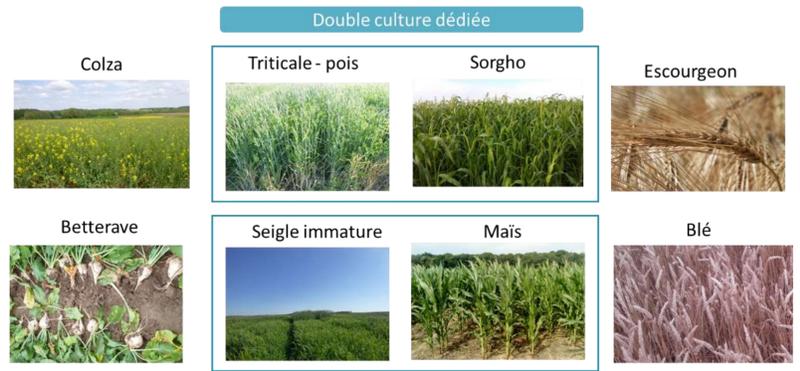


Exemple de doubles cultures testées avec leur positionnement dans la rotation



### Vous avez dit « Double culture dédiée à la biomasse »

Il s'agit de la production de deux cultures biomasses\* en un an, dédiées à une valorisation énergétique (ou à une valorisation fourragère si besoin). C'est la succession d'une culture d'hiver récoltée précocement au printemps (céréales immatures seules ou en mélange avec des légumineuses), suivie d'une deuxième culture à cycle court (maïs, sorgho...), implantée directement et récoltée en début d'automne afin de permettre une culture alimentaire l'année suivante.

\* réglementairement, il faudra déclarer une des 2 cultures en culture principale

### Enjeux de la production de la double culture dédiée

- Maximiser la production de biomasse et de méthane de chacune des deux cultures
- Limiter les impacts pour la culture alimentaire suivante et les impacts environnementaux liés à l'exportation importante de biomasse

Quantité de méthane produite

=

Rendement

X

Potentiel méthanogène

Comment maximiser la production de méthane ?

Comment maximiser la production de biomasse ?

& Le potentiel méthanogène ?

Les clés de réussite :

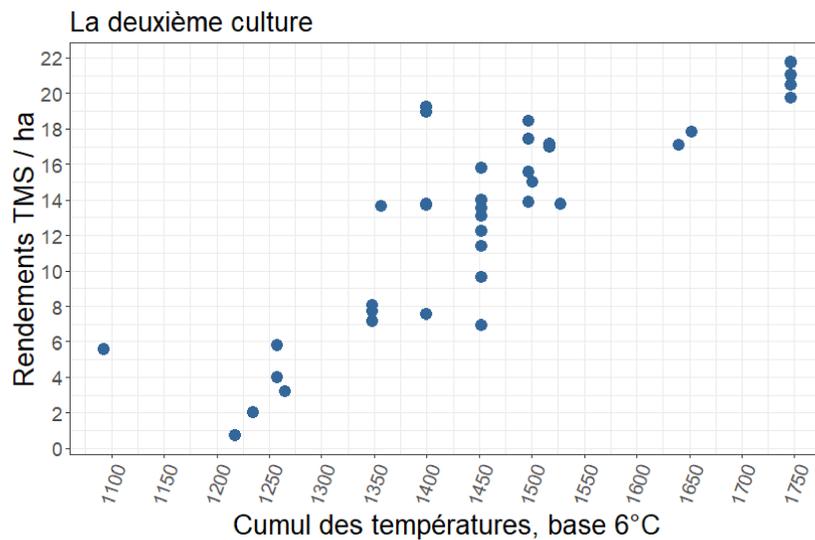
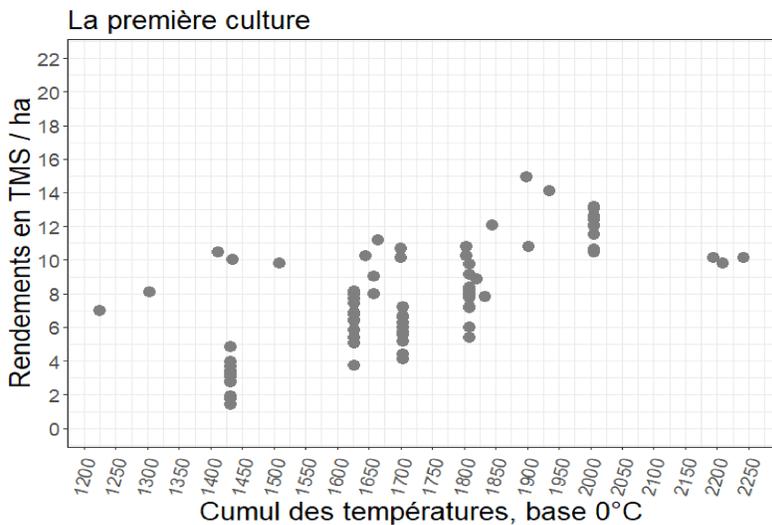
### Vous avez dit « Potentiel méthanogène »

