

# Synthèse pluriannuelle :

## Fertilisation des CIVE longues récolte 2021-2022

Essais 2021 mis en  
place avec l'appui du :



### Présentation

#### SOMMAIRE

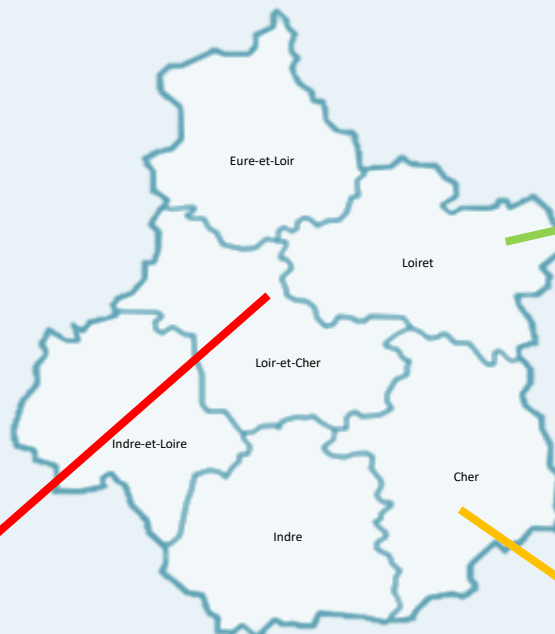
Protocole	2
Itinéraire technique des essais – récolte 2022	3
Analyse des résultats	4

Les projets de méthanisation se développent sur les régions Centre-Val de Loire. La plupart des porteurs de projet réfléchissent leur gisement autour des Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique (CIVE), et en particulier les agriculteurs céréaliers. Le choix de la culture et sa conduite doivent répondre à des objectifs de production pour alimenter le digesteur mais aussi de rentabilité économique pour l'exploitation agricole.

Avec la hausse des prix des engrais, il nous est impératif d'établir des références sur la gestion de la fertilisation des cives avec et/ou sans l'utilisation du digestat.

Pour les essais, l'objectif était de **définir la fertilisation et le fractionnement optimum pour les cives en valorisant les digestats.**

Afin d'acquérir des références et pouvoir répondre à la demande, un réseau régional d'essais CIVE implantées à l'automne a été reconduit cette année 2022 à la suite d'essais déjà conduits durant l'année 2021. Ce réseau est constitué de **3 essais en micro-parcelles** menés par **2 Chambres d'agricultures de la région Centre-Val De Loire et la FDGEDA du Cher.**



**Courbouzon (41) – CA41**  
Limon argileux  
RU : 130mm  
Mélange Seigle, triticale, orge  
Rendement moyen : 15.7 T de  
MS/ha

**Chuelles (45) – CA45**  
Limon Argileux Caillouteux  
RU : 70mm  
Seigle  
Rendement moyen : 6.15 T de  
MS/ha

**Vornay (18) - FDGEDA**  
Limon Argileux  
RU : 120mm  
Mélange Seigle, triticale, orge  
Rendement moyen : 7.4 T de  
MS/ha



## Protocole « Fertilisation azotée des CIVE avec et sans digestat »

Sur céréales, nous avons **comparé plusieurs stratégies de fertilisation avec de l'engrais minéral et/ou du digestat**. Ainsi, **7 fractionnements différents** ont été testés, dont 5 sur deux années :

Modalités	Intitulés	Apport N à l'automne	Apport N au printemps	2021 Lieux des modalités testées	2022 Lieux des modalités testées
1	Témoin	0	0	- CA45 - CA41 - FDGEDA18	- CA45 - CA41 - FDGEDA18
2	Minéral printemps	0	Dose X Minéral	- CA45 - CA41 - FDGEDA18	- CA45 - CA41 - FDGEDA18
3	Digestat printemps	0	Dose X digestat liquide		- CA45 - CA41 - FDGEDA18
4	Digestat 35U N automne + minéral printemps	35U digestat liquide	Dose X-35U minéral (CA 41) Dose X minéral (FDGEDA18)	- CA45 - CA41 - FDGEDA18	- CA41 - FDGEDA18
5	Digestat 70U N automne + minéral printemps	70U digestat liquide	Dose X-70U minéral	- CA45 - CA41 - FDGEDA18	- CA41 - FDGEDA18
6	Digestat 70U N automne enfoui + minéral printemps	70U digestat liquide enfoui	Dose X-70U minéral	- FDGEDA18	- CA41 - FDGEDA18
7	Digestat + minéral printemps	0	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2/3 de la dose X en digestat liquide</li><li>• 1/3 de la dose X en minéral</li></ul>	- CA45 - CA41 - FDGEDA18	- CA45 - CA41 - FDGEDA18

Les modalités ont été récoltées **sur une seule date : de fin avril à mi-mai**. La récolte a été réalisée **manuellement à hauteur d'ensileuse** (soit ≈10 cm) et a permis de déterminer le **rendement en matière brute et en matière sèche**.

