FICHE 12

Essais aux champs

Blé : Estimation des pertes d'azote dans l'air après fertilisation azotée (N/ha)

Le projet ParteN'Air vise à sensibiliser le secteur agricole au changement de pratiques pour réduire ses émissions d'ammoniac (NH3).

Dispositif expérimental

Des essais sur parcelle agricole (bande 30 m x 20 m chacune) ont été réalisés pour estimer la volatilisation de l'ammoniac selon différentes modalités :

- Trois types d'intrants suivis : Digestat liquide ; Engrais minéraux azotés ; Biochar
- Enfouissement ou pas
- Matériel utilisé pour épandage : pendillards

L'ammoniac volatilisé a été suivi à l'aide d'un réseau de capteurs installés durant 17 jours après chaque apport. A partir des concentrations mesurées et des conditions météorologiques, les flux cumulés d'ammoniac émis pour chaque modalité ont été calculés avec le modèle FIDES développé par l'INRAE.

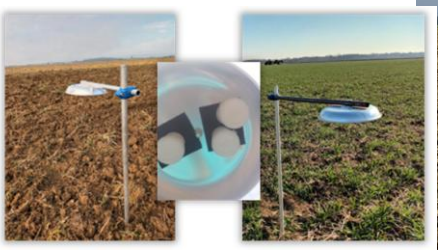
Synthèse des différentes modalités des essais menés sur parcelle agricole - Bretenière (21)

Période épandage	Digestat + engrais minéral	Digestat enfoui + engrais minéral	Digestat sur biochar + engrais minéral	Biochar + engrais minéral	Engrais minéral
			Biochar (3,3 t/ha)	Biochar (3,3 t/ha)	
20 Septembre 2024	▲ Digestat (22 m^3 → 60 uN)	▲ Digestat (22 m^3 → 60 uN) +enfouissement herse rotative	▲ Digestat (22 m^3 → 60 uN)		
10 Février 2025	▲ Digestat (22 m^3 → 102 uN)	▲ Digestat (22 m^3 → 102 uN) + enfouissement herse étrille	▲ Digestat (22 m^3 → 102 uN)		
3 mars 2025				▲ Solution N (50 uN)	▲ Solution N (50 uN)
20 mars 2025	Urée (100 uN)	Urée (100 uN)	▲ Urée (100 uN)	▲ Urée (100 uN)	▲ Urée (100 uN)
25 Avril 2025	Ammonitrate (50 uN)	Ammonitrate (50 uN)	▲ Ammonitrate (50 uN)	▲ Ammonitrate (50 uN)	▲ Ammonitrate (50 uN)

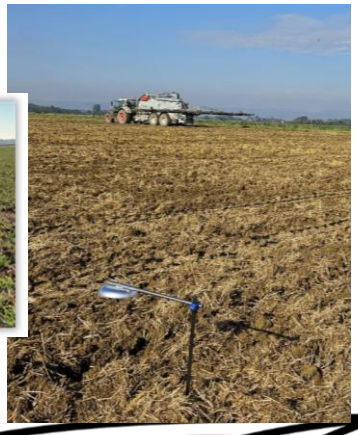
▲ *6 capteurs par bande testée changés régulièrement durant 17 jours pour suivre les émissions d'ammoniac après chaque apport*



Biochar : matériau poreux constitué de carbone, (>90%) produit en Côte d'Or par pyrolyse lente de résidus de bois de forêts certifiés PEFC



