

3èmes Rencontres Régionales de la Méthanisation en Normandie

Atelier

Produire des CIVEs en Normandie

- **Florent LEVAVASSEUR** – INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, Palaiseau, France
Performances agro-environnementales des systèmes de culture associées à la méthanisation en Ile-de-France
- **Nicolas DAGORN** – Arvalis
CIVE : Quelles conditions de production en région pour optimiser les services de ces intercultures ?
- **Elise VANDERMEERSCH** – Chambres d'agriculture de Normandie
Présentation des résultats d'essais en Normandie

3^{èmes} Rencontres Régionales de la Méthanisation en Normandie

1^{er} décembre 2022

Performances agro-environnementales des systèmes de culture associées à la méthanisation sans élevage en Ile-de-France

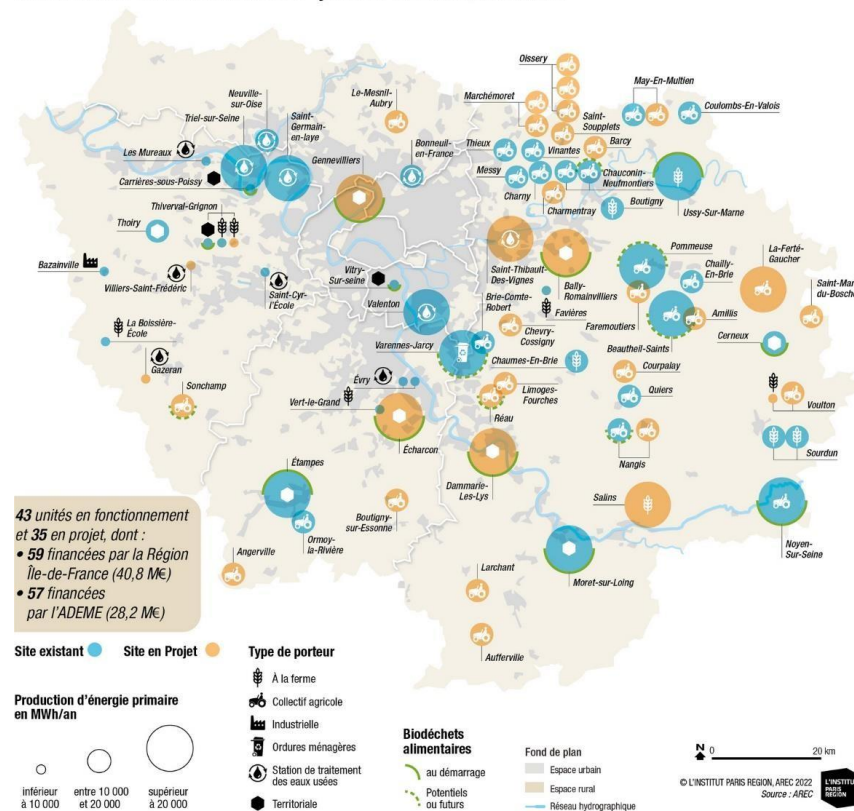
Florent Levavasseur

INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, Palaiseau, France

Introduction

- Fort et récent développement de la méthanisation en Ile-de-France (injection), principalement basée sur les CIVE
- Questionnement sur les performances de systèmes de culture associées à ces méthaniseurs (stockage de C, pertes de N, pression phyto...)
- Etude pour la DRIAAF :
 - Enquêtes des 11 méthaniseurs de CIVE en service début 2020
 - Caractérisation des digestats
 - Modélisation des performances
 - Elaboration de recommandations de bonnes pratiques et de recherches complémentaires

Les unités de méthanisation au 1^{er} janvier 2022 / par type de porteurs



Principales caractéristiques des systèmes étudiés

- Une relative homogénéité des systèmes étudiés
- Les 11 méthaniseurs :
 - Mise en service : de 2014 à 2020
 - 1 à 5 exploitations agricoles (SAU totale $\approx$ 1000 ha)
 - Ration: CIVE de 15 à 70%, pulpes de betteraves, issues de silos, peu de cultures dédiées...
 - Temps de séjour long (> 100 jours)
 - Peu de séparation de phase (2/11), stockage majoritairement en lagune non couverte (10/11) et capacité de stockage souvent ≈ 1 an
- Les exploitations associées (21 enquêtées) :
 - Grandes cultures et betteraves (+ légumes parfois)
 - SAU de 235 à 800 ha, parcellaire majoritairement groupé
 - Sols fertiles très majoritaires (limons profonds décarbonatés)
 - Certaines historiquement en agriculture de conservation



Méthaniseur de CIVE



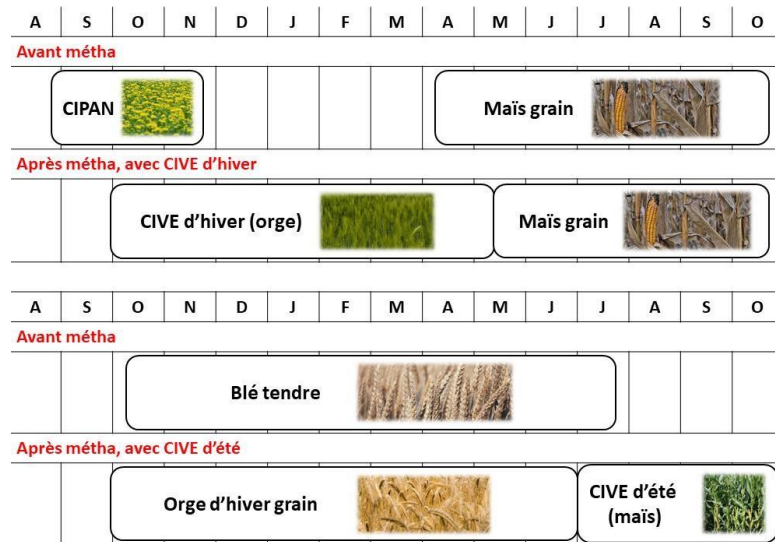
Silos



Lagune de digestat

Changements de systèmes observés

- Principaux changements :
 - Couple orge d'hiver → maïs, alternativement CIVE
 - Moyenne de 35% de la SAU en CIVE (25% CIVE d'été, 10% CIVE d'hiver)
 - Forte substitution du blé d'hiver (parfois totale !) par de l'orge d'hiver (suivi de CIVE d'été)
 - ↗ variable maïs grain (précédé de CIVE d'hiver) et ↘ colza
- Quelques particularités :
 - Synergie avec les systèmes légumiers (irrigation, cycle court des légumes)
 - Réintroduction de pois (précédent CIVE d'été) et de prairies (dédiées)...
 - CIVE « opportuniste » : mélange d'espèces (avec légumineuses) à bas coût ensilé si biomasse élevée



Production des CIVE et gestion du digestat

- CIVE conduites de façon intensive → forte production de biomasse

	Orge CIVE	Maïs CIVE
Semis - récolte	Début octobre – début mai	Début juillet (strip-till) – mi oct
Fertilisation	Digestat + minéral (≈ 160 kg Neff/ha)	Minéral (≈ 100 kg Neff/ha)
Phyto	Herbicide, insecticide (fongicide) $\approx \frac{1}{2}$ IFT orge grain	Herbicide, (insecticide) $\approx \frac{1}{2}$ IFT maïs grain
Irrigation	Non (possible sur maïs suivant)	$\approx 50\%$ des enquêtes
Rendement	10 t MS/ha	6t MS/ha (0-12)
Impact culture suivante	- 20% sur maïs grain	Non

- Digestat (brut, liquide) majoritairement valorisé sur céréales (CIVE ou non), en sortie d'hiver (2^e apport), avec épandeur à pendillard et sans tonne, à une dose de $40 \text{ m}^3/\text{ha}$ (≈ 200 kg N total/ha, hypothèse de KEQ = 50-60%)

Performances modélisées

- Majorité des effets au champ positifs à neutres et production de biogaz
- Une bonne partie des effets positifs liée aux co-substrats méthanisés (import C, N, P, K)
- + digestat / ha = + économie d'engrais et stockage de C, mais + volatilisation d'ammoniac
- + CIVE = + pression phyto et – recharge nappes, mais bonne maîtrise de la lixiviation
- Bilan GES favorable au champ, mais à étudier à l'échelle ferme
- Résultats cohérents avec la littérature → assez robustes
- Des impacts non ou mal quantifiés (tassement, biodiversité...)