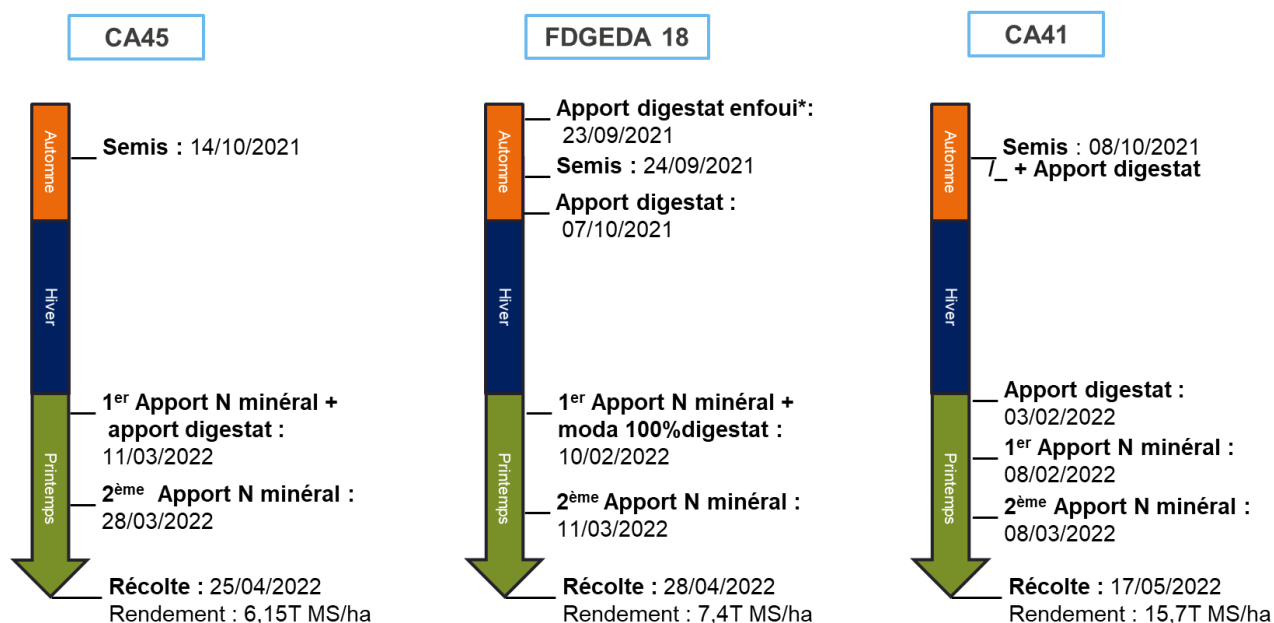




## Itinéraire technique des différents essais – récolte 2022

Le début de cycle ayant été relativement sec, les semis ont été réalisés tardivement par rapport aux dates prévues (mi-septembre). Le retard de végétation a été accentué par le manque de précipitations en automne-hiver.

Pour chaque site, une frise chronologique des apports a été réalisé :