6 capteurs (badges alpha) par bande



Résultats : pertes d'azote par volatilisation de l'ammoniac

Epandage	Date d'apport	Modalité	Pertes par volatilisation		Impact de la météo			
			En % de N total apporté	Variation à la référence	Cumul de précipitation	Information pluviométrie	Température moyenne	Effet sur la volatilisation
Digestat	20/09/2024	En surface Enfoui En surface avec biochar	12,66% 4,65% 10,92%	ref. -63,27% -13,74%	90 mm	Pas de pluie après épandage	14°C	Favorable
Digestat	10/02/2025	En surface Enfoui En surface avec biochar	3,26% 1,03% 0,77%	ref. -68,40% -76,38%	29 mm	Pluie jour de l'épandage	6°C	Non favorable
Solution N	03/03/2025	Engrais uniquement Engrais sur biochar Engrais sur biochar et digestat	2,37% 1,18% /	ref. -50,21% /	45 mm	Pas de pluie après épandage	6,7°C	Non favorable
Urée	20/03/2025	Engrais uniquement Engrais sur biochar Engrais sur biochar et digestat	2,31% 1,24% 1,52%	ref. -46,32% -34,20%	2 mm	Pas de pluie après épandage	11,1°C	Favorable
Ammonitrate	25/04/2025	Engrais uniquement Engrais sur biochar Engrais sur biochar et digestat	2,71% 1,93% 2,04%	ref. -28,78% -24,72%	8 mm	Pas de pluie après épandage	14,7°C	Favorable

Dans les conditions de ces essais, il apparait :

Digestat : L'enfouissement, juste après l'épandage, a permis de réduire les pertes d'azote de plus de 60% quelque soit la période.

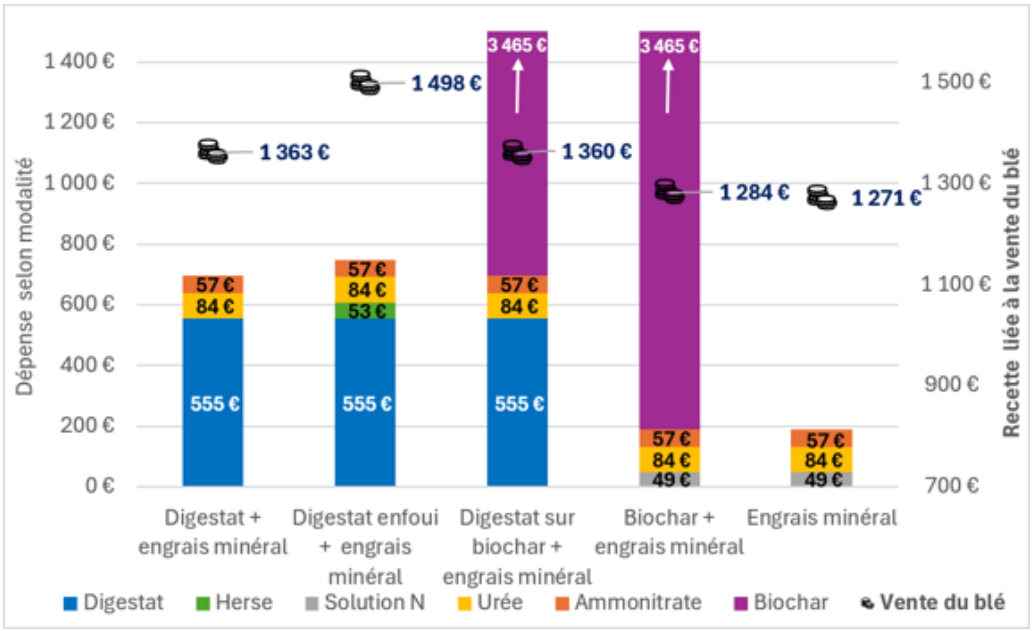
Biochar : Des résultats peu significatifs compte tenu du nombre limité d'essais suivis. Des résultats variables (de 14 à 76%) et faibles en valeurs absolues.

Apports d'engrais minéraux : Une volatilisation de l'ammoniac jugée faible et peu de différence entre les trois types d'engrais. Lors de l'essai, l'urée a été épandu avec des conditions météorologiques favorables à sa volatilisation (11°C de température moyenne), l'ammonitrate observe également des conditions météorologiques favorables à sa volatilisation (15°C de température moyenne, absence de pluie).

Remarque : Les résultats de ces essais sont différents de ceux obtenus habituellement dans d'autres études, qui montrent que l'urée est l'engrais le plus volatil (+ 11,5% par rapport à l'ammonitrate).

Résultats économiques

D'un point de vue économique, l'épandage de digestat apporte de l'azote mais également d'autres bénéfices (matière organique, potassium...) non pris en compte dans ce graphique.