Critère		Scénario moyen
Production de biomasse	Totale	≈ à ↘
	Hors métha	↗
Stockage de C à 30 ans		≈ à ↘
Fertilité des sols		↗ (+2 t C/ha)
Besoin engrais N min		≈ à ↗
Besoin engrais PK		↘ (-56 kg N/ha/an)
Lixiviation NO ₃ ⁻		↘
Volat NH ₃		↘ à ≈ (si ferti ajustée)
Emissions de N ₂ O		↗ (+ 3 kg N/ha/an)
Bilan GES (champ)		≈
Ressource en eau		↘ drainage (- 20 mm/an) et ↗ irrigation
Pression phyto		≈ à ↗ (possibles compensations)
Résultats économiques		?

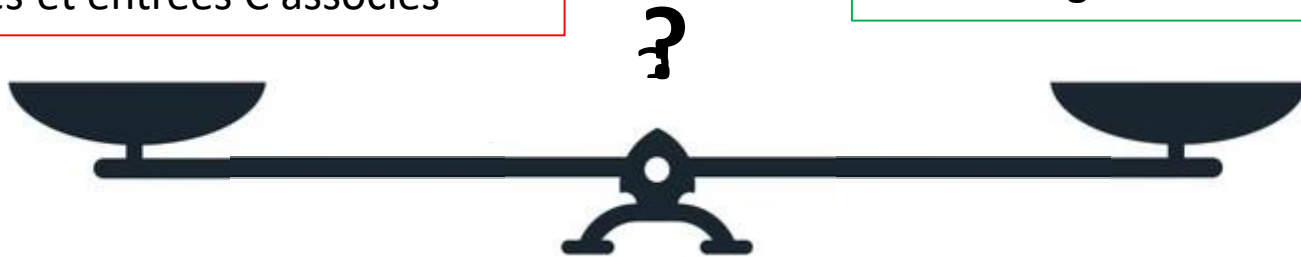
Zoom sur le stockage de C

80% du C des CIVE extrait
sous forme de biogaz

Possible $\searrow$ du rendement des cultures
principales et entrées C associés

$\nearrow$ production biomasse et
entrées C racinaires

C du digestat + stabilisé

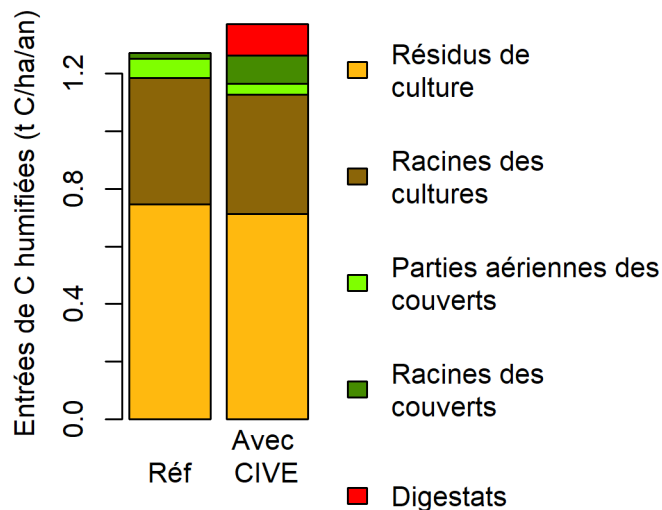


→ Etude CARBOCIMS : Modélisation de cas-types théoriques où seulement des CIVE seraient méthanisées et la quantité résultante de digestat retournée au sol

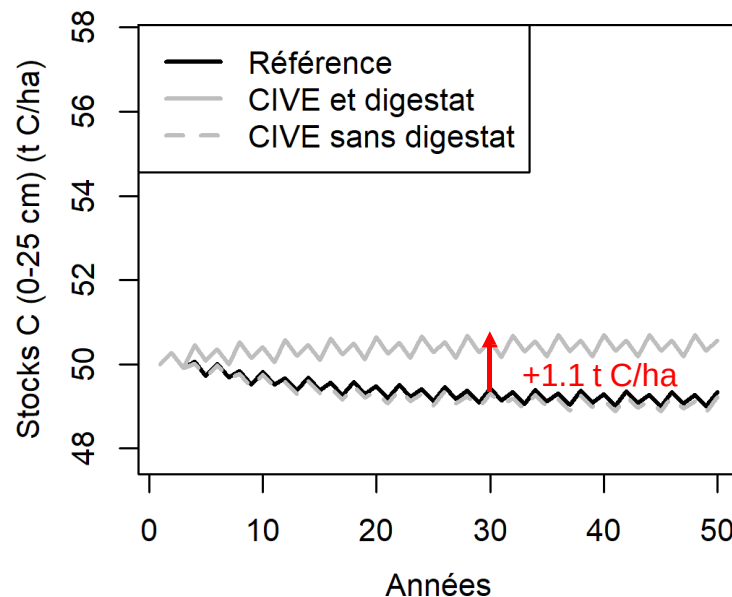
Zoom sur le stockage de C

Exemple d'un cas type en Ile-de-France

- Légère augmentation des entrées totales de C humifié
- Léger stockage de C avec CIVE et digestat (1.1 t C/ha à 30 ans $\approx$ 0.06% MO sur 0-25 cm)



Entrées de C humifiées moyennes annuelles



Evolution des stocks de C au cours du temps, avec ou sans CIVE, avec ou sans digestat

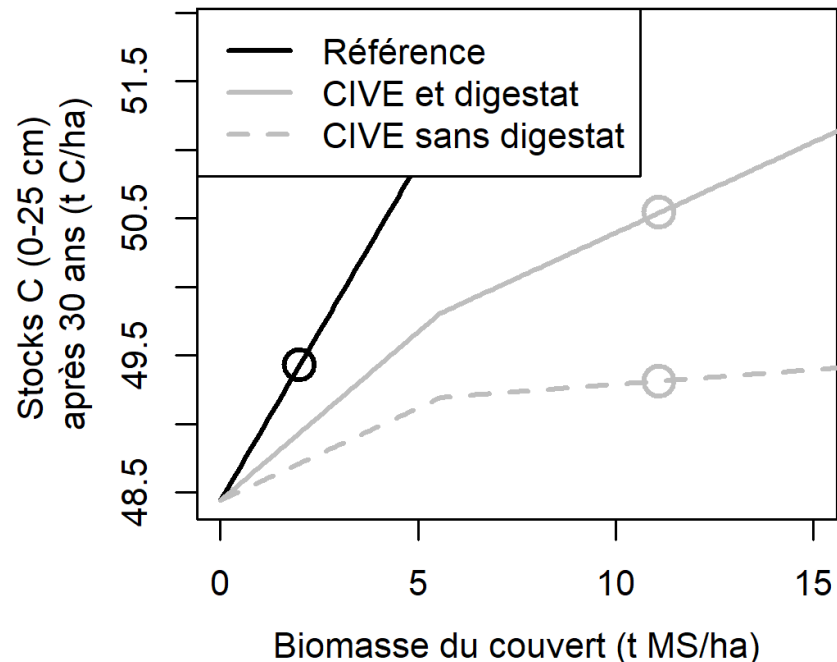
Zoom sur le stockage de C

- A production de biomasse égale entre un couvert non récolté et une CIVE, le stockage de C serait plus important avec un couvert non récolté
- Mais biomasse des CIVE est $\gg$ biomasse des couverts non récoltés

→ stockage de C + important avec CIVE et retour de digestat

→ stockage encore plus important si CIVE remplace une interculture en sol nu

- Résultats vérifiés pour l'ensemble des cas-types (France entière)



- Rendement référence CIVE hiver = 10 MS/ha récoltés (11 t MS/ha biomasse)
- Rendement référence couvert non récolté = 2 t MS/ha

Carton, S., Levavasseur, F., & Hugonnet, M. (2022). Performances agronomiques et environnementales de la méthanisation agricole sans élevage—Analyse n° 177. *Analyse du Centre d'études et de prospective, 177*, 1–4.