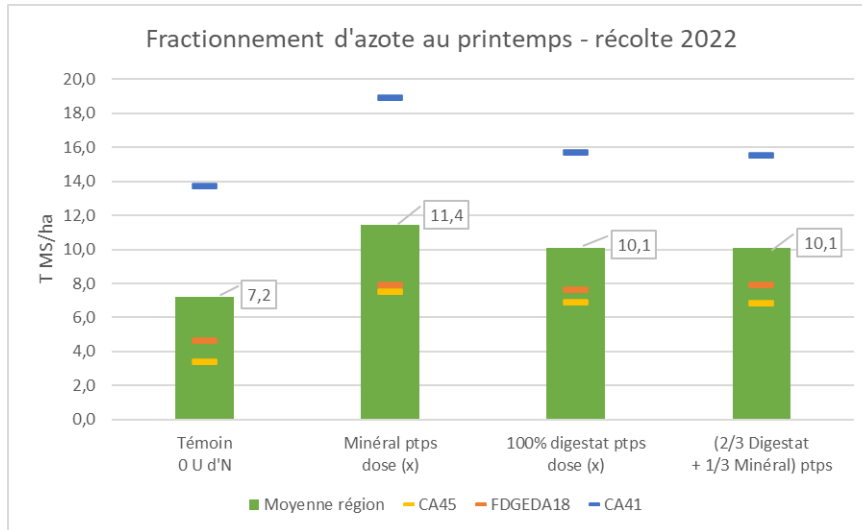
Ces frises chronologiques avec les itinéraires techniques des différents essais, associé aux résultats de rendements, confirment que la date de semis et la date de récolte d'une CIVE ont un gros enjeu sur le rendement.

L'objectif de ces essais est de comparer plusieurs stratégies de fertilisation avec de l'engrais minéral et/ou du digestat liquide. Les besoins utilisés pour le calcul de la dose se basent sur 14 u d'N par t MS et un coefficient de disponibilité de l'azote du digestat liquide de 0,7. Sur les sites, la dose d'azote apportée est différente puisque le raisonnement de la fertilisation s'appuie sur l'analyse de reliquat sortie hiver. De plus, les résultats de l'analyse du digestat liquide ont permis d'attribuer la dose exacte d'azote ammoniacal. A l'automne, la modalité 70U d'N total, revient à apporter 50U d'azote efficient par rapport à la directive nitrate ( $70 \times 0,7 = 49$ ), ce qui correspond à la quantité maximale autorisée d'apport à l'automne de digestat.



## Comparaison apport digestat/minéral en apport de printemps

Le graphique suivant illustre l'impact de la dose, du fractionnement et de la forme d'azote apportée au printemps sur le rendement de la culture.

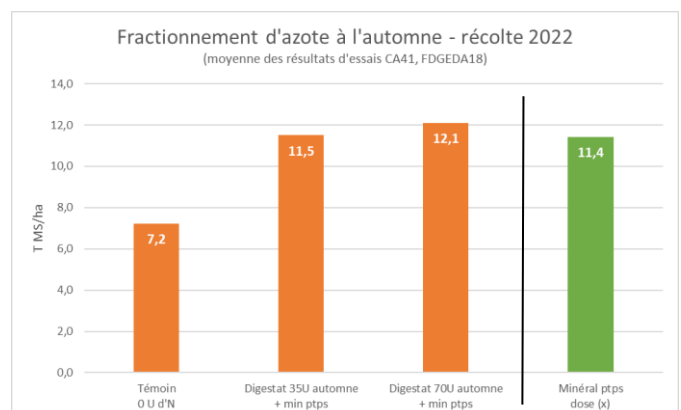
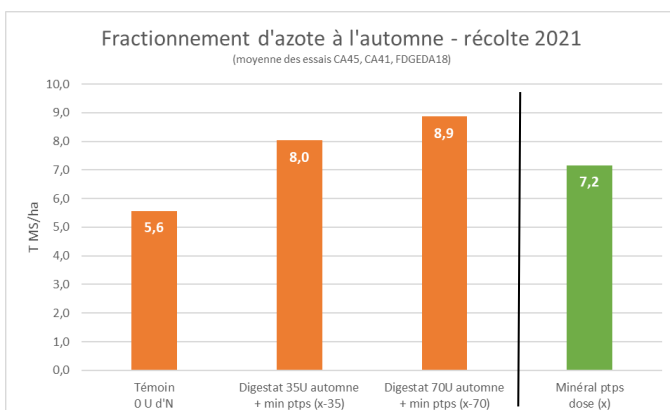


La modalité témoin sans azote est nettement inférieure et montre la nécessité de fertiliser les CIVES pour optimiser le rendement. Les autres résultats obtenus ne montrent pas d'écarts significatifs. La date de récolte, tout comme la date de semis, est un élément non négligeable, la CA41 a récolté ses CIVE trois semaines après les autres ce qui augmente ses rendements. Les modalités fertilisées au printemps, quels que soit leur forme d'azote apportées, n'ont pas de rendement plus important les unes comparés aux autres. La variation de l'azote organique contenu dans le digestat et sa vitesse de libération peut avoir un impact sur la fertilisation de la culture. Le résultat reste le même entre un épandage de 2/3 du digestat liquide avec un complément minérale comparé à un épandage 100% en digestat liquide. Dans ce cas, il est préférable, en vue du nombre de passage, de choisir l'épandage de la totalité de la dose en digestat liquide en une seule fois au printemps.