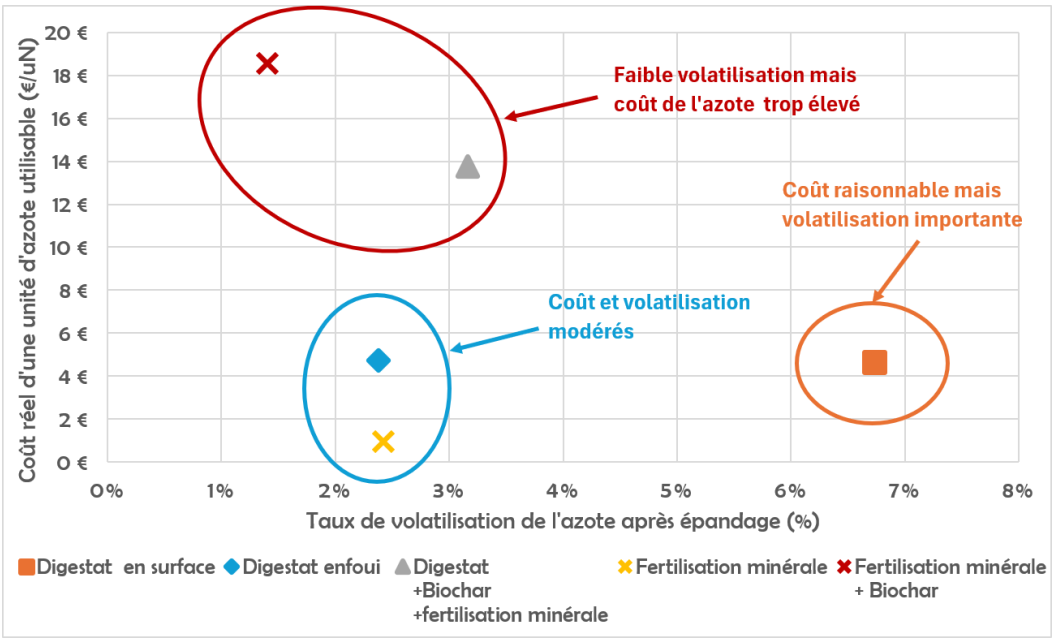
Le **biochar** entraîne un coût bien trop important au regard de l'intérêt relatif qu'il représente en terme de réduction d'ammoniac.

Lors de l'essai, **le gain de productivité avec enfouissement** (+7,5q/ha) a permis de compenser le coût du passage de herse. La marge brute est de 749€ avec enfouissement contre 696€ sans enfouissement.

A partir de ces essais, il est possible de séparer les pratiques en plusieurs catégories. Pour ce faire, le taux de volatilisation a été mis en correspondance du coût réel d'une unité d'azote, c'est-à-dire le coût de l'ensemble des pratiques ayant permis d'obtenir les unités d'azote effectivement utilisées par la culture.

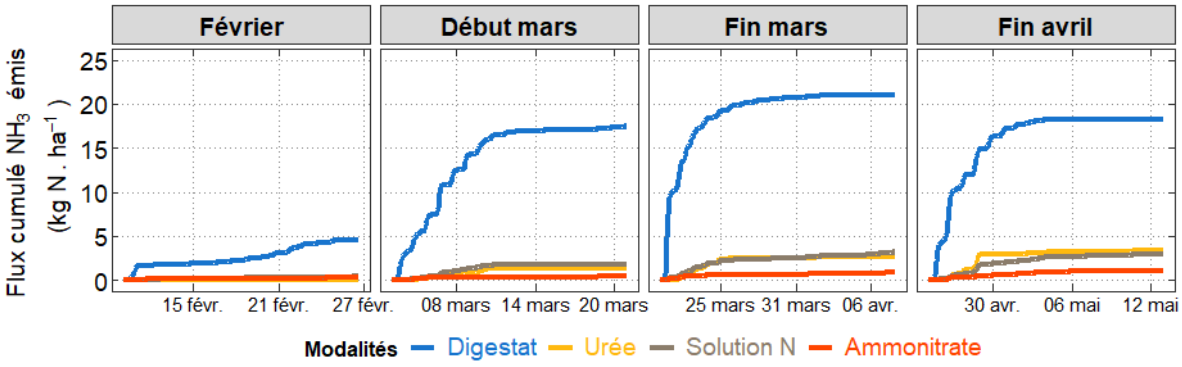
Ainsi, le graphique ci-dessous regroupe les pratiques, ayant été testées lors de l'essai, par catégorie d'émissions ammoniac et de coût de l'azote. D'après les résultats de l'essai, 3 catégories ont été identifiées :