<https://agriculture.gouv.fr/performances-agronomiques-et-environnementales-de-la-methanisation-agricole-sans-elevage-analyse>

Levavasseur F., Kouakou P., Constantin J., Cresson R., Ferchaud F., Girault R., Jean-Baptiste V., Lagrange H., Marsac S., Pellerin S., Houot S. (2022). Energy cover crops for biogas production increase soil organic carbon stocks: a modeling approach. *GCB Bioenergy*.

<https://doi.org/10.1111/gcbb.13018>

CIVE : Quelles conditions de production en région pour optimiser les services de ces intercultures ?



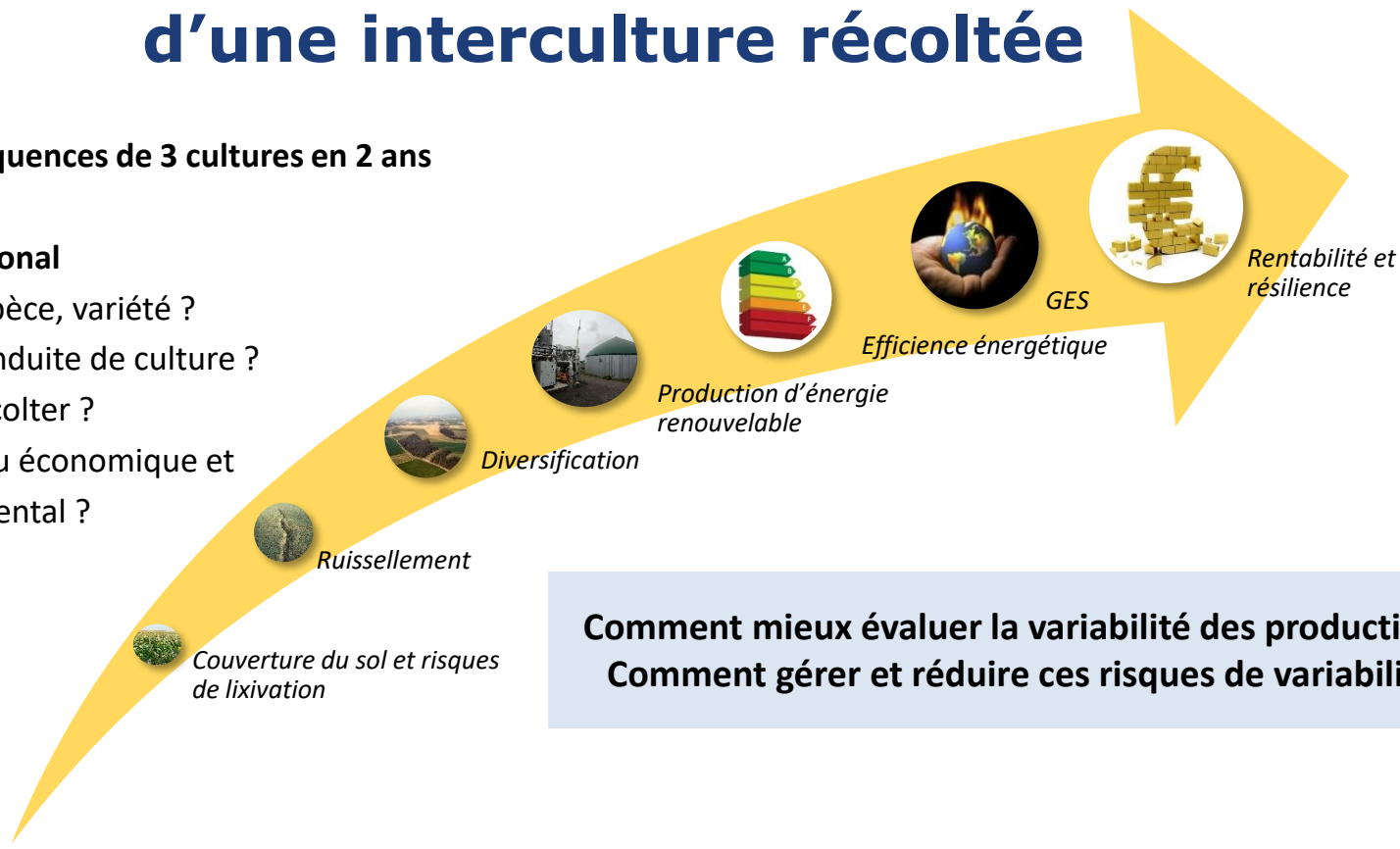
Nicolas DAGORN
3ème Rencontres Régionales de la Méthanisation en Normandie,
le 01/12/2022

CIVE : à la recherche de l'optimum des services d'une interculture récoltée

➤ Conception de **séquences de 3 cultures en 2 ans**

➤ **Un fort enjeu régional**

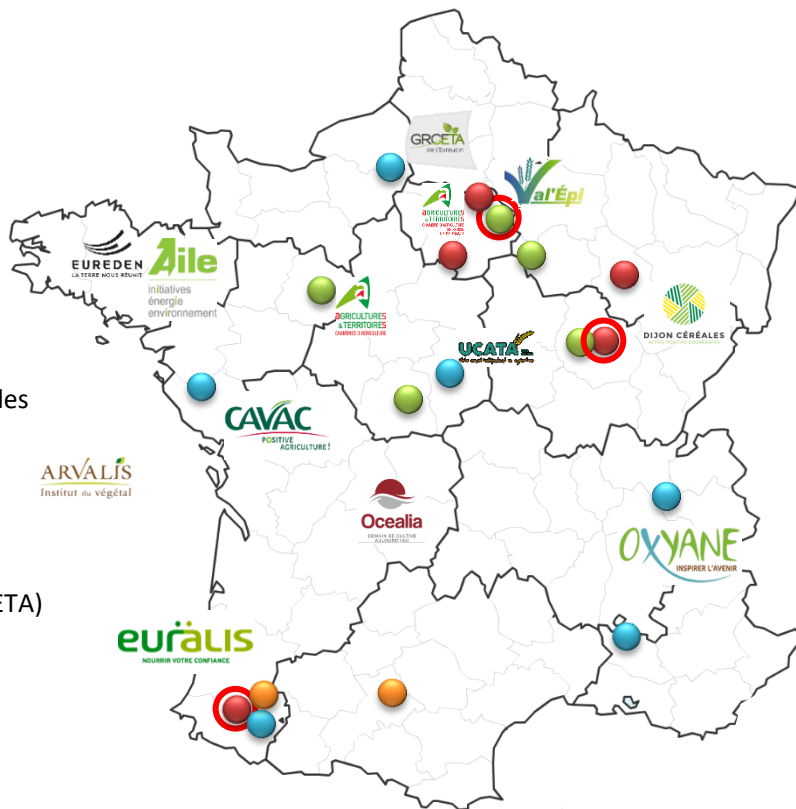
- Quelle espèce, variété ?
- Quelle conduite de culture ?
- Quand récolter ?
- Quel enjeu économique et environnemental ?