## L'intérêt du digestat à l'automne

Sur les sites, la dose d'azote apportée est différente car le raisonnement de la fertilisation s'appuie sur l'analyse de reliquat sortie hiver. De plus, les résultats d'analyse du digestat liquide ont permis d'attribuer la dose exacte d'azote ammoniacal. Le coefficient de disponibilité de l'azote du digestat liquide est de 0,7.

A l'automne, la modalité 70U d'N total, revient à apporter 50U d'azote efficient par rapport à la directive nitrate ( $70 \times 0.7 = 49$ ), ce qui correspond à la dose maximale réglementaire d'apport à l'automne de digestat liquide sur CIVE.



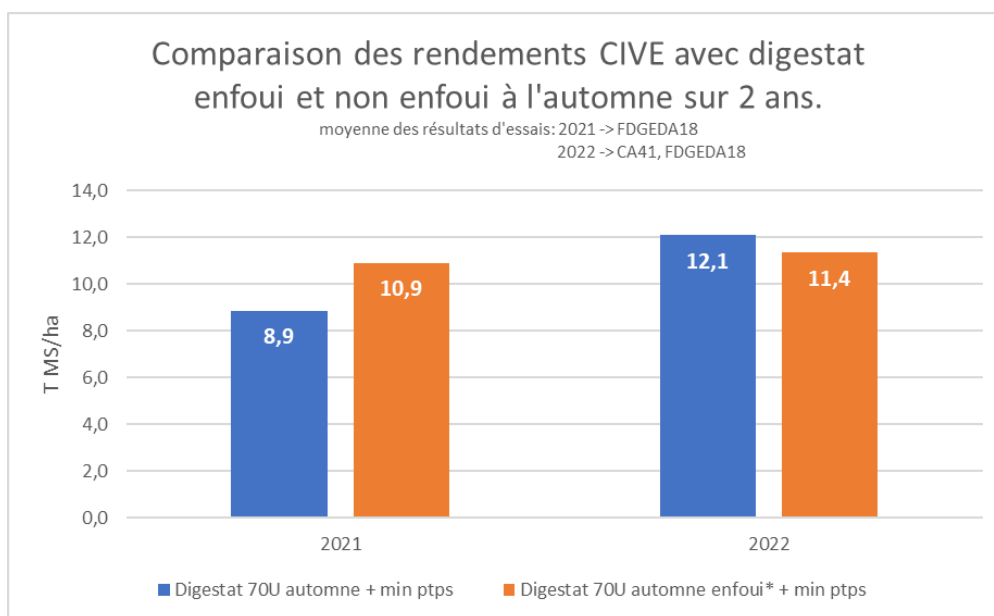
Les rendements sont corrélés aux quantités d'azote apportés. Les écarts de résultats ne sont pas significatifs pour établir une conclusion. Cependant, sur ces deux années d'expérimentation, pour une même dose totale l'apport de 70 U d'N de digestat liquide à l'automne avec un complément minéral (X-70), révèle un rendement (T MS/ha) plus important que la modalité avec 35 U d'N à l'automne avec un complément minéral (X-35). De plus, une dose pleine de digestat à l'automne qui a moins besoin d'azote minéral au printemps a tendance à avoir un meilleur rendement qu'une dose d'azote 100% minérale au printemps.

Les CIVE montrent une bonne efficacité du digestat en apport d'automne. L'épandage du digestat liquide à l'automne reste donc un moyen efficace de fertilisation.

## ➤ L'intérêt de l'enfouissement du digestat

L'enfouissement du digestat liquide lors de l'épandage à l'automne est utilisé pour réduire le risque de perte d'azote ammoniacale par volatilisation. Cette technique, pratiquée le jour du semis, est fiable et efficace contre les conditions climatiques défavorables. Cela minimise l'impact de la température et du vent sur la volatilisation. L'excès d'azote dès le semis peut avoir des effets indésirables en diminuant les capacités germinatives des CIVE.