Il s'agit de la quantité de méthane produite lors de la fermentation d'un kilogramme de biomasse. Cette quantité de méthane produite est estimée en laboratoire à partir d'un échantillon du végétal, placé dans un bioréacteur fermé, permettant de reconstituer les conditions anaérobiques de la méthanisation.

### Maximiser la biomasse des deux cultures

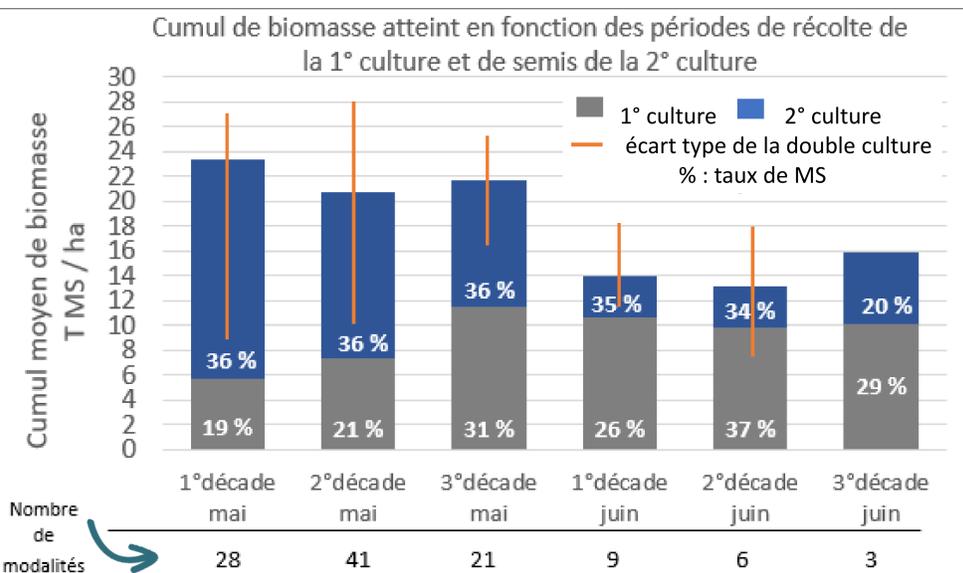
Rendements en fonction du cumul de températures du semis à la récolte :

La production de biomasse de la 1<sup>ère</sup> et de la 2<sup>ème</sup> culture augmente avec l'augmentation du cumul de températures du semis à la récolte. La même tendance est observée avec le cumul de rayonnements incidents.



Optimiser la durée du cycle cultural des 2 cultures pour maximiser leur biomasse. Allonger la durée du cycle cultural en jouant sur la date de semis et/ou de récolte des cultures permet de cumuler davantage de températures et de rayonnements et d'accroître leur potentiel de rendement.

Quelle est la date « idéale » de récolte permettant d'assurer un rendement suffisant pour la 1<sup>ère</sup> culture, tout en garantissant l'implantation, le rendement et le taux de MS de la 2<sup>ème</sup> culture ?