**Comment mieux évaluer la variabilité des productions ?
Comment gérer et réduire ces risques de variabilité ?**

LE RESEAU RECITAL et ses partenaires

-  Essais systèmes SYPPRE®
-  Essais ARVALIS Institut du végétal microparcelles
-  Essais courbe de réponse à azote et digestats
-  Parcelles agriculteurs
-  Essais partenaire RECITAL (Coopératives, Chambre, CETA)



ARVALIS
Institut du végétal

euràlis
NOURRIR VOTRE CONFIANCE

CAVAC
POSITIVE AGRICULTURE!

ENGIE

AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRES D'AGRICULTURE

OXYANE
INSPIRER L'AVENIR

ASSOCIATION
AGRICULTEURS
MÉTANSEURS
FRANCE

Aile
initiatives
énergie
environnement

euràlis
NOURRIR VOTRE CONFIANCE

Avec le soutien de :



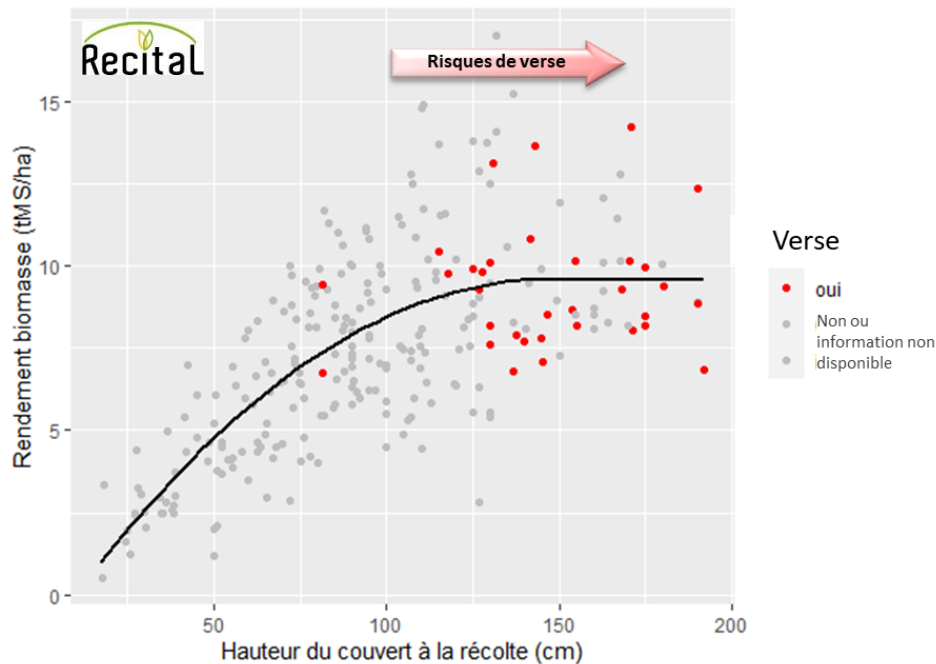
Avec a participation de :



Retrouvez les
essais en photos :