Ci-dessous, un tableau comparatif des essais CVL sur le digestat enfoui et non enfoui à l'automne :



En 2021, la dose apportée est fixe. Un apport de 70U à l'automne sous forme de digestat puis un apport de 60U au printemps sous forme minérale est épandu. Sur cette année 2021, l'effet d'enfouissement est favorable au rendement.

En 2022, La FDGEDA du Cher, contrairement à la CA41, a ajusté son apport d'azote minérale au printemps suivant la méthode des bilans avec l'aide du reliquat sortie hiver. Dans les deux situations, les reliquats sont équivalents et donc les doses d'apport azoté minérale sont identiques sur les deux modalités.

Sur cette année 2022, l'enfouissement n'a pas eu d'impact favorable sur le rendement contrairement à l'année 2021.

Une année d'expérimentation supplémentaire, actuellement en cours, est donc nécessaire afin de connaître le réel intérêt de l'enfouissement du digestat à l'automne.

La méthode d'enfouissement, le temps écoulé entre l'épandage et l'enfouissement du digestat, les conditions météorologiques et l'humidité du sol sont des facteurs à prendre en compte en plus des reliquats entré et sortie hiver afin d'expliquer et analyser les résultats obtenus.

## ➤ L'intérêt des reliquats entrée et sortie hiver

De manière à connaître le cheminement de l'azote dans les différentes modalités, il est indispensable d'avoir les données suivantes :

- Reliquat entrée et sortie hiver
- Reliquat post récolte
- L'azote foliaire des CIVE

Les reliquats effectués en entrée et sortie hiver nous permettent de connaître précisément la quantité d'azote lessivé dans le sol durant l'hiver.

Le reliquat post récolte est un atout pour percevoir les apports d'azote à envisager sur la culture principale suivante. L'analyse de l'azote foliaire des CIVE est un complément qui nous donne la proportion d'azote absorbé par les plantes.

Pour les deux premières années, nous avons accumulés uniquement les reliquats en entrée et sortie hiver. Voici ci-dessous les tableaux avec les écarts de quantité d'azote dans le sol entre les reliquats entré et sortie hiver :

<b>FDEGEDA du cher</b>				
<b>Essai 2020-2021</b>				
	Témoin	Digestat Dose max	Digestat Dose max enfoui	Digestat Demi-dose
Reliquat entré hiver (17/11/2020)	36,8	36,2	28,4	25,7
Reliquat sortie hiver (15/01/2021)	17,1	24,3	18,9	19,8
Total de l'azote perdu en lessivage	19,7	11,9	9,5	5,9

<b>FDEGEDA du cher</b>				
<b>Essai 2021-2022</b>				
	Témoin	Digestat Dose max	Digestat Dose max enfoui	Digestat Demi-dose
Reliquat entré hiver (08/11/2021)	70,3	114,2	106,9	90,8
Reliquat sortie hiver (12/01/2022)	36,1	39,9	42,6	36
Total de l'azote perdu en lessivage	34,2	74,3	64,3	54,8

On remarque qu'avec le digestat enfoui à l'automne, il y a une quantité moins importante perdu par rapport à la même dose non enfoui. Cette différence est possiblement lié à l'azote volatilisé dans la modalité sans enfouissement. Cette hypothèse se confirmera lors de la prochaine analyse en 2023.

<b>CA 45</b>				
<b>Essai 2020-2021</b>				
	Témoin	Digestat Dose max	Digestat Dose max enfoui	Digestat Demi-dose
Reliquat entré hiver (11/12/2020)	114	198	X	133
Reliquat sortie hiver (14/02/2021)	18.5	50.6	X	42.1
Total de l'azote perdu en lessivage	95.5	147.4	X	90.9

Durant l'hiver, la majorité de l'écart d'azote entre le reliquats entré et sortie hiver est perdu par lessivage car les céréales ne sont plus en période de végétation.



## ➤ Étude économique année 2020-2021

Vous trouverez ci-dessous, le détail des coûts des différents fractionnements liés à l'épandage. Ces coûts sont établis à partir du barème d'entraide des chambres d'agriculture.