La période de semis « idéale » de la deuxième culture a été calculée selon :

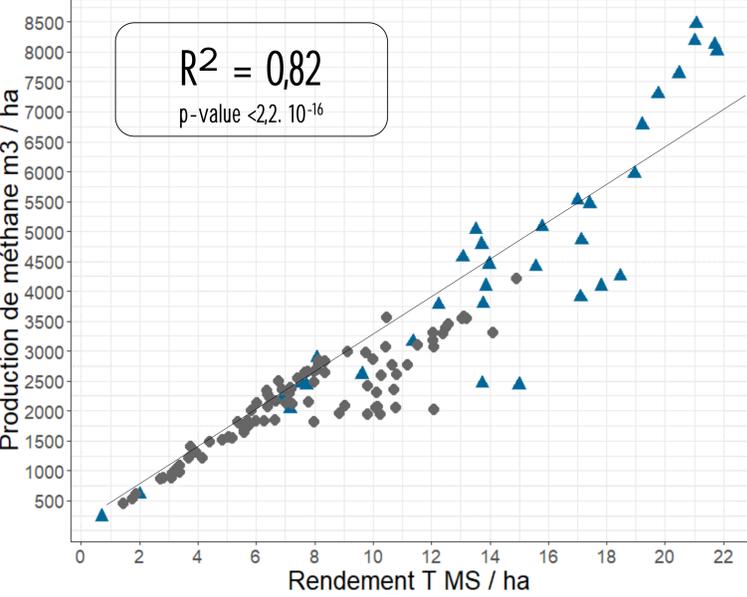
- un objectif de taux de MS à la récolte de 32 %, pour permettre une bonne conservation au silo. En sachant que pour atteindre ce taux de MS, il faut cumuler 1500° CJ entre le semis et la récolte
- le secteur géographique (car contexte climatique différent)
- une date de récolte butoir estimée entre mi-septembre et mi-octobre pour permettre l'implantation de la culture alimentaire d'hiver suivante.

|  | Landifay (02)         | Beauvais (60)         | Aizecourt (80)        |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Période de semis idéale de la 2<sup>ème</sup> culture</b> | Du 28 avril au 29 mai | Du 11 avril au 23 mai | Du 25 avril au 26 mai |

Récolter la 1<sup>ère</sup> culture et semer la 2<sup>ème</sup> courant mai est un bon compromis pour optimiser la production de biomasse de chacune des deux cultures de la double culture et s'assurer d'atteindre un taux de matière sèche suffisant pour les récoltes (fauchage de la 1<sup>ère</sup> culture, ensilage de la 2<sup>ème</sup> culture)

### Maximiser la production de méthane des deux cultures

Production de méthane en fonction du rendement



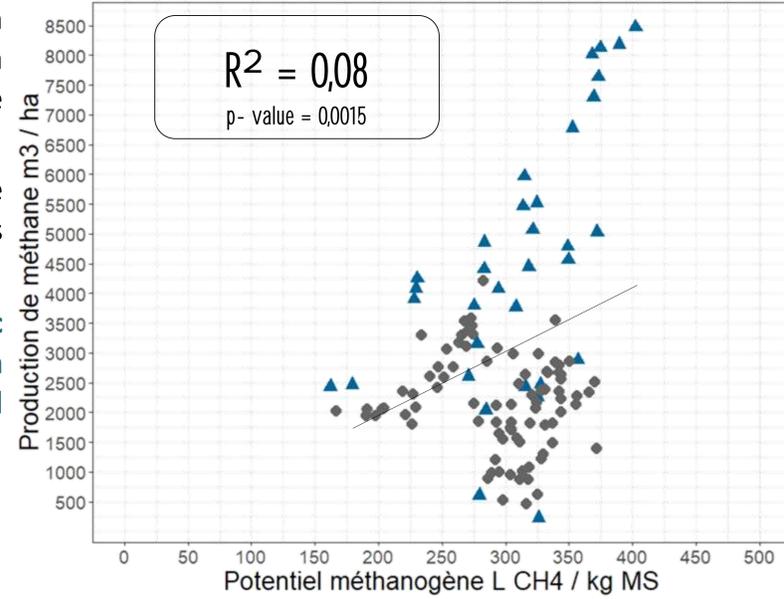
Le coefficient de détermination  $R^2$  entre le rendement et la production de méthane est proche de 1.

Celui entre le potentiel méthanogène et la production de méthane est très faible ( $< 0,1$ )

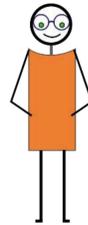
La production de méthane est donc davantage corrélée à la production de biomasse qu'au potentiel méthanogène.