Choix d'espèce et Variétés : un compromis

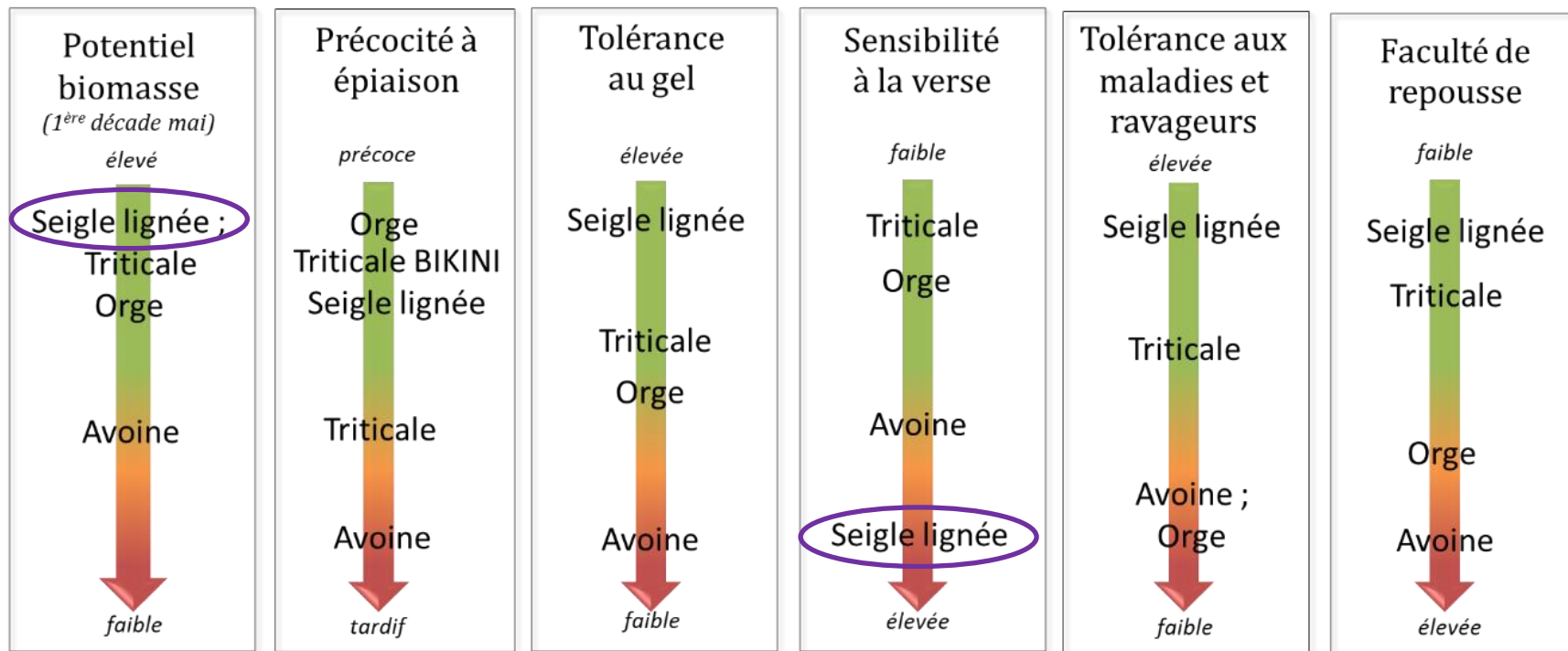


- Risques de verse
- Tolérance bioagresseurs
- Risques de gel
- Autres services

Sensibilité à la verse : Seigle Fourrager > Avoine
Diploïde > Orge et Triticale

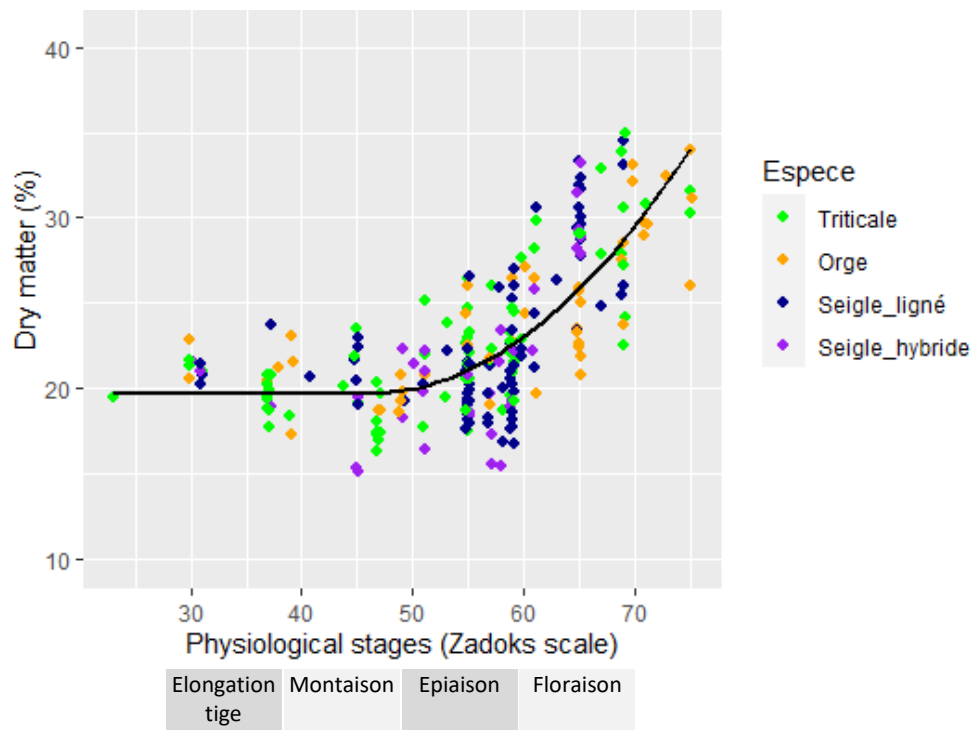


Choix d'espèce et Variétés : un compromis



- ✓ Toutes les espèces d'intérêts
- ✓ Choix dépendant du contexte local, de la conduite, de la succession

La Récolte : un objectif de rendement mais aussi de taux de matière sèche



- Objectif de 25-30% MS pour une bonne récolte et conservation
- **Stade floraison (Z60)** bon indicateur d'atteinte d'un taux de matière se rapprochant des 30 %MS
- Des gains de rendement +1 à +2 tMS/ha par semaine entre fin avril et début mai
- Mais risque de verse

=> UN COMPROMIS AVEC LE SEMIS DE LA CULTURE SUIVANTE

CIVE d'hiver rechercher le compromis gagnant

Exemple des systèmes maïs

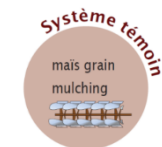
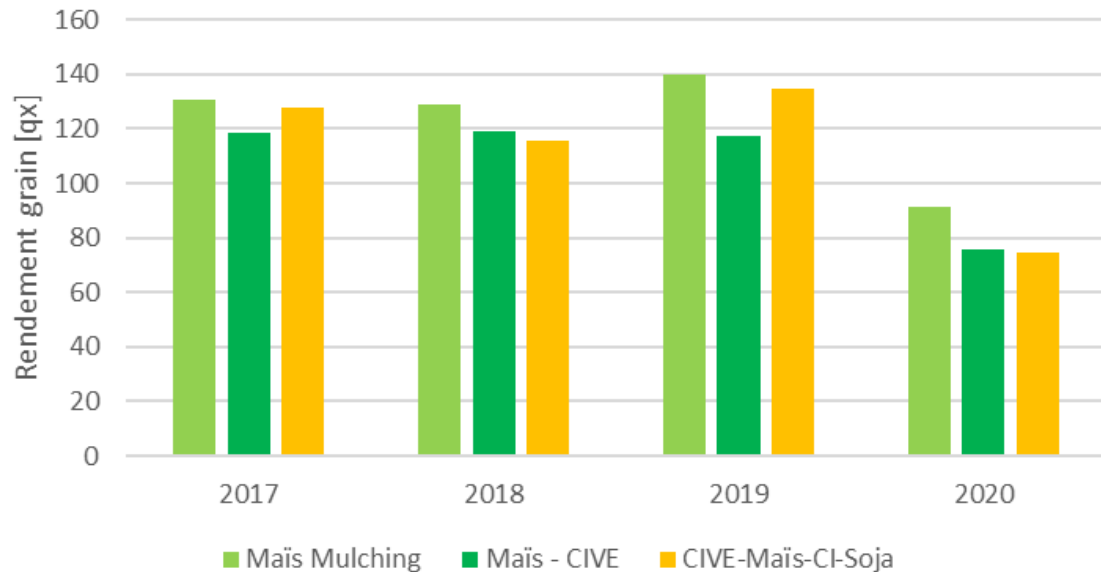
Les recommandations :

- Semer la CIVE **avant 15/10**
- **Récolter la CIVE à partir du 15/04**
- En général = **Prévoir un maïs moins tardif**

Sur SYPPRE Béarn (sols profonds en pluvial) depuis 5 ans :

- Maïs-CIVE : -15 qx (-13%)
- CIVE-Maïs-CI-Soja : -10qx (-9%)
- **Gain d'humidité -1pt H2O**

Rendement du maïs avec ou sans CIVE



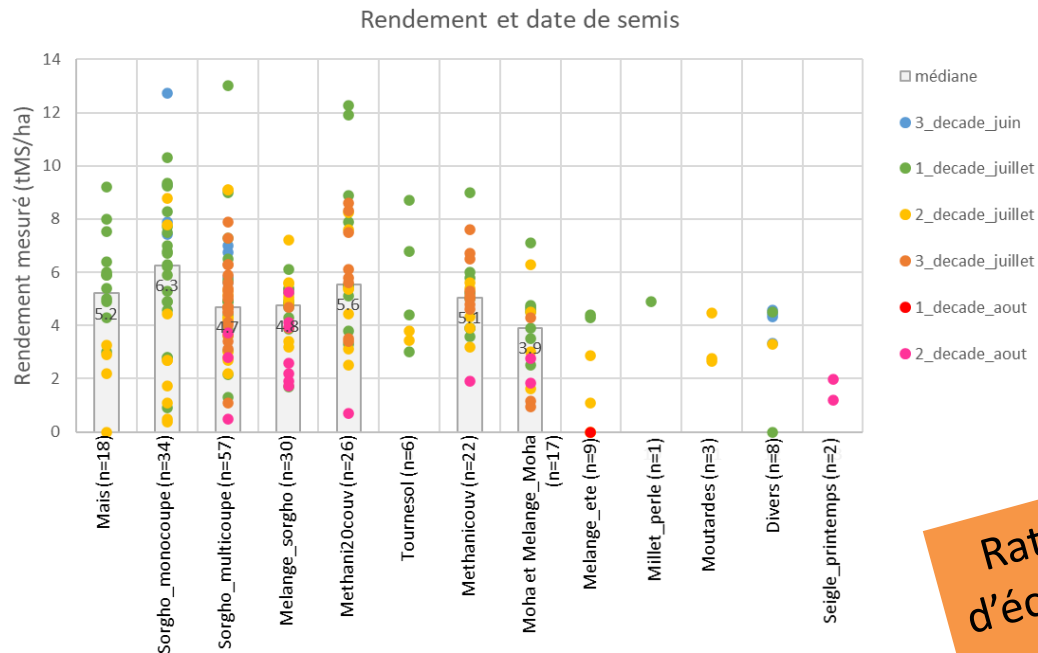


Quelle conduite de culture des CIVE d'été ?

- Une opportunité dans de nombreuses régions
- Potentiels nuls à très bons !
- A semer le plus tôt possible : après pois, orge hiver
 - Semis avant le 10/07
 - Forts échecs à la levée → Besoin de réduire le coût de semences
 - Des techniques de semis dans le précédent travaillées mais encore trop aléatoires
- Intérêt de l'irrigation si autorisée (assurer la levée)
- Récolte : 1/10



Quels potentiels de rendement des CIVE d'été ?