- les pratiques dont le coût est important mais avec peu de volatilisation → on y retrouve celles utilisant le biochar
- les pratiques ayant un coût plus faible mais étant fortement émettrices → digestat épandu en surface
- les pratiques ayant un coût et des émissions d'azote modérés → fertilisation minérale et digestat enfoui



Différentes simulations ont été réalisées par INRAE Transfert à l'aide du modèle Volt'Air : Estimation des émissions d'ammoniac pour chacun des intrants azotés (digestat liquide et engrais minéraux azotés) à chaque période d'épandage. Estimation des émissions d'ammoniac, pour le digestat liquide selon différents délais d'enfouissement après l'épandage.

Volatilisation des intrants azotés aux différentes dates d'épandages

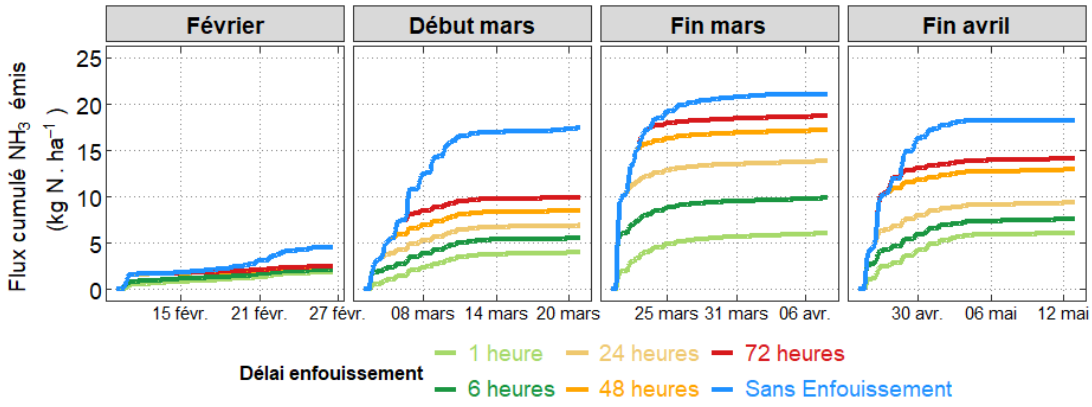


Dose simulée à chaque période d'épandage :
Solution N : 50 U
Digestat : 100 U
Urée : 100 U
Ammonitrate : 50 U

Quelle que soit la période modélisée, le digestat liquide présente un potentiel de volatilisation élevé. Pour un apport de 100 unités, la perte d'azote/ha peut atteindre 21% fin mars lors de conditions météorologiques favorables à la volatilisation.

Les engrais minéraux, présentent un potentiel de volatilisation plus faible, quelle que soit la période. Lors de cette simulation, l'ammonitrate reste l'engrais le moins émissif. Pour la solution azotée les pertes d'azotes sont calculées entre 0,8% et 6,3% et pour l'urée entre 0,1% et 3,4%.

Volatilisation du digestat selon le délai d'enfouissement



Pluie : jour 1 et jour 2 Pluie : 29 mm T moyenne ≈ 6°c	Pas de pluie les 6iers jours Pluie : 45 mm T moyenne ≈ 7°c	Pluie : 2 mm T moyenne ≈ 11°c	Pluie : 8 mm T moyenne ≈ 14,7°c

Cette simulation réalisée avec un enfouissement de 10 cm, met en évidence l'effet déterminant du délai entre épandage et incorporation du digestat sur la volatilisation de l'ammoniac. Les conditions météorologiques lors des épandages sont également un critère important.

Sans enfouissement, dans les conditions où l'essai a été réalisé, les pertes d'azote aurait pu atteindre +20 kg/ha, en condition favorable à la volatilisation.

Plus l'enfouissement a lieu proche de l'épandage, plus il est efficace pour réduire les émissions d'ammoniac, et ce quel que soit la période. Enfouir au delà de 24h après l'épandage ne permet plus de réduire les émissions de manière importante.