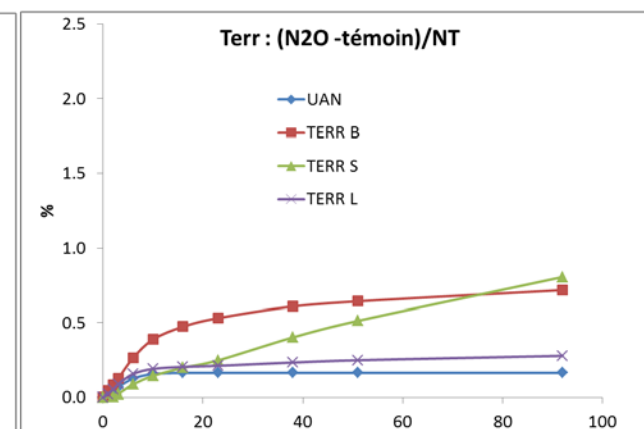
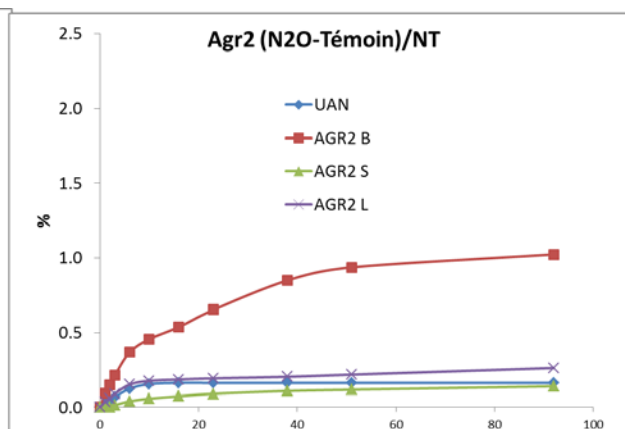
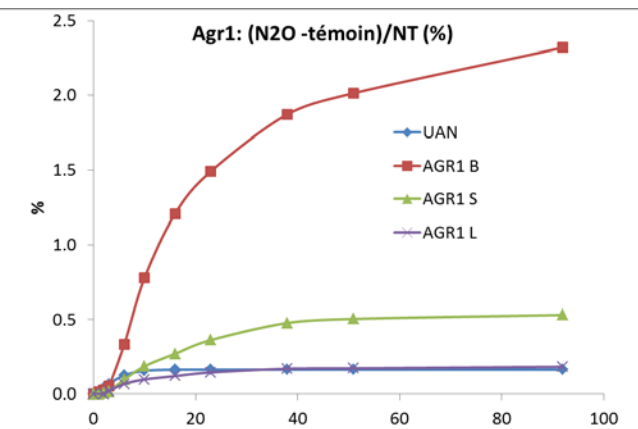
émissions de N_2O

Résultats du projet DIVA

Mesures en conditions contrôlées de laboratoire: Cylindres de sol mélangés avec digestats (équivalent à 170 Kg N/ha) + 1 cylindre témoin + 1 cylindre avec engrais minéral (UAN)
Humidité pondérale du sol = 28% => 60 % de la porosité remplie d'eau (**conditions maximisantes**)