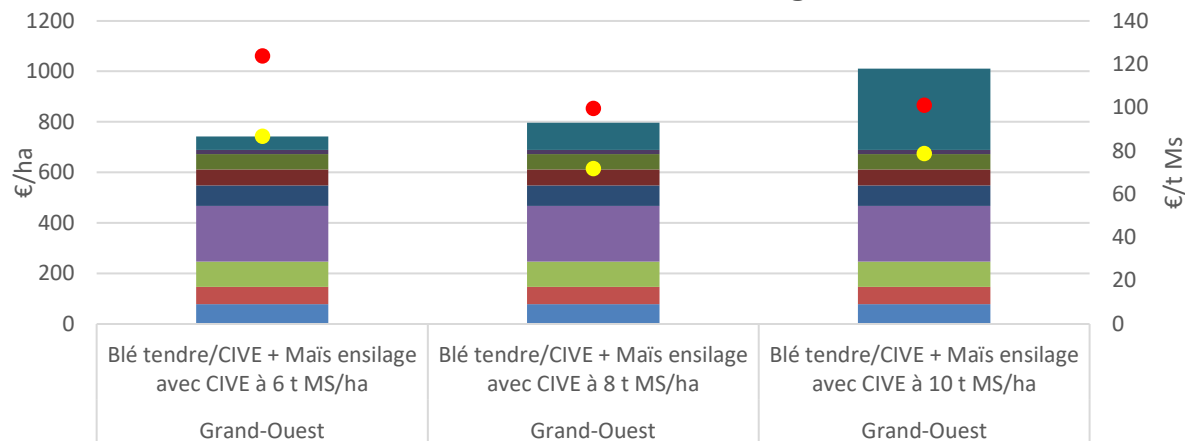
Variabilité dépendante :

- Date de semis
- Choix de l'espèce
- Irrigation
- Fertilisation

Ratio coût / opportunité face au risque d'échec et malgré les techniques de semis alternatives testées

COÛT DE PRODUCTION D'UNE CIVE DANS LA ROTATION

Coût de production complet (3C2) d'une CIVE d'hiver dans la rotation **Blé tendre/CIVE + Maïs ensilage**



- Charges d'intrants (€/ha)
- Charges de fertilisation (€/ha)
- Charges salariales (€/ha)
- Fermage (€/ha)
- Rémunération de la main d'œuvre familiale (€/ha)
- Pertes de la culture suivante dues aux CIVE (€/ha)
- Charges de mécanisation : préparation du sol (€/ha)
- Charges de mécanisation : récolte (€/ha)
- Cotisation MSA (€/ha)
- Charges diverses (€/ha)
- Rémunération de capitaux propres (€/ha)
- Coût de production complet sans charges fixes (€/t MS)
- Coût de production complet avec charges fixes (€/t MS)

Bien connaitre ce qui est comptabilisé !

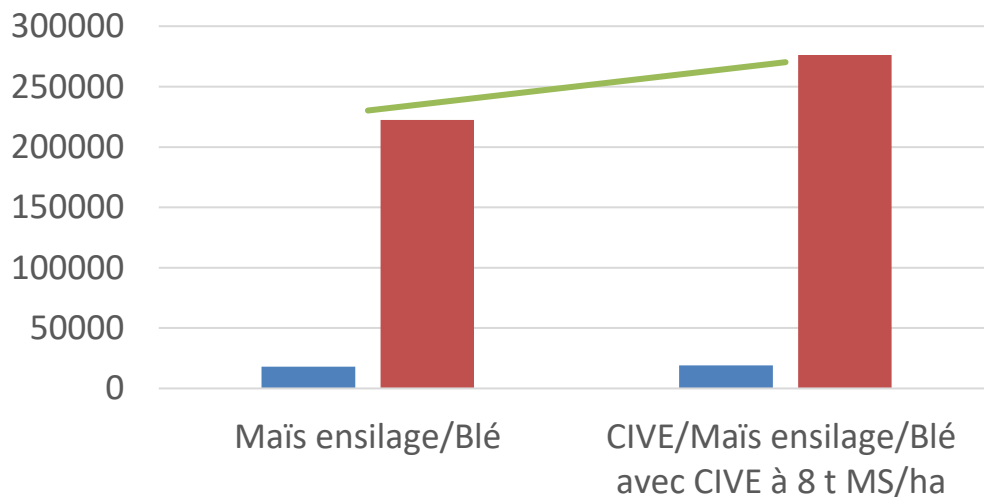
Coût de production complet pour une CIVE de 8 t MS = 100 €/t MS

37 €/MWh (PCI)

Les charges d'approvisionnement en substrats ne devraient pas dépasser 30% du prix de rachat de l'énergie (dire exploitants)

Impacts environnementaux de l'ajout d'une CIVE dans la rotation

Evolution de la consommation et de la production d'énergie après l'introduction de CIVE dans une rotation
Maïs ensilage/Blé

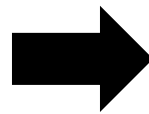


Consommation Energie Primaire Totale (MJ/ha)

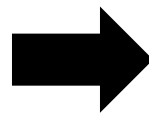
Production Energie Brute (MJ/ha)

Efficience énergétique

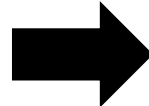
16,0
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0



14 627 KWh/ha



29 750 km pour une
voiture qui
consomme 5l/100 km



1.2 maisons chauffées

BILAN : DES SERVICES, DES RISQUES, DES OPPORTUNITÉS

- Services

- Agronomiques et environnementaux

- Couverture du sol, réduction des risques d'érosion, de lixiviation
 - Fertilité du sol (activité biologique, structure, carbone...)
 - Biodiversité : en cours d'évaluation sur la biodiversité fonctionnelle

- Economiques

- Revenu complémentaire, résilience

- Energétiques

- Production d'énergie renouvelable, limitation des émissions de GES

- Adaptation au changement climatique : raccourcissement des cycles ?

- Risques

- Travail :

- 3 cultures en 2 ans = technicité, réactivité
 - Variabilité climatique

- Economique :

- compétitivité des CIVE / autres ressources

- Ne pas oublier toute la gestion du site :

- Récolte, récupération des jus, couverture fosses, enfouissement des digestats ... pour ne pas diminuer ces services environnementaux

Recital

MERCI DE VOTRE ATTENTION

- s.marsac@arvalis.fr
- n.dagorn@arvalis.fr

ARVALIS
Institut du végétal

CAVAC
POSITIVE
AGRICULTURE!

euralis
NOURIR VOTRE CONFIANCE

AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRES D'AGRICULTURE

Aile
initiatives
énergie
environnement

ASSOCIATION
AGRICULTEURS
MÉTHANISERS
DE FRANCE

OXYANE
INSPIRER L'AVENIR

ENGIE

Avec le soutien de



Et la participation de

GRDF
SAU RÉSEAU
DISTRIBUTION GAZ

Présentation des résultats d'essais en Normandie



Elise VANDERMEERSCH
3ème Rencontres Régionales de la Méthanisation en
Normandie
le 01/12/2022



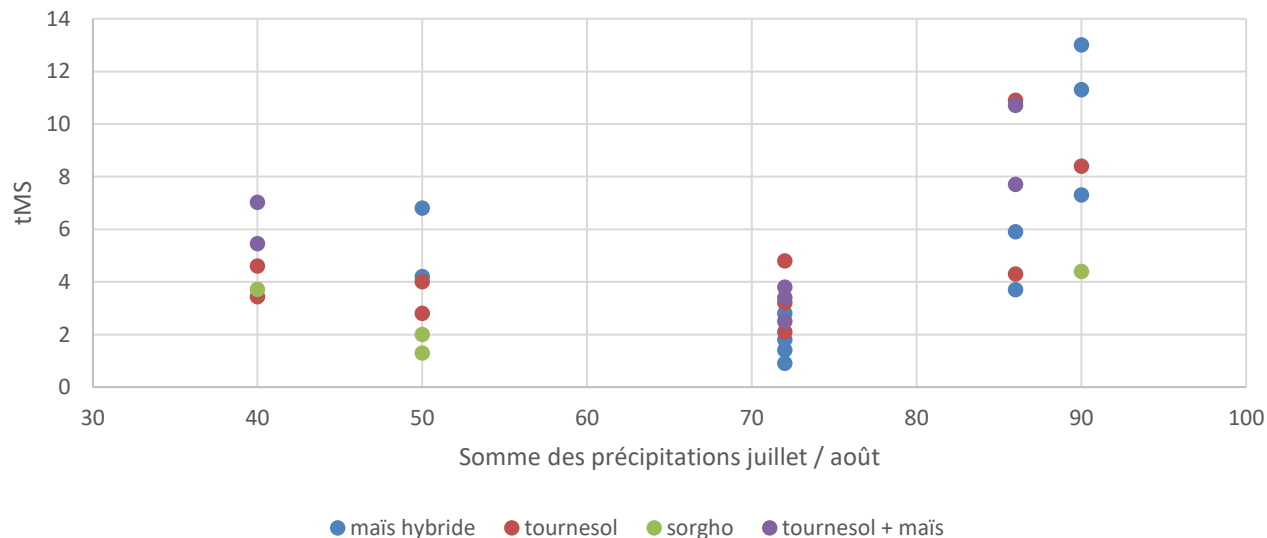
Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

