Produire de la biomasse en Hauts-de-France avec les CIVE longues d'hiver

Clés de réussite et impacts

Webinaire - le 29/05/20

Démarche construite dans le cadre du projet *Réseau de sites démonstrateurs IAR* coordonné par Agro-Transfert Ressources et Territoires avec comme partenaires :

Projet soutenu financièrement de 2015 à 2020 par le FEDER, le FNADT au titre de l'initiative « Territoires catalyseurs d'innovation » et la Région Hauts-de-France

Programme

- Quelques éléments de contexte et de définition
  Charlotte Journel, Agro-Transfert Ressources et Territoires

- Visite virtuelle d'une vitrine de CIVE d'hiver à base de céréales immatures seules ou avec légumineuses
  Matthieu Preudhomme, Chambre d'Agriculture de la Somme

- Les clés de réussite pour la production de CIVE d'hiver
  Arthur Quennesson, Agro-Transfert Ressources et Territoires

Temps d'échanges

- Retour au sol en carbone et azote avec les CIVE d'hiver
  Justine Lamerre, Agro-Transfert Ressources et Territoires

Temps d'échanges

Quelques éléments de contexte et de définition

–

Charlotte Journel
Agro-Transfert Ressources et Territoires

Des résultats issus d'un projet régional

Les résultats sont issus du projet « Réseau de sites démonstrateurs IAR », conduit par Agro-transfert Ressources et Territoires de 2015 à 2020, avec comme partenaires :

Projet soutenu financièrement par le FEDER, le FNADT au titre de l'initiative « Territoires catalyseurs d'innovation » et la Région Hauts-de-France

Des résultats issus d'expérimentations

Un des objectifs du projet est d'apporter des solutions aux agriculteurs des Hauts-de-France pour produire durablement des ressources à des fins alimentaires et non alimentaires tout en préservant les performances des agrosystèmes

Le support d'étude : quatre plateformes d'expérimentation agronomique

Focalisées essentiellement à une échelle « système de culture »

→ Conception de systèmes de culture avec gradients de production de biomasse

→ Evaluation de la faisabilité et des performances

3 plateformes d'essais systèmes de culture

→ Pour répondre à des verrous techniques et alimenter les essais *systèmes de culture*

1 plateforme d'essais annuels

Le projet en détail

http://www.agro-transfert-rt.org/projets/reseau-de-sites-demonstrateurs-iar/

Les leviers de production de biomasse testés

Leviers qui impliquent des modifications de la rotation

- Introduction de cultures dédiées à la biomasse, c'est-à-dire d'une culture implantée pour une valorisation non alimentaire spécifique de la biomasse : fibres (chanvre), huiles (caméline), biomasse verte…

Leviers utilisables sans modifications (majeures) de la rotation

- Exportation des pailles
- Production de biomasse en interculture : les CIVE

Les CIVE

Vous avez dit « CIVE » ?

La CIVE est une Culture Intermédiaire à Vocation Energétique, c'est-à-dire une culture dérobée, implantée entre deux cultures alimentaires principales (animales ou humaines), récoltée en vue d'une valorisation en énergie (notamment en méthanisation), mais qui peut également servir en alimentation animale.

Profiter de la période disponible entre deux cultures principales pour :

- produire un maximum de biomasse,
- sans (trop) impacter les cultures alimentaires précédentes et suivantes (afin de maintenir la vocation première de production alimentaire des systèmes),
- et en limitant les impacts sur l'environnement et le coût de production (itinéraire simplifié, intrants limités)

On distinguera 3 types de CIVE :

- La CIVE d'été ou CIVE courte
- La CIVE d'hiver ou CIVE longue
- La CIVE longue à 2 récoltes

Les CIVE d'été ou CIVE courtes

La CIVE d'été ou CIVE courte est semée en été et récoltée à l'automne (soit environ 90-120 jours de cycle).

Positionnement des CIVE d'été ou CIVE courtes

La CIVE d'été ou CIVE courte est semée en été et récoltée à l'automne (soit environ 90-120 jours de cycle).

Les espèces utilisées sont principalement des espèces à cycle court (ex : sorgho, phacélie, avoine, radis…). Leur cycle court limite leur impact sur la culture suivante

Exemple de positionnement dans la rotation testé dans le projet

Les CIVE d'hiver ou CIVE longues

La CIVE d'été ou CIVE courte est semée en été et récoltée à l'automne (soit environ 90-120 jours de cycle).

La CIVE d'hiver ou CIVE longue est semée en automne et récoltée au printemps (soit environ 200-220 jours de cycle). Les espèces utilisées sont principalement des céréales immatures seules ou mélangées avec des légumineuses.

Vous avez dit *« céréale immature » ?*

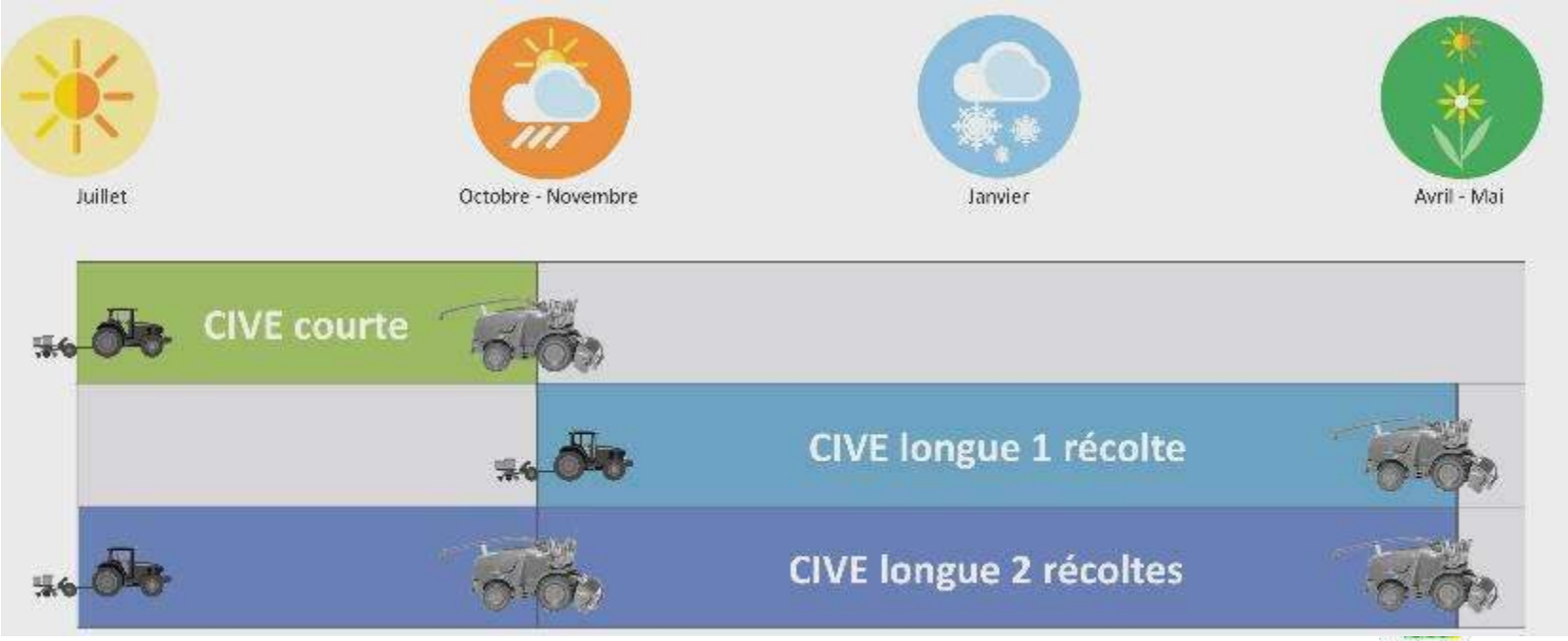
La céréale immature est une culture de céréale (blé, triticale, seigle) semée, en pure ou en mélange, en automne et récoltée au printemps, en vert, avant la maturité afin d'en extraire un maximum de biomasse verte

Les CIVE longues à 2 récoltes

La CIVE d'été ou CIVE courte : elle est semée en été et récoltée à l'automne (soit environ 90-120 jours de cycle).

La CIVE d'hiver ou CIVE longue : elle est semée en automne et récoltée au printemps (soit environ 200-220 jours de cycle).

La CIVE longue à 2 récoltes : certaines CIVE peuvent, selon leur composition en espèces, permettre de combiner les deux modes de récolte : un semis en été avec une première récolte à l'automne, puis après repousse, une 2ème récolte au printemps (ex : ray-grass + trèfle)

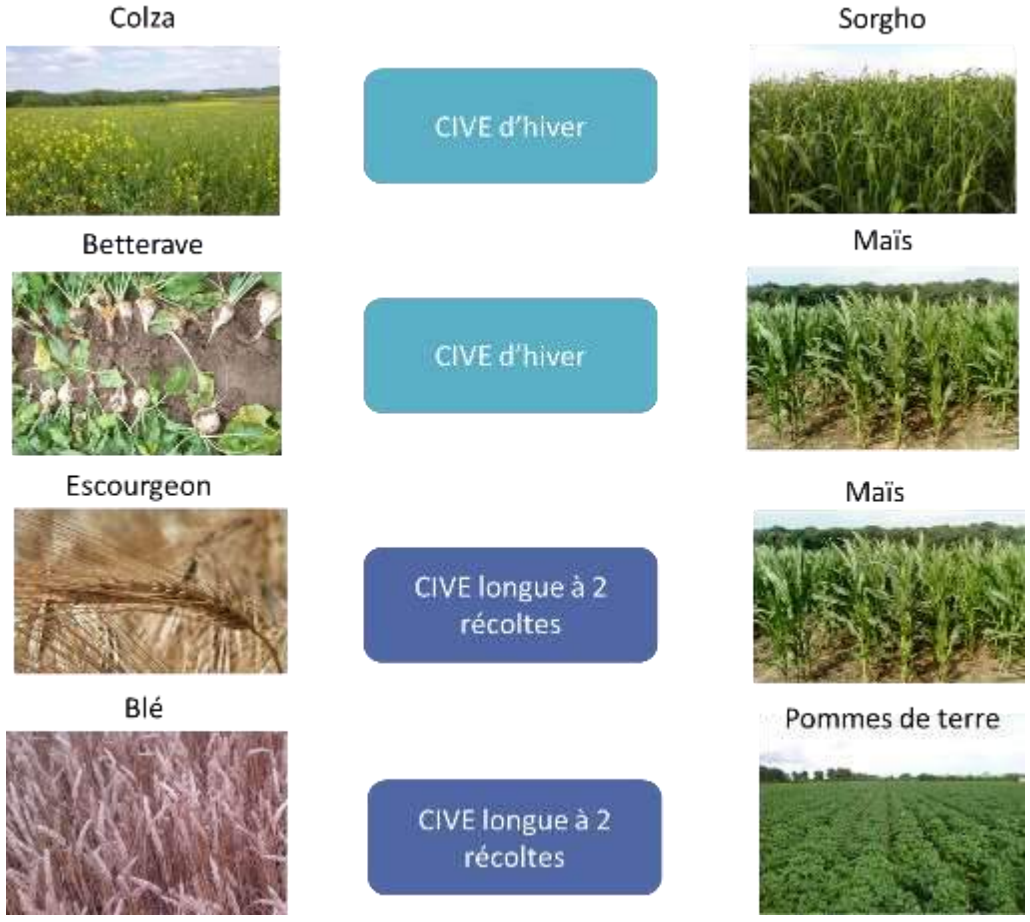


Positionnement des CIVE longues

La CIVE d'hiver ou CIVE longue est semée en automne et récoltée au printemps (soit environ 200-220 jours de cycle).