**Tableau des charges de production :**

Intitulés (M.O et carburant compris)	Unité	Charges (70U automne + complément minéral)	Charges (35U automne + complément minéral)	Charges (100% minéral printemps)
Déchaumage profond	€/ha	48	48	48
Semis SD dents	€/ha	39	39	39
Épandage engrais	€/ha	9	9	9
Épandage digestat liquide à l'automne	€/ha	30	15	/
Ensilage	€/ha	167	167	167
Coût digestat : ➤ Ntotal :8.6% (5 €/m <sup>3</sup> )	€/ha	41	21	/
Coût azote minéral : ➤ Ammo 27 (820€/T)	€/ha	182	289	394
<b>TOTAL</b>	<b>€/ha</b>	<b>516</b>	<b>588</b>	<b>657</b>

Les charges de production des CIVEs d'hiver , s'élève à :

- ◇ 516 €/ha pour une fertilisation de 70U d'azote sous forme de digestat à l'automne avec un complément minéral au printemps de 60U d'azote sous forme minéral.
- ◇ 588 €/ha pour une fertilisation de 35U d'azote sous forme de digestat à l'automne avec un complément minéral au printemps de 95U d'azote sous forme minéral.
- ◇ 657 €/ha pour une fertilisation au printemps de 130U d'azote sous forme minérale.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons recalculé l'intérêt économique du fractionnement de l'apport de digestat en prenant en compte l'effet du rendement. Pour ce calcul, nous avons retenu le prix de 100€/tonne de matière sèche pour la valeur de la CIVE produite.

**Tableau comparatif :**

Méthodes de fractionnement	Charges (€/ha)	Rendement moyen sur 2 ans (T MS/ha)	Recette brut (en €)	Intérêt économique (€/ha)
<b>70U digestat à l'automne + 60U d'azote minéral au printemps</b>	<b>516</b>	<b>10.5</b>	<b>1050</b>	<b>534</b>
<b>35U digestat à l'automne + 95U d'azote minéral au printemps</b>	<b>588</b>	<b>9.75</b>	<b>975</b>	<b>387</b>
<b>130U d'azote minéral au printemps</b>	<b>657</b>	<b>9.3</b>	<b>930</b>	<b>273</b>

Avec la hausse des prix de l'engrais minéral, l'apport du digestat à l'automne est intéressant économiquement. En plus d'être un bon fertilisant, le digestat est peu onéreux et offre de meilleur rendement avec un épandage à l'automne.

De plus, l'utilisation de digestat liquide à l'automne permet aux centres de méthanisation de mieux gérer le remplissage des cuves de digestat pour tout l'hiver.

Les résultats de cette analyse économique sont valables uniquement pour un apport prédéfinis avec un apport au printemps total déduisant les unités d'azote apportées à l'automne. Or, dans la majeure partie des cas, les agriculteurs font un reliquat en sortie hiver afin d'apporter la quantité d'azote nécessaire pour obtenir le rendement souhaité (Il faut 14U d'azote par tonne de matière sèche souhaité).

Une seconde étude économique sera réalisée à la suite des résultats obtenus à la récolte 2023. Cette année, nous utiliserons la méthode des bilans afin d'ajuster la quantité d'azote apporté au printemps suivant le rendement souhaité.

## ➤ Étude économique année 2021-2022 – Essai FDGEDA du Cher

Vous trouverez ci-dessous, le détail des coûts des différents fractionnements liés à l'épandage. Ces coûts sont établis à partir du barème d'entraide des chambres d'agriculture. L'azote minéral est calculé suivant la méthode des bilans à la suite des prélèvements reliquats sortie hiver.

Intitulés (M.O et carburant compris)	Unité	Charges (70U automne + complément minéral)	Charges (70U automne enfoui + complément minéral)	Charges (35U automne + complément minéral)	Charges (100% minéral printemps)	Charges (100% digestat printemps)	Charges (fraction 2/3 digestat + 2/3 minéral printemps)
Déchaumage profond	€/ha	48	48	48	48	48	48
Semis SD dents	€/ha	39	39	39	39	39	39
Épandage engrais	€/ha	9	9	9	9	/	9
Épandage digestat liquide	€/ha	30	30	15	/	64	33
Ensilage	€/ha	167	167	167	167	167	167
Coût digestat : ➤ Ntotal :8.6% (5 €/m <sup>3</sup> )	€/ha	41	41	21	/	68 (116U N/ha)	45 (77U N/ha)
Coût azote minéral : ➤ Ammo 27 (820€/T)	€/ha	224 (74U N/ha)	221 (73U N/ha)	243 (80U N/ha)	240 (79U N/ha)	/	79 (26U N/ha)
<b>TOTAL</b>	<b>€/ha</b>	<b>558</b>	<b>555</b>	<b>542</b>	<b>503</b>	<b>386</b>	<b>420</b>