Légende : ● 1<sup>o</sup> culture ▲ 2<sup>o</sup> culture

Production de méthane en fonction du potentiel méthanogène

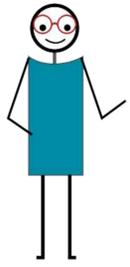


Pour maximiser la production de méthane, cherchez à optimiser le rendement dans les choix culturaux (choix de l'espèce et de la variété, ITK, stade de récolte..) et non le potentiel méthanogène.



De plus, le potentiel méthanogène présente une variabilité qui est difficile à expliquer notamment car il dépend de la composition biochimique des plantes, dans laquelle de nombreux facteurs entrent en jeu. Il est donc difficile à maîtriser, en dehors du choix de l'espèce et de la variété.

Quelle est la date « idéale » de récolte / semis pour optimiser la production de méthane de la double culture ?



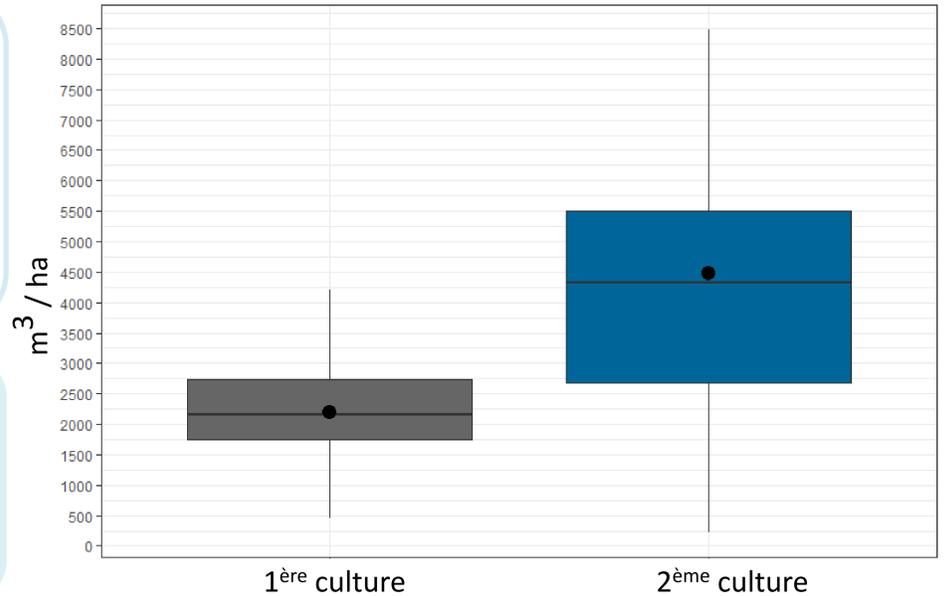
La deuxième culture (maïs/sorgho) permet une production de méthane à l'hectare plus importante que la première culture (respectivement 4500 m<sup>3</sup>/ha et 2200 m<sup>3</sup>/ha en moyenne) du fait de sa production de biomasse et de son potentiel méthanogène supérieurs.

Pour une valorisation énergétique, il est donc préférable de favoriser la réussite de la deuxième culture, de part sa date d'implantation, afin d'optimiser sa production de biomasse.



Pour optimiser la production de méthane à l'hectare de la double culture, la période de récolte/semis idéale est la 1<sup>ère</sup> décennie du mois de mai, notamment pour optimiser le rendement et la production de méthane de la 2<sup>ème</sup> culture (cumul moyen de méthane des deux cultures à cette date de 7556 m<sup>3</sup>/ha avec un rendement total de 24 T MS / ha).

Production de méthane atteinte par culture à la récolte



### Implantation du sorgho

« RETOUR D'EXPERIENCE DE NICOLAS JULLIER (CA AISNE) ET DE MATTHIEU PREUDHOMME (CA SOMME) »

L'implantation du sorgho demande un lit de semence très fin et un sol bien réchauffé. Les besoins en eau du sorgho sont les plus importants lors de la levée. Une fois l'implantation réussie, le sorgho est plus vigoureux que le maïs même en conditions stressantes. Dans les sols qui le permettent, privilégier le labour pour éviter les problèmes de repousse du précédent. Dans les sols plus argileux, privilégier le strip-till ou le semis direct. Apporter l'azote dès le semis pour qu'il soit valorisé dès les premières pluies.