CIVE D'été

Rendement en tonnage de MS en fonction de la pluviométrie en juillet et août



Réactivité
→ Être prêt

Mais
aussi...fonction
pluviométrie et
type de terre

CIVE D'été

Essai 2020
Montchevrel (Orne)

→ Strip till ?

Au GAEC Berard de Caverneaux



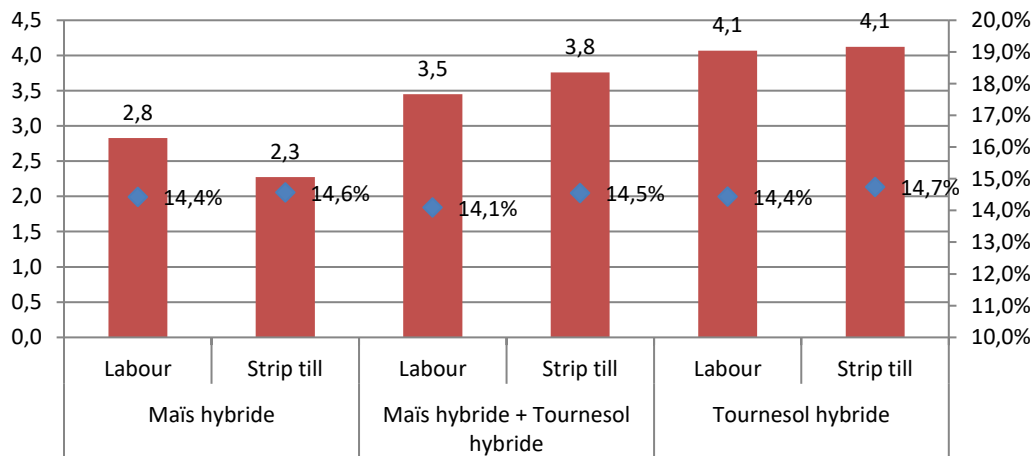
Espèce semée	gr/m ²
Maïs hybride variété friendly	80 000
Tournesol hybride p62II109 (linoléique)	70 000
Maïs hybride variété friendly + Tournesol hybride p62II109 (linoléique)	50 000 + 50 000

Récolte orge
d'hiver 10/07
pailles
exportées

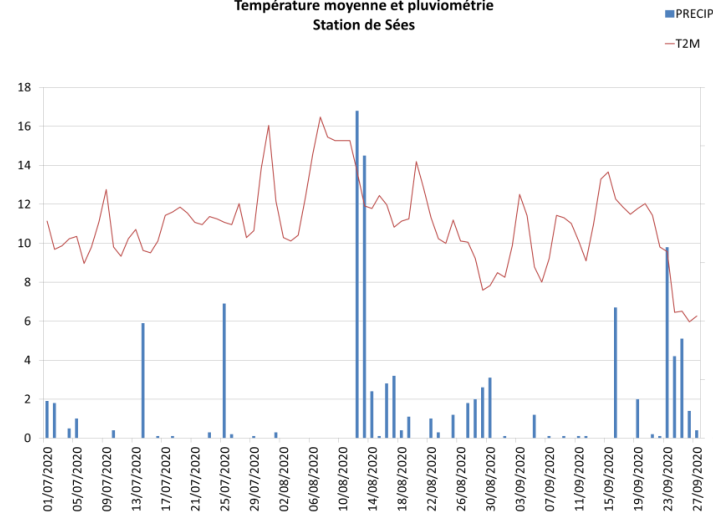
Labour + herse
rotative semis
17/07

40m³ de
digestat 14/08
(70uN efficace)

Rendement (tMS et % MS)
Récolte le 13/10/20



Température moyenne et pluviométrie
Station de Sées



72mm juillet/ août

CIVE d'hiver

Essai 2021-2022

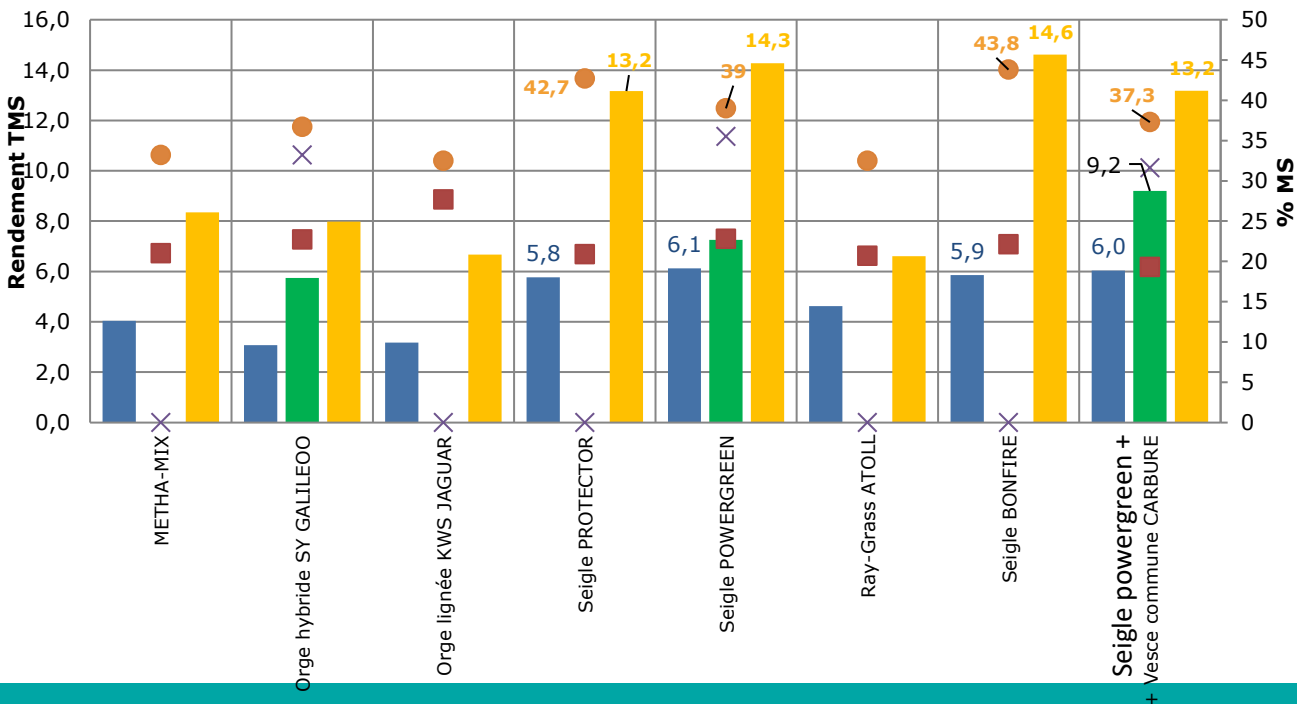
Essay

A l'EARL du point du jour

Semis : 14/10/2021

■ TMS - Récolte 29/04/2022 ■ TMS - Récolte 19/05/2022 ■ TMS - Récolte 31/05/2022
 ■ % MS - Récolte 29/04/2022 ✕ % MS - Récolte 19/05/2022 ● % MS - Récolte 31/05/2022