La CIVE longue à 2 récoltes combine deux modes de récolte : un semis en été, une première récolte à l'automne, puis après repousse, une 2ème récolte au printemps

Exemple de positionnement dans la rotation testé dans le projet



Positionnement des CIVE longues

La CIVE d'hiver ou CIVE longue est semée en automne et récoltée au printemps (soit environ 200-220 jours de cycle).

La CIVE longue à 2 récoltes combine deux modes de récolte : un semis en été, une première récolte à l'automne, puis après repousse, une 2ème récolte au printemps

Colza

Betterave

Escourgeon

Blé

CIVE d'hiver

CIVE d'hiver

CIVE longue à 2 récoltes

CIVE longue à 2 récoltes

Sorgho

Maïs

Maïs

Pommes de terre

La DOUBLE CULTURE dédiée à la biomasse

Positionnement des CIVE longues

La CIVE d'hiver ou CIVE longue est semée en automne et récoltée au printemps (soit environ 200-220 jours de cycle).

La CIVE longue à 2 récoltes combine deux modes de récolte : un semis en été, une première récolte à l'automne, puis après repousse, une 2ème récolte au printemps

Colza

Betterave

Escourgeon

Blé

CIVE d'hiver

CIVE d'hiver

CIVE longue à 2 récoltes

CIVE longue à 2 récoltes

Sorgho

Maïs

Maïs

Pommes de terre

La DOUBLE CULTURE dédiée à la biomasse

Un gros focus a été réalisé dans le projet sur cette succession de 2 cultures, sur 2 questions :

- Le choix des espèces en 1ère culture (CIVE longue)
- La date de récolte de la CIVE longue pour concilier maximum de biomasse de la 1ère culture et implantation de la 2e

Résultats présentés dans le webinaire

Visite virtuelle d'une vitrine de CIVE d'hiver

Céréales immatures seules
ou en mélange avec des légumineuses

Ferme 3.0 à Aizecourt-le-Haut

–

Matthieu Preudhomme
Chambre d'agriculture de la Somme

Les clés de réussite de pour la production de CIVE d'hiver

–

Arthur Quennesson
Agro-Transfert Ressources et Territoires

Sommaire

- Produire un maximum de biomasse
  - Quels sont les rendements que l'on peut obtenir en Hauts-de-France ?
  - Comment peut-on les maximiser ? Retour sur le choix des espèces et la date de récolte
- Produire un maximum de méthane pour la valorisation énergétique
  - Quelles quantités de méthane peuvent être obtenues ?
  - Comment peut-on les maximiser ?

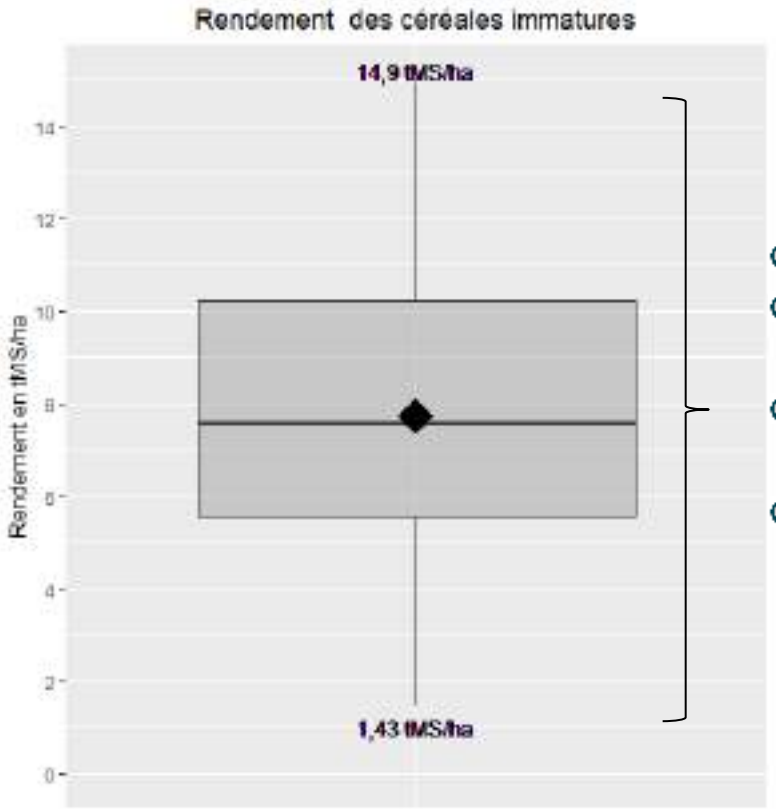
Résultats issus des 4 plateformes en Hauts-de-France

Productivité des CIVE d'hiver en Hauts-de-France

48 parcelles
22 en essais pluriannuels
26 en essais annuels

5 localisations différentes
Oise : Catenoy et Beauvais
Somme : Aizecourt le Haut
Aisne : Le Hérie la Viéville et Monceau-sur-Oise

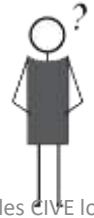
4 années de récolte
2016 à 2019



forte variabilité !

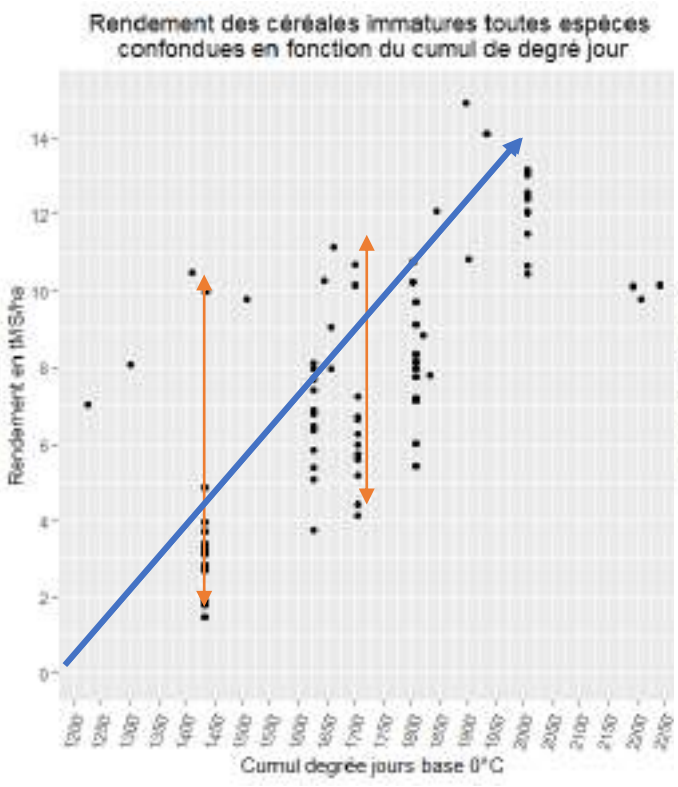
- Rendement moyen 8 tMS/ha
- Taux de matière sèche moyen de 23%
- 50% des valeurs comprises entre 5 et 10 tMS/ha
- Rendement en matière brute : 50% des valeurs comprises entre 27 et 38 tMB/ha

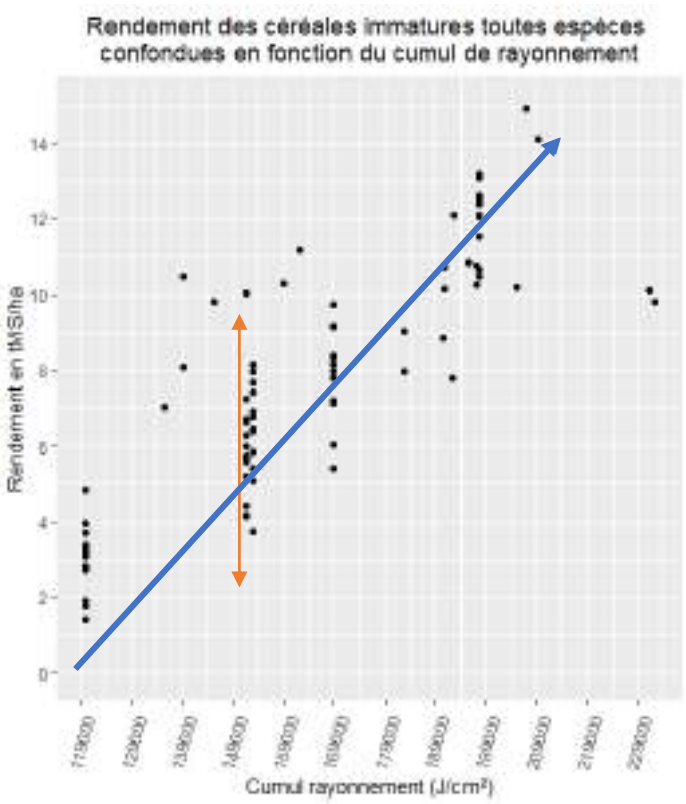
Comment expliquer cette variabilité ? Comment optimiser la production de biomasse ?