### Travail ou non travail du sol pour le maïs ?

« RETOURS D'EXPERIENCES DE JULIEN GUIDET ET OLIVIER REY (BEAUVAIS UNILASALLE) »

L'implantation en travail du sol de type labour puis semis au monograinne sécurise davantage la réussite de la culture qu'en non travail du sol avec passage de strip-till puis semis au monograinne (**Rendement moyen obtenu avec labour de 18 T MS/ha contre 15,5 T MS/ha avec strip-till**).

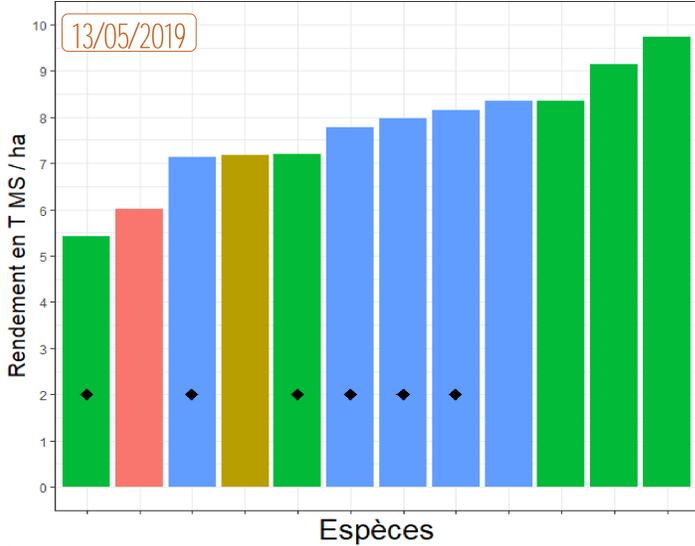
En effet, en non travail du sol, la levée est retardée de quelques jours et une hétérogénéité des stades est observée. De plus, la présence notable de résidus de culture accentue la perte de pied (parfois deux passages de strip-till sont à envisager pour gérer les résidus et le chevelu racinaire très dense) et les repousses du précédent plus importantes entrent en compétition avec la culture. Cependant, en non travail, la fertilité biologique semble améliorée. **Les points de vigilance en non travail sont : la levée et le peuplement, la gestion des repousses et des résidus, et l'hétérogénéité ...**



### La 1<sup>ère</sup> culture

#### Pour optimiser la production de biomasse

Rendement par espèce



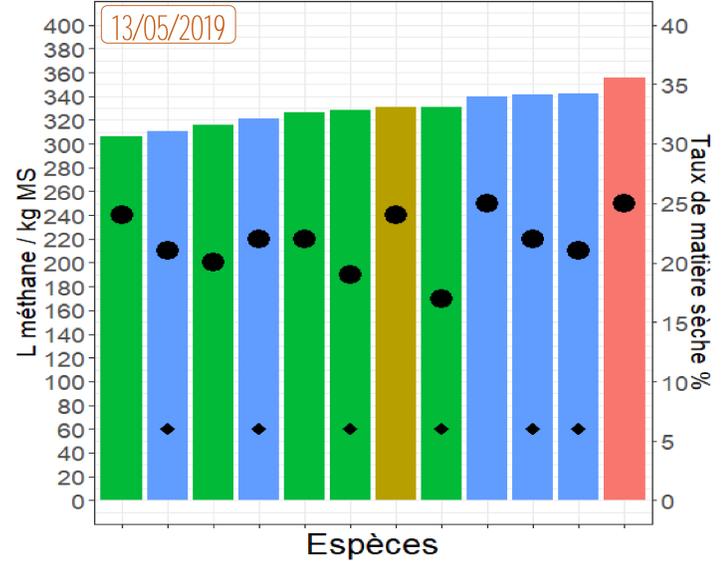
Légende : Blé (rouge), Escourgeon (jaune), Seigle (vert), Triticale (bleu), Mélange avec légumineuse (noir)

Le seigle et le triticale présentent les biomasses les plus élevées mi-mai. Le blé, l'escourgeon et les légumineuses sont plus tardifs et ont des besoins en températures et rayonnements plus importants pour produire de la biomasse.