### Tableau des charges de production :

Les charges de production des CIVEs d'hiver , s'élève à :

- ◇ 558 €/ha pour une fertilisation de 70U d'azote sous forme de digestat à l'automne avec un complément minéral au printemps de 74U d'azote sous forme minéral.
- ◇ 555 €/ha pour une fertilisation de 70U d'azote sous forme de digestat enfoui à l'automne avec un complément minéral au printemps de 73U d'azote sous forme minéral.
- ◇ 542 €/ha pour une fertilisation de 35U d'azote sous forme de digestat à l'automne avec un complément minéral au printemps de 80U d'azote sous forme minéral.
- ◇ 503 €/ha pour une fertilisation au printemps de 79U d'azote sous forme minérale.
- ◇ 386 €/ha pour une fertilisation au printemps de 116U d'azote sous forme de digestat liquide.
- ◇ 420 €/ha pour une fertilisation de 77U d'azote sous forme de digestat + 26U d'azote sous forme minéral au printemps.





Dans le tableau ci-dessous, nous avons recalculé l'intérêt économique du fractionnement de l'apport de digestat en prenant en compte l'effet du rendement. Pour ce calcul, nous avons retenu le prix de 100€/tonne de matière sèche pour la valeur de la CIVE produite.

**Tableau comparatif :**

<b>Méthodes de fractionnement</b>	<b>Charges (€/ha)</b>	<b>Rendement 2021/2022 (T MS/ha)</b>	<b>Recette brut (en €)</b>	<b>Intérêt économique (€/ha)</b>
<b>70U digestat à l'automne + 74U d'azote minéral au printemps</b>	<b>558</b>	<b>8.34</b>	<b>834</b>	<b>276</b>
<b>70U digestat enfoui à l'automne + 73U d'azote minéral au printemps</b>	<b>555</b>	<b>7.20</b>	<b>720</b>	<b>165</b>
<b>35U digestat à l'automne + 80U d'azote minéral au printemps</b>	<b>542</b>	<b>8.01</b>	<b>801</b>	<b>259</b>
<b>79U d'azote minéral au printemps</b>	<b>503</b>	<b>7.86</b>	<b>786</b>	<b>283</b>
<b>116U digestat au printemps</b>	<b>386</b>	<b>7.55</b>	<b>755</b>	<b>369</b>
<b>77U digestat + 26U d'azote minéral au printemps</b>	<b>420</b>	<b>7.85</b>	<b>785</b>	<b>365</b>

Contrairement à la première étude économique, on remarque ici, en utilisant la méthode des bilans, qu'il est plus avantageux d'épandre du digestat au printemps accompagné au non d'engrais minéral. Même si les rendements sont plus faible avec un apport au printemps, ces deux modalités se distinguent économiquement face aux autres types de fractionnement.

Avec la hausse des prix de l'engrais minéral, l'apport du digestat au printemps est intéressant économiquement. En plus d'être un bon fertilisant, le digestat est peu onéreux et offre de meilleur rendement avec un épandage à l'automne.

## Conclusion générale

L'apport de 70U d'azote totale à l'automne associé à un apport minéral au printemps augmente légèrement le rendement. Cette technique, en plus d'être bénéfique pour la culture, permet une évacuation fréquente des stocks de digestat au sein d'un méthaniseur. **L'apport du digestat à l'automne a eu un effet positif dans la nutrition azotée de la plante.** Le pilotage du digestat liquide est précis grâce à son analyse en laboratoire juste avant l'épandage. Cette étape est indispensable pour calculer la quantité (m<sup>3</sup>/ha) de digestat liquide à épandre. Il n'y a pas de différences de rendement significative entre le digestat liquide et l'azote minérale.

## Perspectives

Afin d'augmenter notre quantité de données, ce même essai sur le fractionnement d'azote minéral et/ou organique (digestat liquide) pour la fertilisation des CIVE est reconduit cette année sur trois sites (CA45, CA41 et FDGEDA18).

Synthèse rédigée par Jean Guérineau avec la participation des conseillers des Chambres d'agriculture de la région Centre-Val de Loire et la FDGEDA18.