Maximiser la production de biomasse

- Croissance et développement directement influencés par l'accumulation de températures et de rayonnements
  - La température influence la croissance des végétaux
  - Le rayonnement influence le gain en poids sec

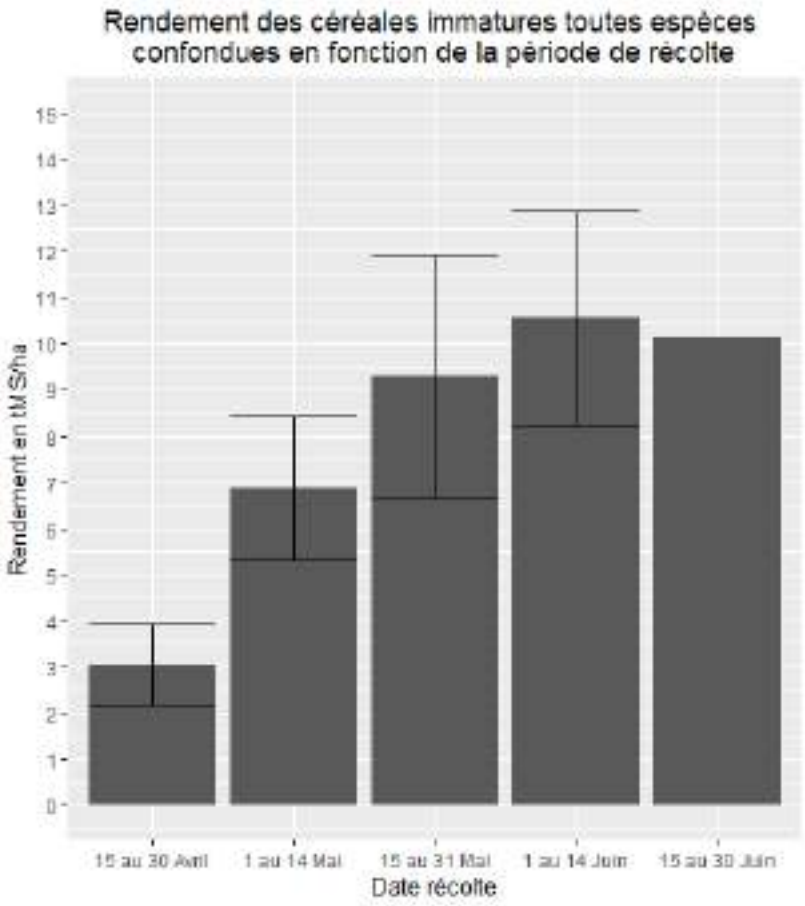




Augmentation du rendement avec l'accumulation de températures et de rayonnements
→ Il faut jouer sur la durée du cycle culturale :
- Soit par la date de semis
- Soit par **la date de récolte**

Forte variabilité pour un cumul donné :
→ Il y a d'autres facteurs qui influencent fortement le rendement

La date de récolte : un levier clé



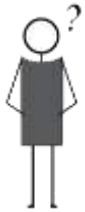
Rendements moyens

- Fin avril : 3 tMS/ha
- Début mai : 7 tMS/ha
- Fin Mai : 9 tMS/ha
- Début Juin : 10,5 tMS/ha

Adapter la date de récolte au besoin de la culture suivante et des objectifs :

- Pour des implantations précoces, tel que les PDT, récolte précoce fin avril
  → Rendement de 2 à 4 tMS/ha
- Pour des implantations tardives (tel que maïs, sorgho), récolte en mai
  → Rendement entre 5 et 12 tMS/ha

Dans le cadre d'une double culture dédiée à la biomasse, je souhaite implanter une 2ème culture biomasse après ma CIVE d'hiver.
A quelle date récolter ma CIVE ?



Choisir sa date de récolte : cas de la double culture biomasse

- Plateforme d'essai à Catenoy (60)

- Parcelle d'essai à Monceau sur Oise (02)

14 modalités :

Blé

Escourgeon

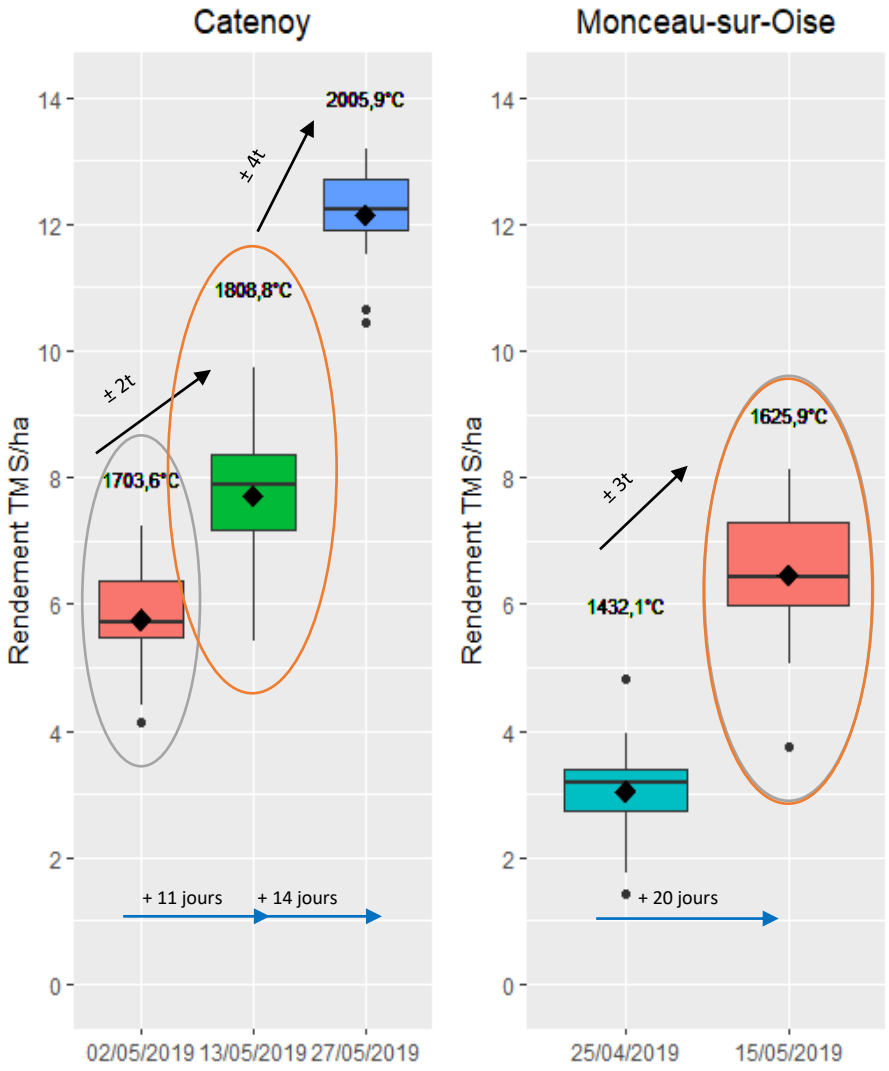
Triticale

3 x Seigle

6 x (Triticale + légumineuse)

2 x (Seigle + légumineuse)

Un gain moyen de 3 tMS/ha en 15 jours au mois de Mai

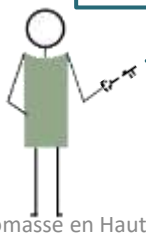


✓ ± même rendements
✓ ± même Σ de températures et de rayonnements
Mais à des dates de récolte différentes (15j d'écart ici) !

Pour une date de récolte équivalente, des valeurs de rendements bien différentes car conditions climatiques différentes !

Une récolte mi mai est un bon compromis entre la production de la CIVE et l'implantation de la culture biomasse suivante.

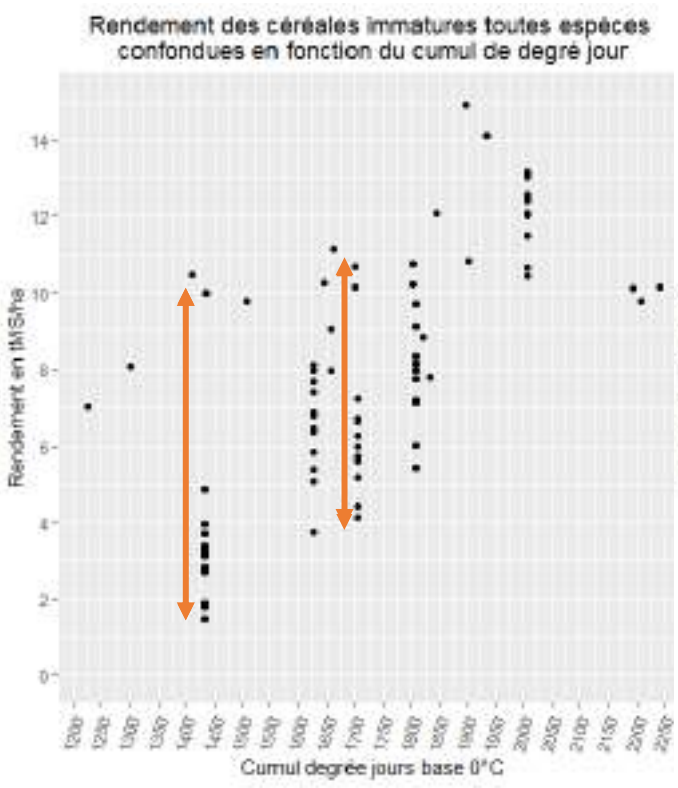
Adapter sa date de récolte aux conditions climatiques (précocité) de son territoire et à la culture suivante !

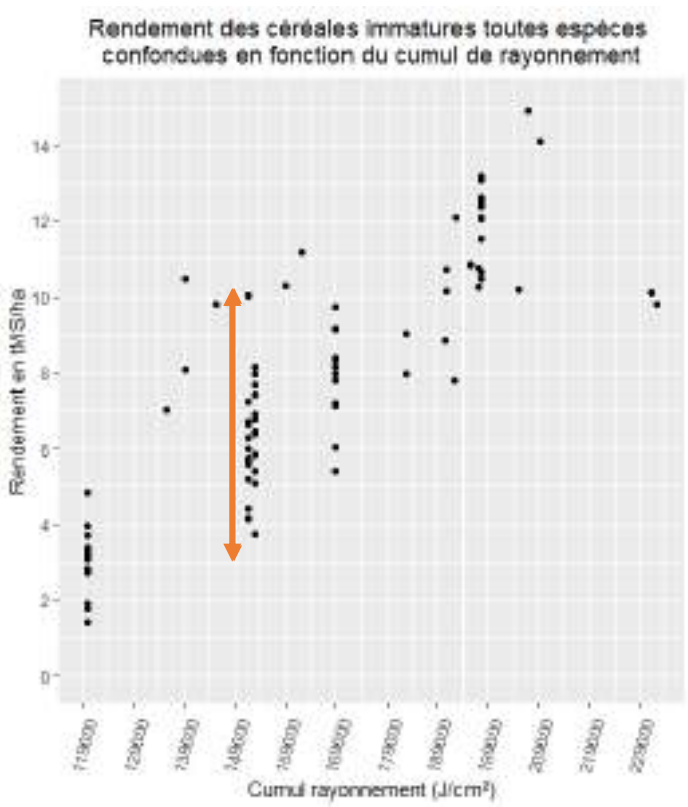


Maximiser la production de biomasse

Croissance et développement directement influencés par l'accumulation de températures et de rayonnements

- La température influence la croissance des végétaux
- Le rayonnement influence le gain en poids sec