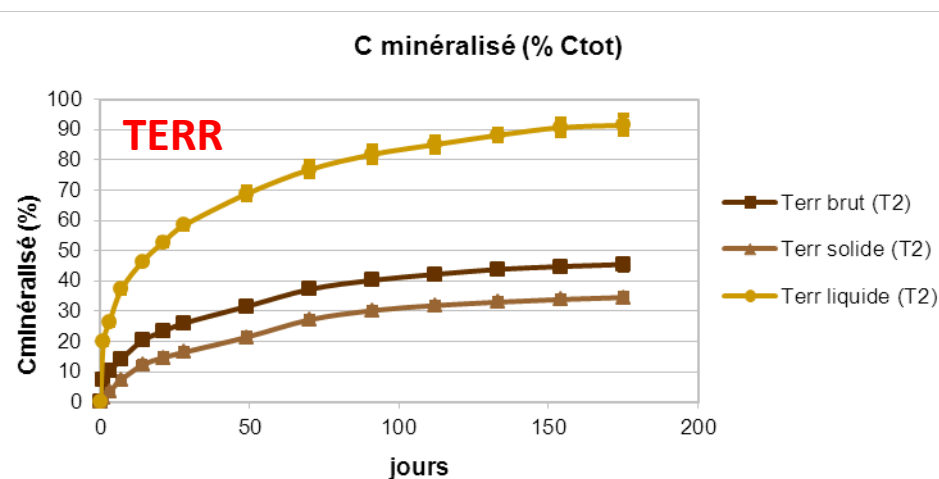
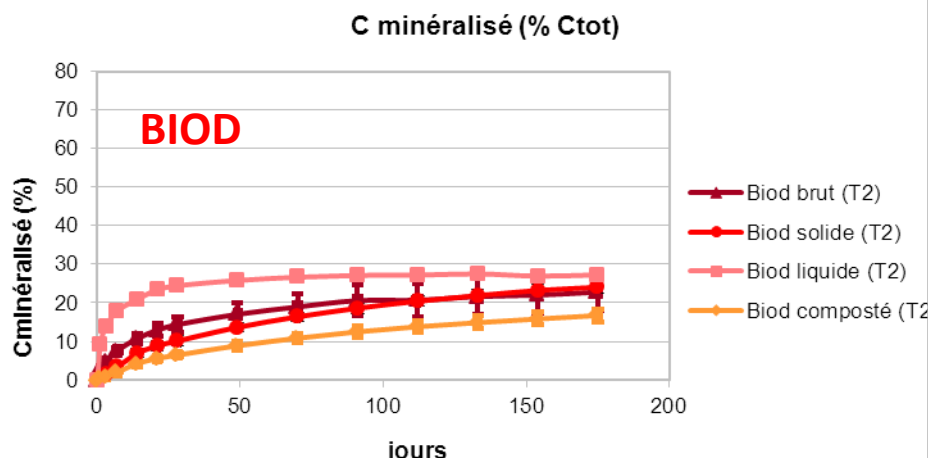
- 0.14% < N_2O < 2.32% N_{tot} ; globalement **B > S > L**. Flux pour les digestats plus importants et sur des durées plus longues par rapport au traitement minéral (UAN) => **importance de la minéralisation et apport de carbone assimilable.**



Valeur amendante des digestats:

Capacité à entretenir les stocks de C organique des sols - résultats du projet DIVA

- Dépend de la **stabilité de la matière organique des digestats** → mesurée au cours d'incubations de mélanges sol-digestats frais



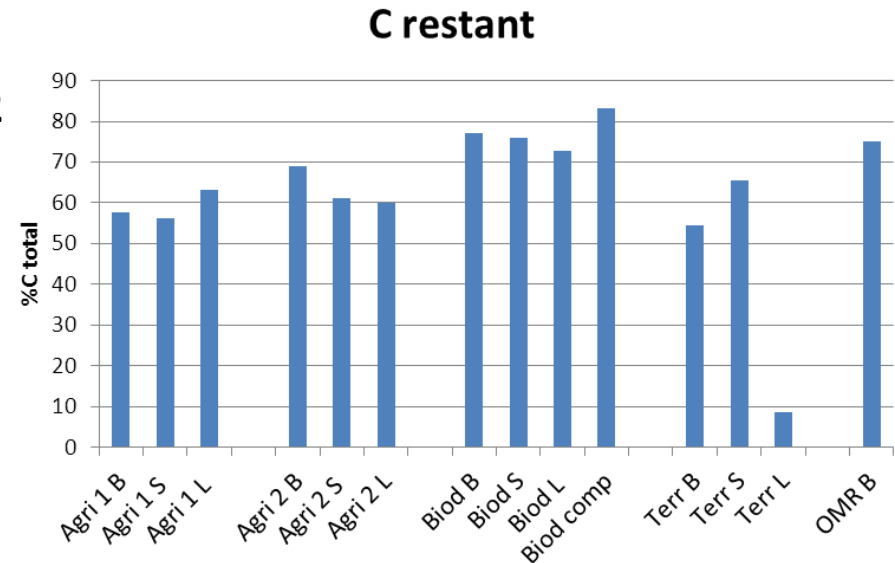
Biodégradabilité résiduelle:

- Agri1 \approx Agri2 \approx Terr $>$ OMR \approx Biod → Plus grande stabilité du C organique pour déchets urbains
- **Liquides**: minéralisation rapide au départ; **Solides**, minéralisation plus lente qui peut dépasser la minéralisation des digestats liquides en fin d'incubation
- Assez peu de différences entre brut/liquide/solide sauf pour TERR liquide (90% minéralisé)
- Compostage: augmente stabilité (ex BIOD)

Valeur amendante des digestats:

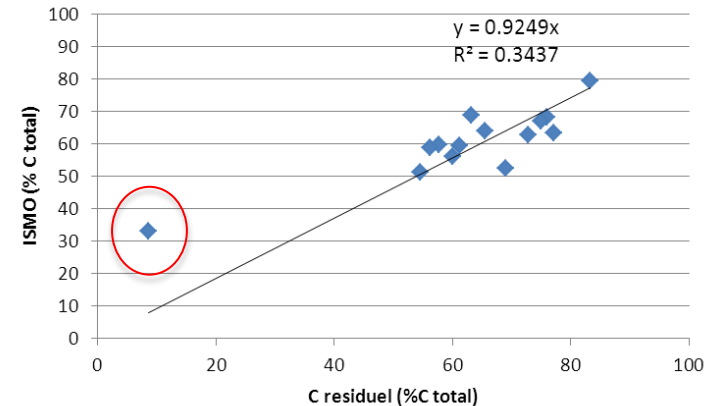
Capacité à entretenir les stocks de C organique des sols - résultats du projet DIVA

- **C restant en fin d'incubation:** première estimation du C contribuant à l'entretien humique des sols
- Peu de différences entre digestats agricoles ou territoriaux → **Agri1 ≈ Agri2 ≈ Terr B et S : 55 à 70 %** du C organique
- Potentiel supérieur pour les digestats d'origine urbaine → **Biod ≈ OMR: 75%** du C organique
- Potentiel augmente avec compostage → **Biod composté: 85%** du C organique
- **Terr liquide: 10%**



- ISMO: indicateur valable pour évaluer la valeur amendante des digestats?

- Fractionnement biochimique de la MO, calcul d'ISMO (XPU 44-162)
$$\text{ISMO} = 44.5 + 0.5 \cdot \text{SOL} - 0.2 \cdot \text{CEL} + 0.7 \cdot \text{LIG} - 2.3 \cdot \text{Ct3j}$$
- **ISMO reste un bon indicateur du potentiel humique des digestats** sauf pour digestat très biodégradable (Terr L)





Synthèse sur la valeur agronomique des digestats

- **Forte disponibilité du N des digestats:**
 - **Disponibilité = Essentiellement NH_4 nitrifié**
 - 14 à 80 % du N total: Bruts/liquides > Solide/compost; perte de N disponible lors de la séparation de phase (distribution des formes d'azote)
- **Risque de volatilisation important du NH_4**
 - 30 à 84% lors de l'apport au sol
- **Potentiel d'émission de N_2O supérieur à engrais minéral**
 - en raison du C biodégradable résiduel
- **Potentiel humique intéressant**
 - 50 à 80% MO des digestats solides contribue potentiellement à l'entretien de la MO des sols

Merci pour votre attention