Peu de différences de potentiel méthanogène entre les espèces pour une même date de récolte : entre 305 à 355 LCH<sub>4</sub>/kg MS. De plus, la production de méthane à l'hectare étant corrélée à la production de biomasse, on va privilégier les espèces au potentiel de production supérieure à cette période (mi mai).

#### Pour optimiser le potentiel méthanogène

Potentiel méthanogène par espèce



### RETOUR D'EXPERIENCE DE NICOLAS JULLIER (CA DE L' AISNE)

#### Le seigle

- Comparées à un seigle hybride, les variétés de seigle lignée et forestier peuvent produire davantage de biomasse grâce à leur hauteur de végétation plus importante (jusque 2m20/2m50 contre 1m60).
- Cependant, ces variétés sont beaucoup plus sensibles à la verse, pouvant entraîner des pertes de biomasse jusque 2 T MS/ha.
- Un seigle hybride sera plus régulier en production de biomasse mais a l'inconvénient d'avoir un coût de semence plus important.
- Un seigle lignée est un peu plus précoce qu'un seigle hybride (de 4 à 5 jours) et encore plus qu'un seigle forestier mais se montrera légèrement plus sensible aux maladies.

#### Le triticale

- Pour le triticale, le choix de la variété se fera davantage sur sa tolérance face aux maladies (notamment la jaunisse et/ou la rouille jaune).
- De même que pour l'escourgeon, le choix de la variété se fera pour sa résistance aux maladies en premier lieu puis pour sa production de biomasse.

#### Comparaison triticale / seigle

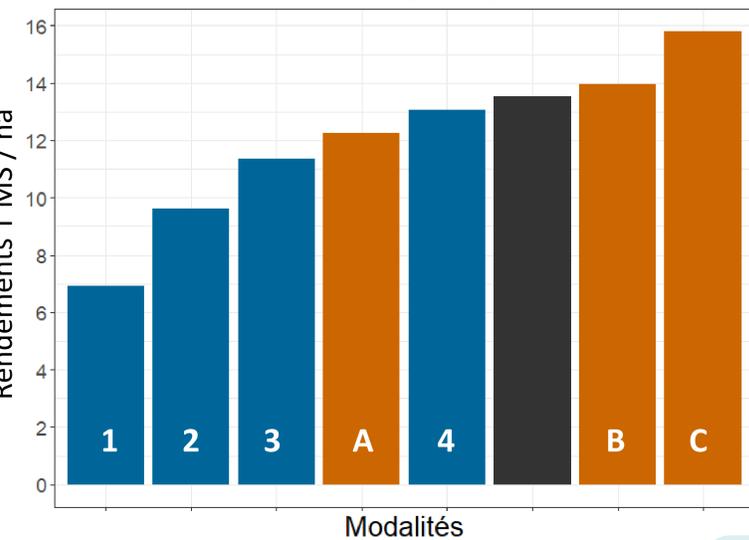
- Le triticale est moins sujet à la verse que le seigle.
- Le triticale est plus sensible que le seigle au gel, qui avec des gelées tardives (après stade épi 1cm) peut entraîner des pertes de biomasse.

Pour une récolte mi-mai de la 1<sup>ère</sup> culture, privilégiez le seigle ou le triticale en pur qui présentent de meilleurs potentiels de rendement : 8 à 10 T MS/ha (espèces plus précoces) et qui présentent des caractéristiques agronomiques intéressantes : rusticité (vis-à-vis des maladies et ravageurs), couverture rapide du sol, système racinaire développé...