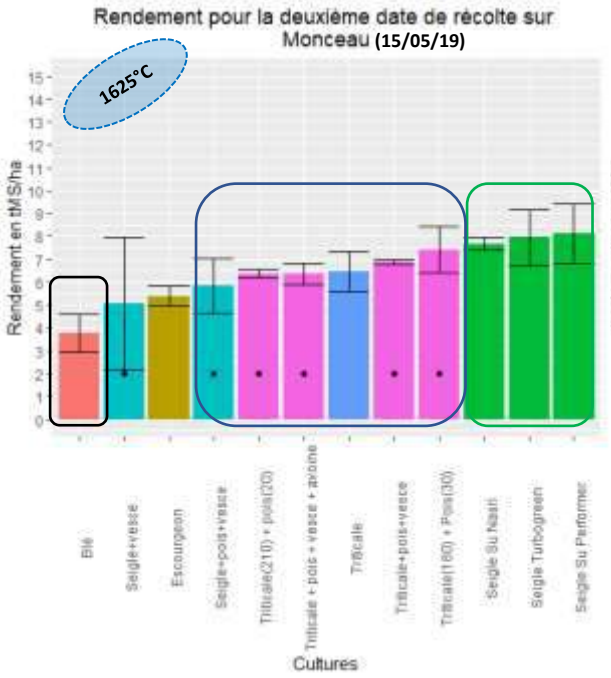


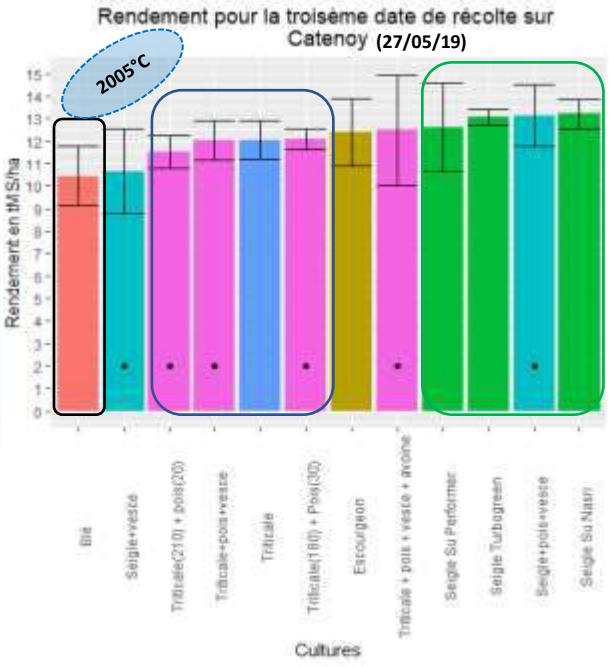
Augmentation du rendement avec l'accumulation de températures et de rayonnements
→ Il faut jouer sur la durée du cycle culturale :
- Soit par la date de semis
- Soit par **la date de récolte**

Forte variabilité pour un cumul donné :
→ Il y a d'autres facteurs qui influencent fortement le rendement

Choisir les espèces pour maximiser la biomasse

- Sur les 2 essais, c'est le même gradient de production de biomasse :
  - ✓ Les 3 variétés de seigle
  - ✓ Suivi du triticale, des mélanges de céréales + légumineuses et de l'escourgeon
  - ✓ Enfin le blé





Pour chaque localisation
Pour chaque date de récolte
Pour des cumuls de température et de rayonnements différents
→ Espèce produisant le plus de biomasse : **le seigle**

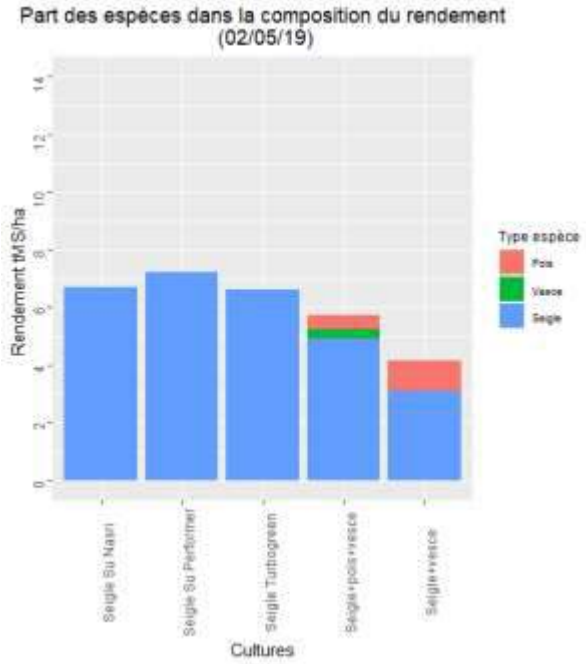
Associer des légumineuses aux céréales

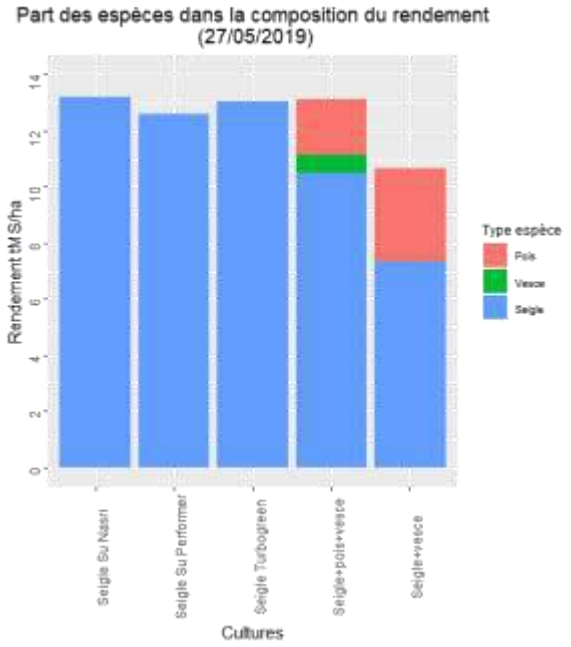
- Augmentation progressive de la biomasse des légumineuses
- Mais ne pénalise pas le rendement de la céréale !
- Intérêts :
  - ✓ Autonomie azotée
  - ✓ Structuration du sol
  - ✓ Diversité spécifique

Au semis :
Seigle+Pois+Vesce
➔ 20% de légumineuse
Seigle+Vesce
➔ 16% de légumineuse

Catenoy – 27/05/2019
Seigle + vesce

Chambre d'agriculture de l'Oise





Les clés de réussite pour optimiser la production de biomasse

Niveau de biomasse atteignable en fonction des besoins d'implantation de la culture suivante :

- Pour des récoltes précoces (fin avril) : niveau de rendement de 3 tMS/ha en moyenne
- Pour des récoltes tardives (fin mai) : niveau de rendement de 10-12 tMS/ha
- Décaler la récolte de **15 jours** permet un gain moyen de 3 tMS/ha

🔑 **Adapter** son cycle (durée, date de récolte) selon sa localisation et la culture suivante

Concernant le choix des espèces :

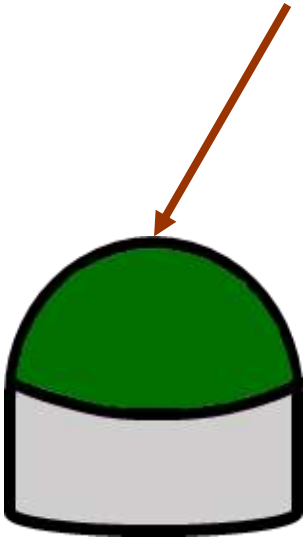
🔑 Intérêt des **mélanges avec légumineuses** pour des récoltes plus tardives (fin Mai – début Juin)

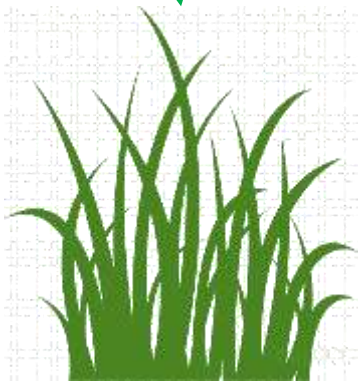
🔑 Pour toutes conditions climatiques, sur ces périodes de récolte, c'est **le seigle** qui, seul ou en mélange, permet d'obtenir une meilleure production de biomasse

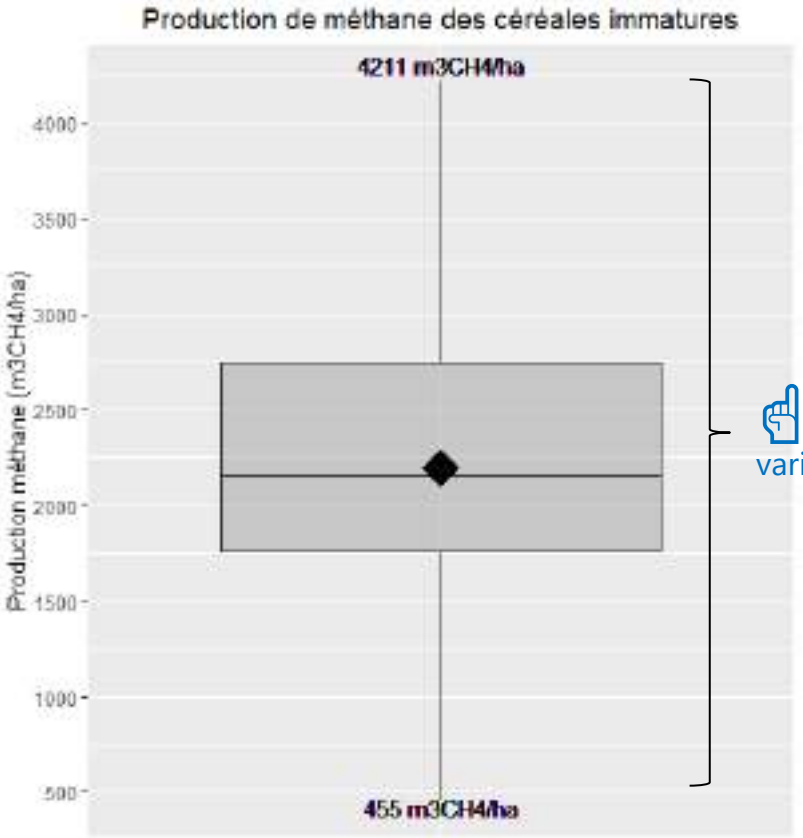
🔑 En double culture dédiée à la biomasse : une **récolte mi mai est un bon compromis** pour optimiser la production de la 1ère culture (céréale immature 8 tMS/ha) et de la 2ème culture biomasse (maïs ou sorgho) atteignant des rendements de 10-15 tMS/ha.

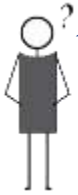
Production de méthane avec les CIVE en Hauts-de-France

Potentiel méthanogène x Rendement









Comment expliquer cette variabilité ?
Comment optimiser la production de méthane ?