Rendements et %MS en fonction du couvert et de la date de récolte



Espèce	Variété	Dose (kg/ha)	PMG	Nb gr/ha
Ray-Grass	ATOLL	50		
Seigle	POWERGREEN	100	30	333
Seigle	PROTECTOR	100	30	333
Orge hybride	SY GALILEO	100	45	222
Orge lignée	KWS JAGUAR	100	44	227
Seigle + Vesce commune	POWERGREEN + CARBURE	70 + 50	30	233
METHA-MIX	Triticale : Elicsir ; Seigle fourrager : Elias ; Seigle forestier : CAULOS ; Vesce velue Villana	100		
Triticale 35% + seigle 60% + vesce velue 5%				
Seigle				
Seigle	BONFIRE	100		

CIVE d'hiver

tMS et % MS sur les essais 2018 à 2022

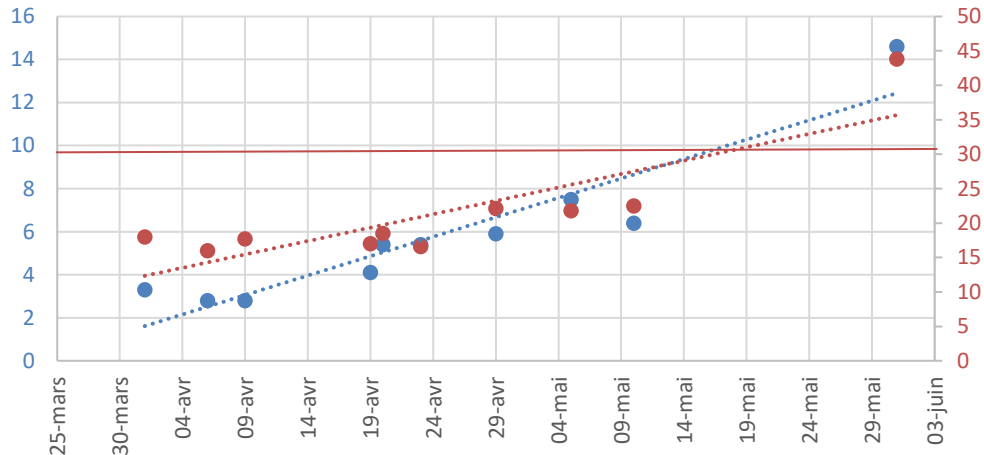
Orne

● TMS

● % MS



30% de MS entre 15 et 20 mai lorsque semis de seigle fin septembre-début octobre



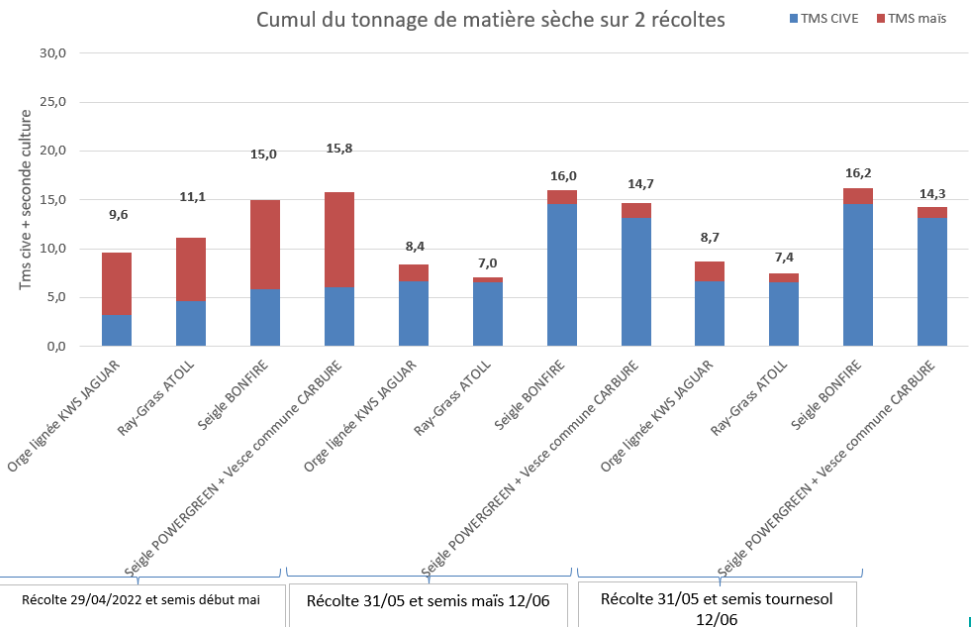
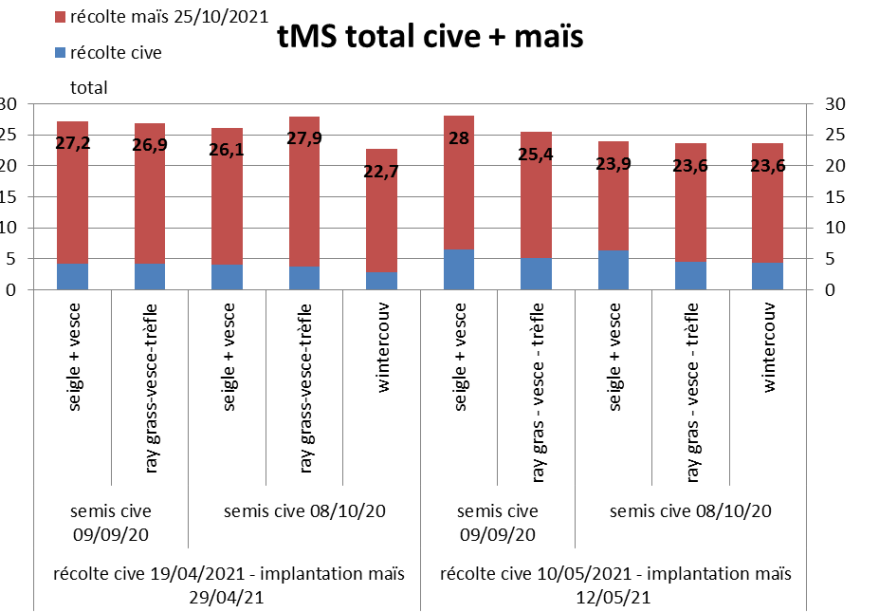
CIVE HIVER + SUIVANT

Interventions agriculteur		
Date		Quantité/ha
Semis CIVES		
09/09/20	1 ^{ère} date de semis	
08/10/20	2 ^{ème} date de semis	
Fertilisation azotée		
Septembre	Digestat 3,4 uN/m3	15 m3/ha
25/02/21	Digestat 3,4 uN/m3	40 m3/ha
	Total	55 m3/ha

Année idéale
bonne terre

VS

Année compliquée
Terre superficielle



Conclusion

CIVE d'été

- Être prêt et efficace après la récolte. Choisir les bonnes espèces.
- Malgré cela, des tonnages très variables selon les conditions météorologiques
- Les mélanges maïs + tournesol souvent dans le haut du classement.



CIVE d'hiver

- Choisir les bonnes variétés, être vigilant aux pucerons
- Les mélanges seigle + vesce : une bonne idée en petite terre avec peu d'effluent
- Pas de récolte de seigle après le 20 mai
- Privilégier l'implantation du maïs précocement apporte plus de stabilité en tonnage cumulé