### La 2<sup>ème</sup> culture

#### Pour optimiser la production de biomasse

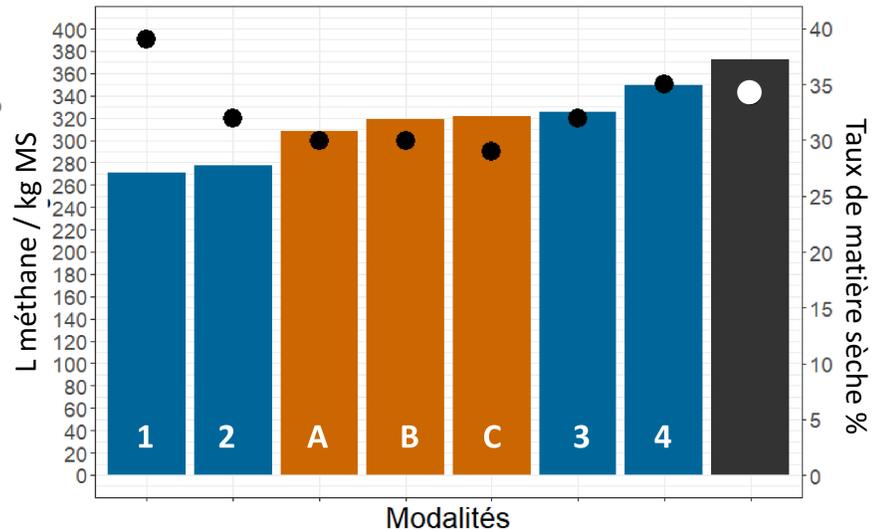
Rendements par espèce



Légende : Maïs (bleu), Sorgho (orange), Mélange maïs + sorgho (gris)  
Variétés de maïs et de sorgho testées :  
1 : RGT Oxxgood  
2 : RGT Duxbury  
3 : KWS Holdus GRAIN  
4 : KWS Kalideas  
A : KWS Sammos  
B : RGT Swingg  
C : RGT Amiggo  
Mélange : Kalideas + Amiggo

#### Pour optimiser le potentiel méthanogène

Potentiel méthanogène par espèce



Les résultats de cet essai, semé le 23 mai, montrent en moyenne une supériorité du sorgho (+ 4 T MS/ha). D'autres résultats du projet confirment cette légère supériorité du sorgho face au maïs, avec respectivement des rendements moyens de 14 et 12 T MS/ha (toutes situations pédoclimatiques confondues).

Le mélange d'espèces présentent ici des résultats intermédiaires, mais une seule modalité est testée.

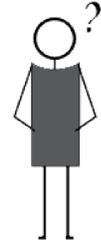
Pour les deux espèces, les variétés les moins précoces ont des rendements plus élevés.

Pour un semis mi-mai, le sorgho tend à produire une biomasse plus élevée comparé au maïs, notamment grâce à sa plus grande tolérance au stress hydrique (fréquent en 2<sup>ème</sup> culture).

Importance de la précocité dans le choix variétal : compromis à trouver entre le potentiel de production - supérieure avec des variétés plus tardives - et la maturité (taux MS à atteindre à la récolte pour la conservation) à adapter en fonction de la date de semis et du secteur géographique.

La différence de potentiel est faible entre les 2 espèces : 310 pour le maïs et 300 L CH<sub>4</sub>/kg MS pour le sorgho.

Les essais ne montrent aucune différence entre les variétés de sorgho. Entre les variétés de maïs, la différence de potentiel est de 80 L CH<sub>4</sub> / kg MS. Il est à noter que la variété maïs avec le potentiel le plus élevé est spécifique pour la méthanisation (variété 4). Les stades de récolte (et donc les taux de matière sèche) ne semblent pas expliquer les valeurs de potentiel. D'autres facteurs (multiples) entrent en jeu et impactent le potentiel.



Quels impacts sur ... ?

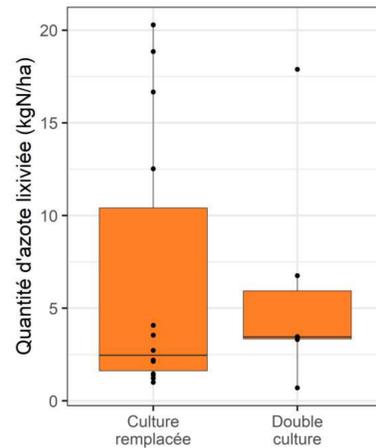
### ⊕ L'exportation de phosphore P et de potassium K

L'exportation de PK de la double culture est plus importante que celle des cultures principales, telles que le blé, l'orge, le colza et même la betterave qui pourtant exporte déjà des quantités importantes.

La forte exportation de P et K avec la double culture est à intégrer dans le plan fumure. Un apport de phosphore et de potassium est à envisager après la double culture afin de compenser l'exportation.