- Production moyenne de 2196 m^3CH_4/ha
- 50% des valeurs comprises entre 1755 et 2743 m^3CH_4/ha

Le potentiel méthanogène

- Potentiel méthanogène
  - ✓ Mesure faite en laboratoire
  - ✓ Biodégradation bactérienne anaérobique des végétaux produisant du biogaz dont le méthane
  - ✓ Dépend de la composition biochimique de la plante (peut varier selon le stade, l'espèce, la variété, …)

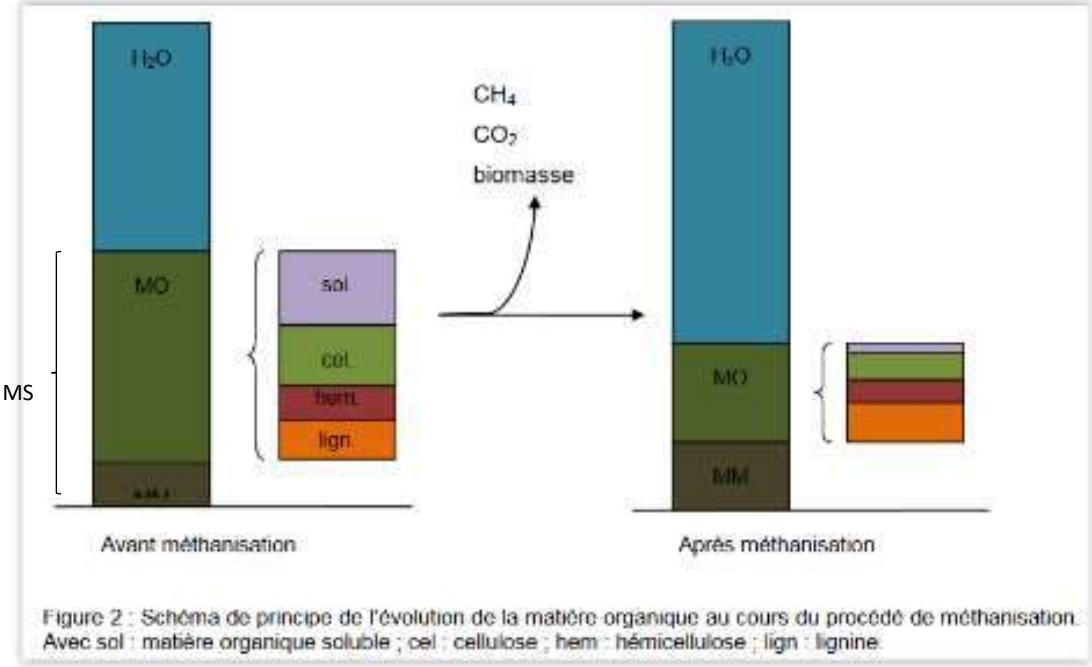


Figure 2 : Schéma de principe de l'évolution de la matière organique au cours du procédé de méthanisation
Avec sol : matière organique soluble ; cel : cellulose ; hem : hémicellulose ; lign : lignine

Source : ADEME, 2009

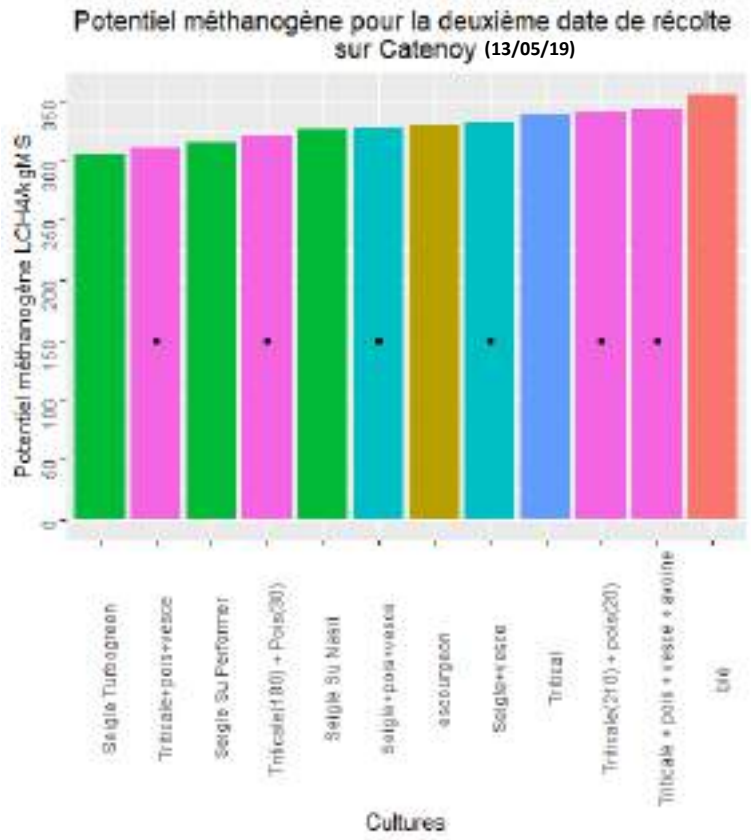
Le choix des espèces pour optimiser le potentiel méthanogène

- Exemple au 13/05 sur l'essai de Catenoy (valeurs de potentiel méthanogène les plus élevées)

  Valeur minimale = 305 LCH_4/kgMS

  Valeur maximale = 355 LCH_4/kgMS

→ *Peu de différences entre les espèces pour un même stade*



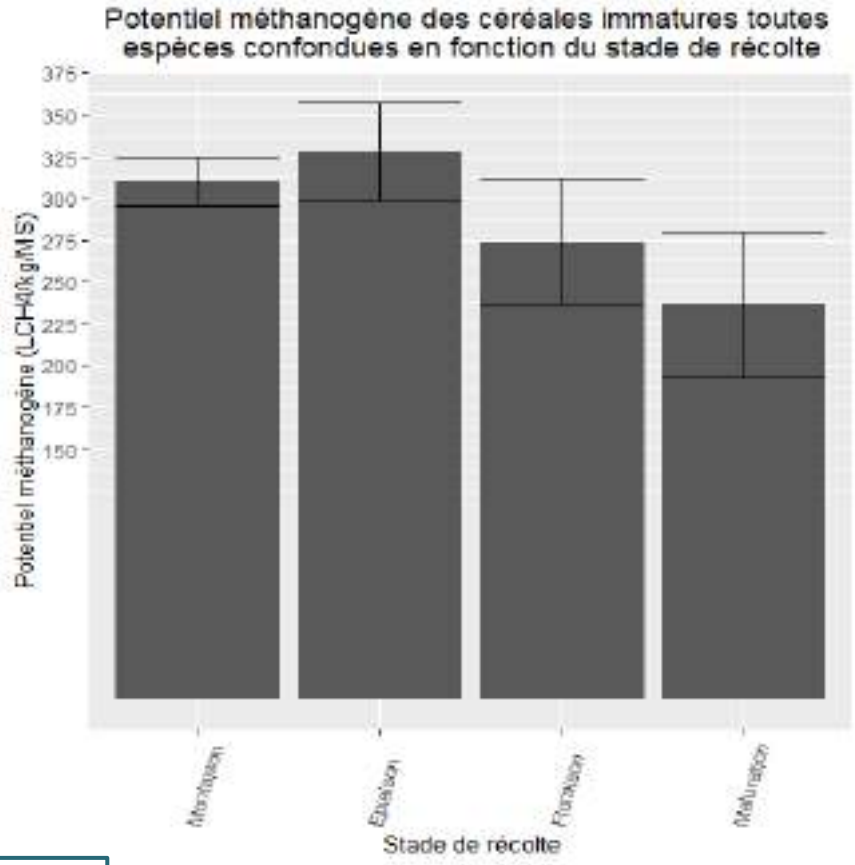
Il y a très peu de différences entre les espèces pour un même stade de récolte !

Le choix de l'espèce semble peu influencer le potentiel méthanogène

Le stade physiologique influence le potentiel méthanogène

Culture	Stade végétal (plante ou grain	Potentiel méthanogène ($Nm^3CH_4/kgMO$)	Références
Trèfle	Végétatif	380	Pouech, 1998
	Bourgeonnant	550	
	Floraison	560	
Ray Gras	Végétatif	420	
	Bourgeonnant	620	
	Floraison	630	
Blé	Floraison	420	
	Laiteux	390	
	Pâteux	380	
Orge	Floraison	440	
	Laiteux	500	
	Pâteux	350	
Seigle	Floraison	370	Heiermann, 2002
	Laiteux	410	
	Pâteux	280	
Triticale	Floraison	530	
	Laiteux	460	
	Pâteux	340	
Maïs	Laiteux	334	Amon, 2007b
	Pâteux	283	
	Vitreux	280	

Source : ADEME, 2009



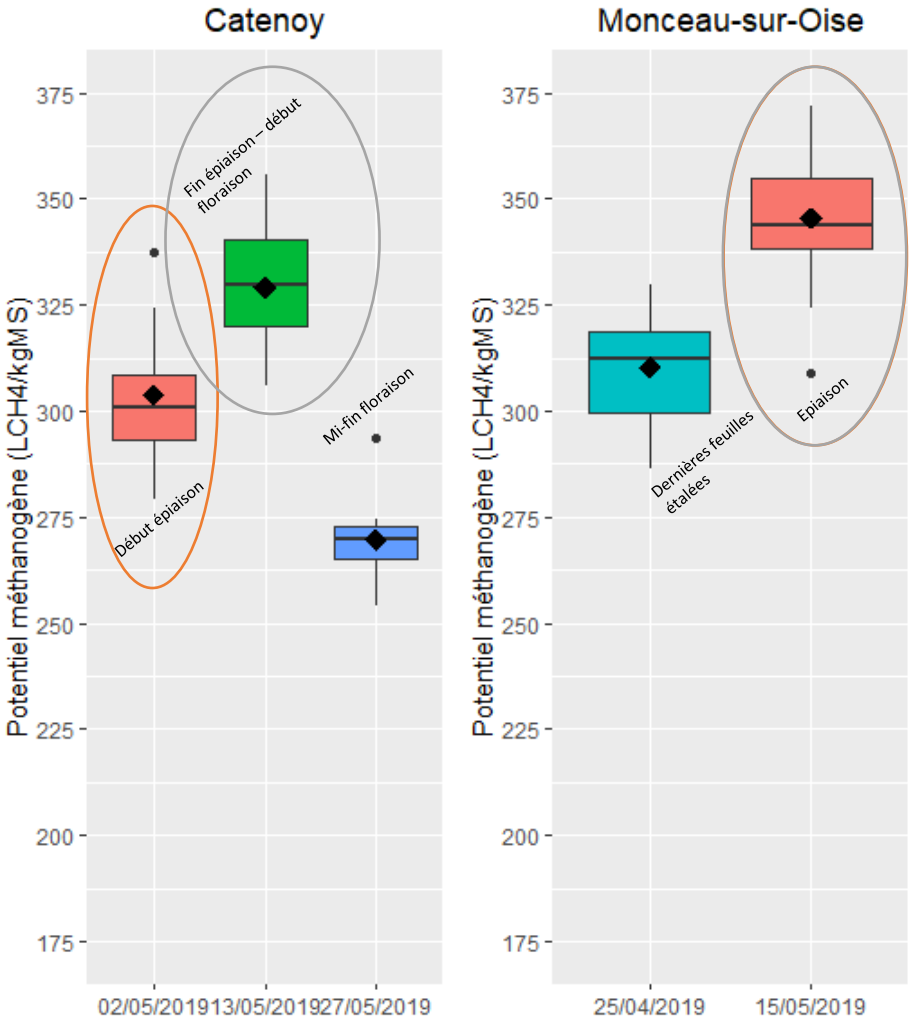
Les potentiels méthanogènes évoluent avec le stade !

Ils décroient avec la maturité des cultures.

En moyenne

- Montaison : 310 LCH_4/kgMS
- Epiaison : 328 LCH_4/kgMS
- Floraison : 274 LCH_4/kgMS
- Maturation : 236 LCH_4/kgMS

Le stade de récolte pour optimiser le potentiel méthanogène



Il semble bien y avoir un effet du stade sur le potentiel méthanogène :

✓ Pic autour du stade épiaison

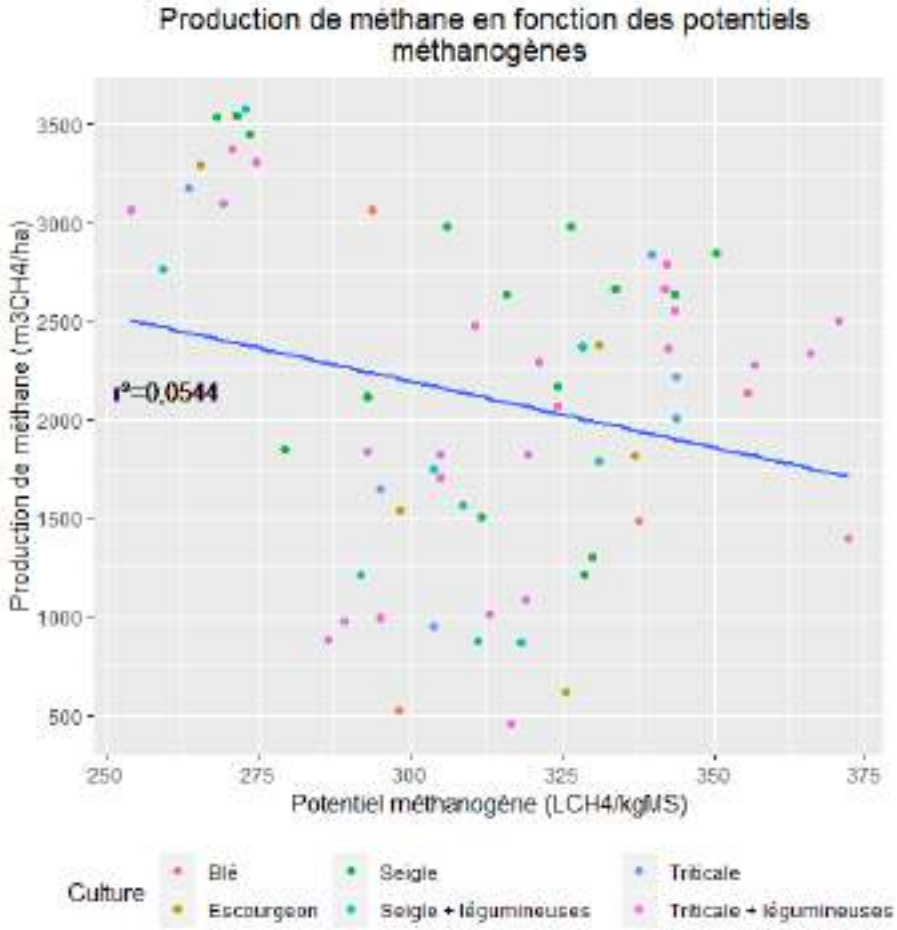
✓ Décroissance du potentiel avec la maturité

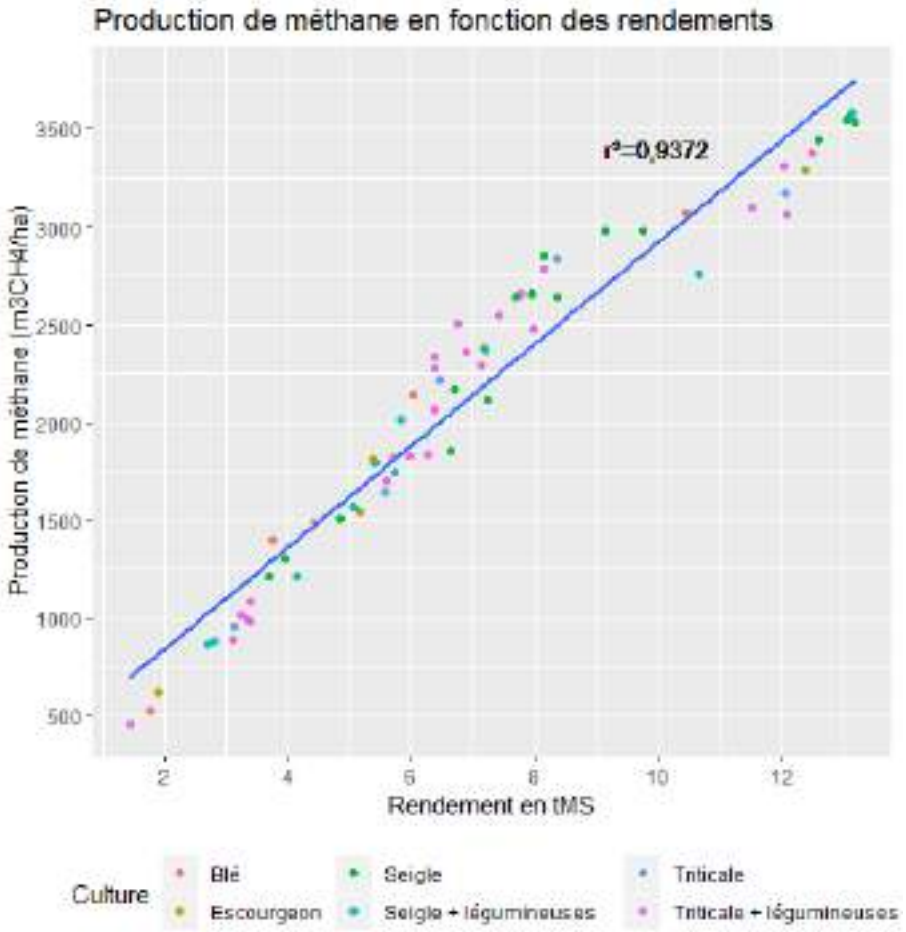
Cependant, entre les 2 essais, il y a des écarts de potentiels méthanogènes pour un même stade

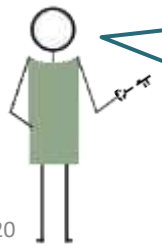
→ il y a donc d'autres facteurs qui l'influencent

Le stade de récolte est important mais d'autres facteurs influencent le potentiel méthanogène

Le rendement détermine la production de méthane







C'est le rendement qui détermine la production de méthane !

Les clés de réussite pour optimiser la production de méthane

Le stade de récolte est un facteur important pour optimiser le potentiel méthanogène.

Tandis que **les espèces** montrent peu de différences entre elles et influencent peu les valeurs de potentiel méthanogène.

D'autres facteurs influencent ces potentiels et restent difficiles à maîtriser.

La production de méthane par hectare est déterminée par **le rendement**. Il faut donc plutôt se concentrer sur les leviers qui permettent de maximiser le rendement (choix de l'espèce et la date/stade de récolte pour optimiser la biomasse)

Le choix d'une espèce pour la production de méthane se fera davantage pour sa productivité en biomasse et ses caractéristiques agronomiques plutôt que pour son potentiel méthanogène.

Les CIVE longues d'hiver
Retour au sol en carbone et en azote
–
Justine Lamerre
Agro-Transfert Ressources et Territoires

Introduction

- Enjeu double pour les systèmes de culture intégrant des CIVE longues, et plus généralement dédiés à la production de biomasse
  - produire et exporter un maximum de biomasse
  - limiter les impacts environnementaux

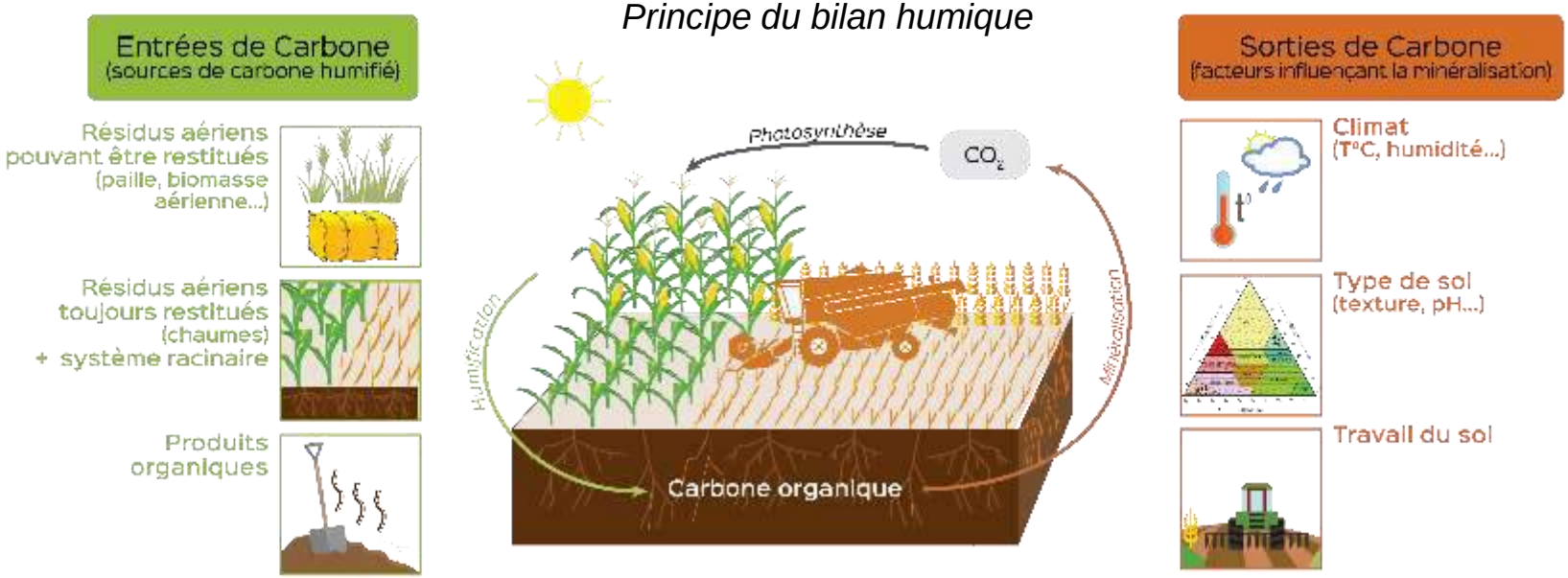
- Exporter plus de biomasse via les CIVE longues contribue-t-il à …
  - … déstocker du carbone du sol car moins de résidus de culture ?
  - … réduire l'azote apporté par les intercultures restituées et donc apporter plus d'azote exogène ?