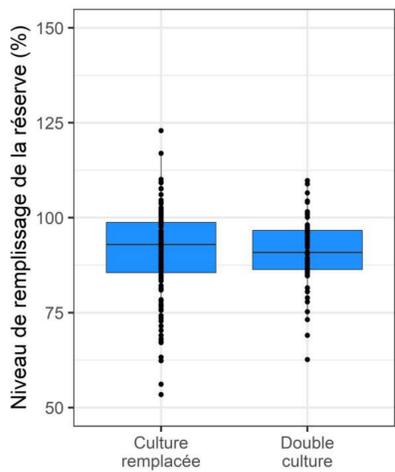
| Exportation en kg / ha   | Blé, colza, orge | Betterave | Double culture |
|--------------------------|------------------|-----------|----------------|
| Exportation de phosphore | 40 à 45          | 55 à 70   | 65 à 135       |
| Exportation de potassium | 30 à 50          | 160 à 240 | 255 à 420      |

### ⊕ La perte d'azote par lessivage



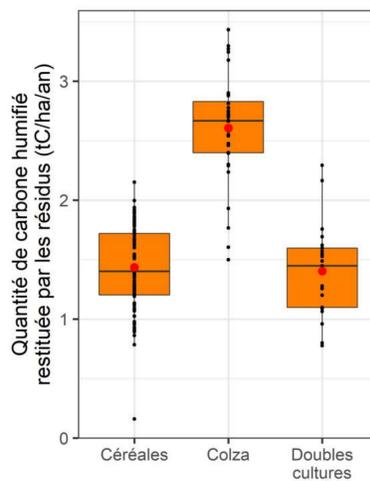
En comparaison des cultures qu'elles substituent dans la rotation (céréales et colza dans le cadre de nos essais), les doubles cultures ne présentent pas plus de pertes d'azote minéral par lessivage. En effet, l'azote sera bien valorisé par les deux cultures, s'il est apporté au bon moment et dans les bonnes conditions.

### ⊕ Le niveau de remplissage de la réserve hydrique en entrée hiver



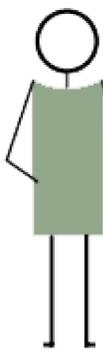
Les niveaux de remplissage de la réserve en eau en entrée hiver derrière les doubles cultures ne sont pas alarmants en comparaison des cultures qu'elles remplacent. Cependant, leurs consommations en eau peuvent être importantes. Combinées à une succession d'hivers et de printemps secs, elles peuvent mener à un seuil critique.

### ⊕ Le retour en carbone humifié



En comparaison des cultures qu'elles substituent dans la rotation (céréales, colza dans le cadre de nos essais), les doubles cultures, de par leurs résidus racinaires importants peuvent apporter autant de carbone humifié que les céréales. Le colza permet une restitution plus importante et ainsi, dans une rotation où le colza est conservé, l'introduction d'une double culture contribue à augmenter le stock de carbone du sol, et d'autant plus si la biomasse produite est importante.

### ⊕ La culture suivante : exemple du blé



Les rendements blés après la double culture sont ici comparés aux rendements blés dits « témoins » dans les essais du projet, soit après un colza ou après une betterave.



## Pertes de 13 à 26 qx / ha

Les rendements blé après la double culture sont souvent plus faibles que les rendements blé après colza et voire même dans certains cas après betterave (qui est pourtant connue comme étant un mauvais précédent blé). Cette perte de rendement est à nuancer en fonction des secteurs géographiques et du contexte pédoclimatique.

### Les hypothèses quant à ces résultats derrière la double culture :



- ✓ Un tassement du sol a pu être observé après certaines récoltes de la double culture (passage de l'ensileuse sur sol humide à l'automne)
- ✓ Une date de semis du blé qui est parfois plus tardive suite à la récolte de la deuxième culture à l'automne et avec une préparation de sol plus importante (travail du sol nécessaire comme un labour, si problème de tassement ...)
- ✓ Une exportation importante de phosphore et de potassium peut entraîner un appauvrissement du sol, et donc une moindre fertilité
- ✓ L'enchaînement des 3 graminées dans la rotation (céréales immatures, maïs/sorgho, blé) est également à noter



Pour aller plus loin, rendez-vous sur : <http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/>