Sommaire

- Le carbone
  - Importance du carbone : changement climatique et fertilité des sols
  - Comparaison de la quantité de carbone humifié pouvant être apportée par les céréales immatures, les couverts restitués ou exportés et les pailles
- L'azote
  - Importance de l'azote : quantité et disponibilité
  - Comparaison de la quantité d'azote restituée pouvant être apportée par les céréales immatures, les couverts restitués ou exportés et les pailles
  - Disponibilité de l'azote restitué par les CIVE longues
- A retenir

Le carbone : changement climatique et fertilité des sols

Principe du bilan humique



Pour augmenter le stock de carbone : Entrées > Sorties

Augmenter le stock de carbone du sol contribue à :

- Compenser des émissions de CO_2

  → important dans la lutte contre le changement climatique

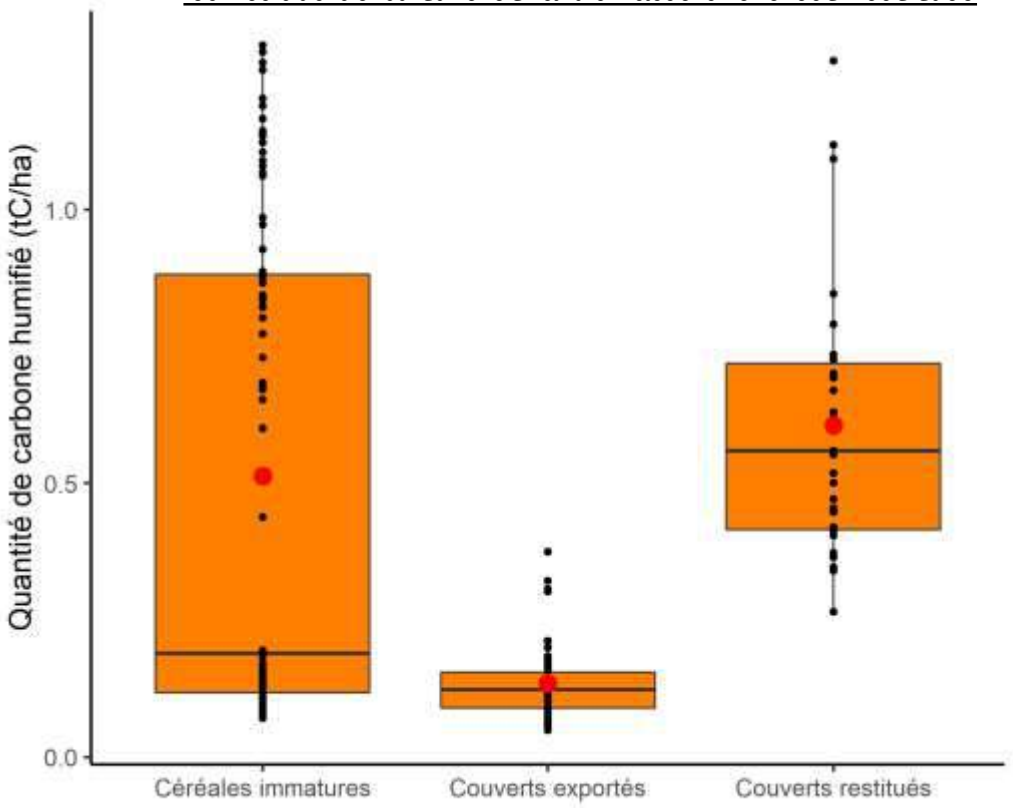
- Favoriser l'augmentation du taux de matière organique

  → important dans l'amélioration de la fertilité des sols

CIVE longues et carbone

Quelles entrées de carbone humifié attendre des CIVE longues ?

Quantité de carbone humifié* (rentrant dans la MO) apportée par les résidus de culture et la biomasse si elle est restituée



☝ variabilité importante liée à la variabilité des rendements mesurés

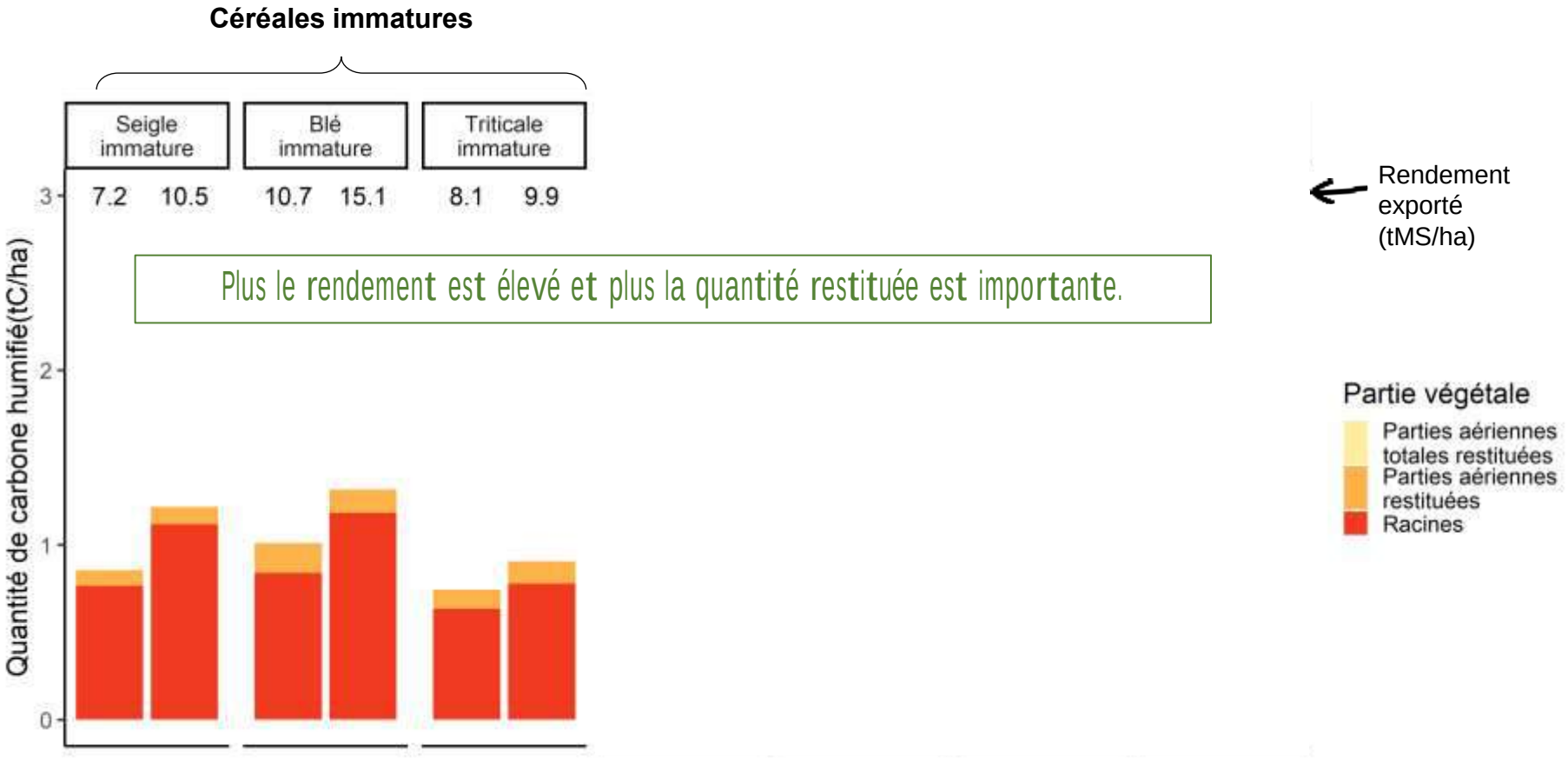
Les céréales immatures peuvent apporter plus de carbone humifié que les couverts exportés, et autant voire plus que les couverts restitués, si le rendement est assez important.

**Quantités obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ et de références de l'outil Simeos-AMG.*

CIVE longues et carbone

Quelle quantité de carbone humifié pour différentes espèces ?

Quantité de carbone humifié* (rentrant dans la MO) apportée par différentes espèces et niveaux de rendement

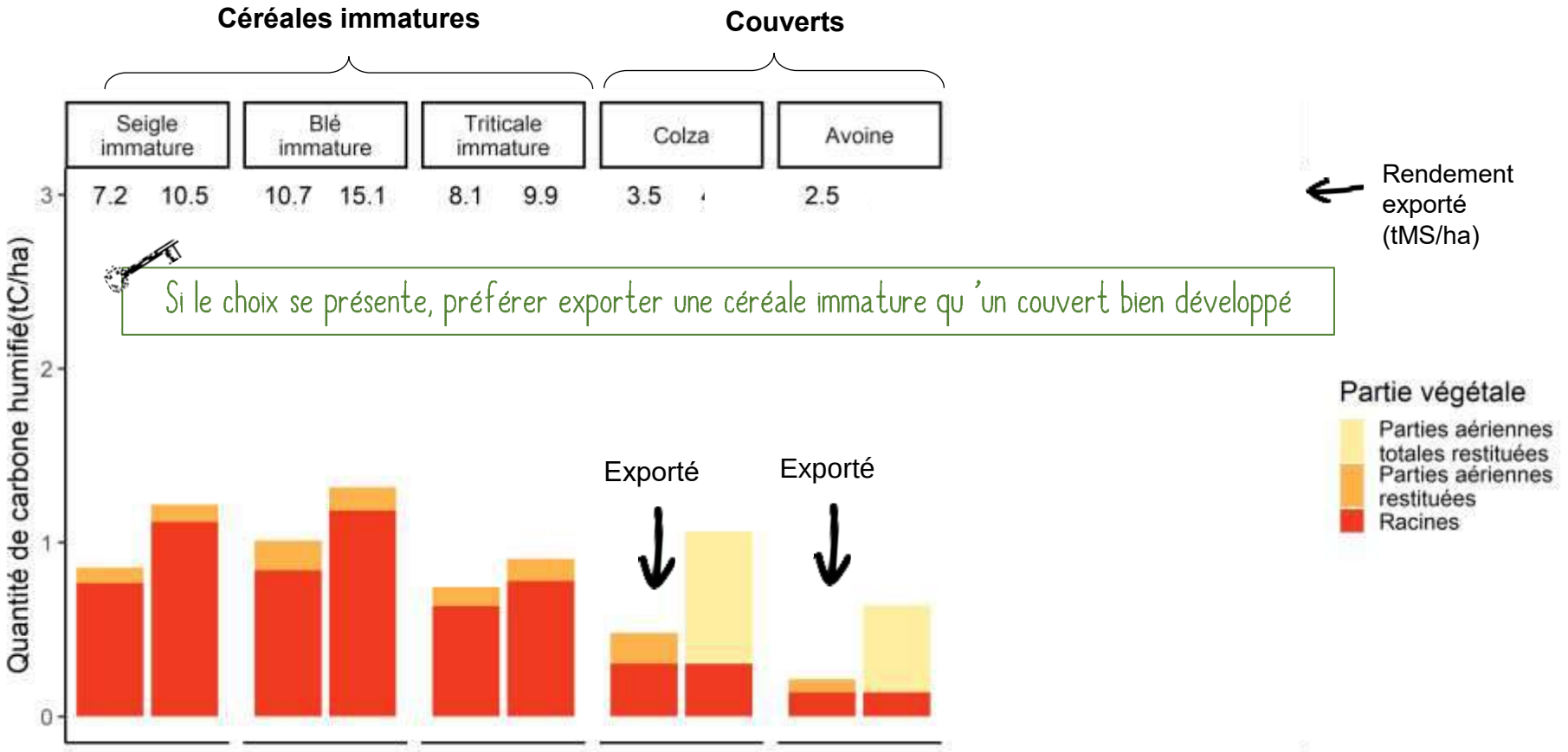


*Moyenne des quantités obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ pour les parties aériennes des CIVE et CI, et de références de l'outil Simeos-AMG pour les parties souterraines et le comparatif blé et colza.

CIVE longues et carbone

Quelle quantité de carbone humifié pour différentes espèces ?

Quantité de carbone humifié* (rentrant dans la MO) apportée par différentes espèces et niveaux de rendement

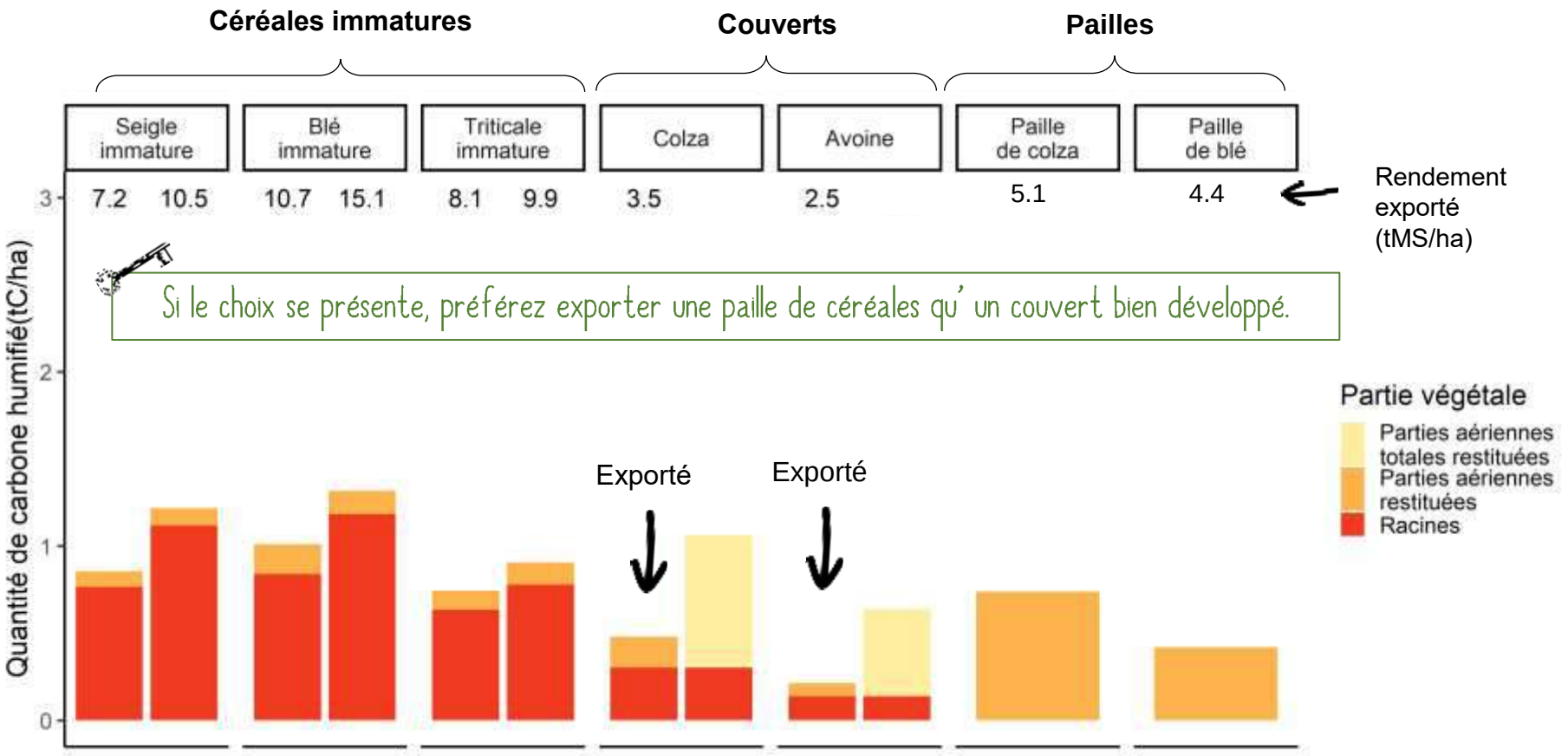


**Moyenne des quantités obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ pour les parties aériennes des CIVE et CI, et de références de l'outil Simeos-AMG pour les parties souterraines et le comparatif blé et colza.*

CIVE longues et carbone

Quelle quantité de carbone humifié pour différentes espèces ?

Quantité de carbone humifié* (rentrant dans la MO) apportée par différentes espèces et niveaux de rendement



**Moyenne des quantités obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ pour les parties aériennes des CIVE et CI, et de références de l'outil Simeos-AMG pour les parties souterraines et le comparatif blé et colza.*

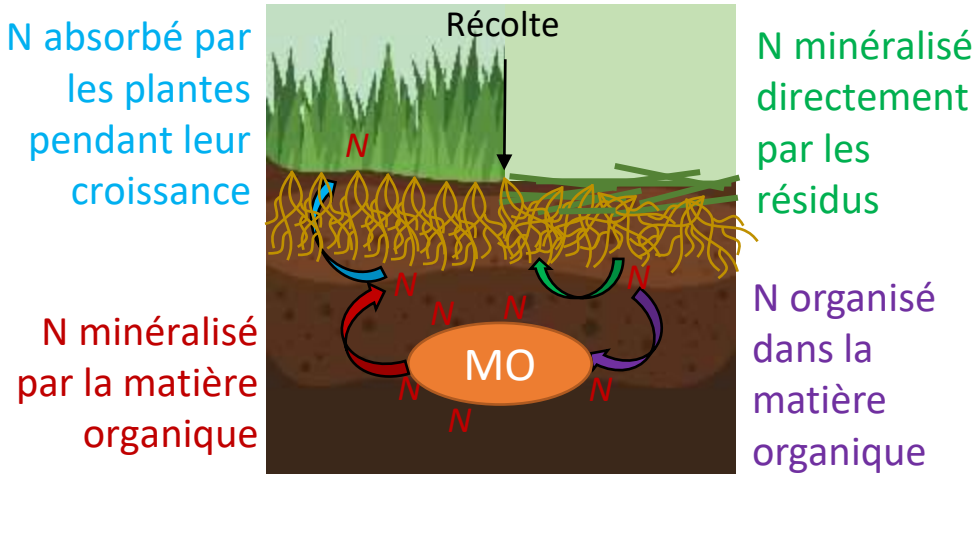
L'azote : disponibilité et quantité

Elément majeur de la nutrition des plantes

Impliqué dans de nombreuses pollutions (eau, air,…)

→ Important de le maîtriser au sein du cycle cultural

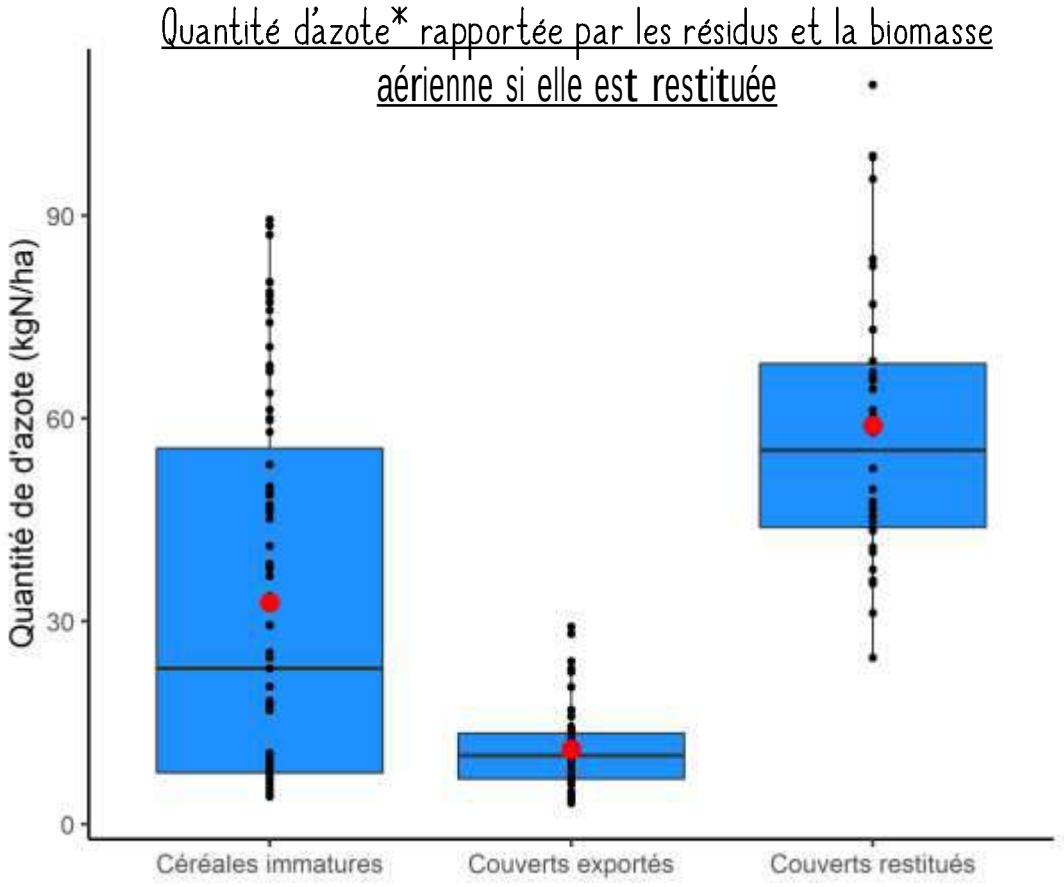
Devenir de l'azote dans le cycle cultural (simplifié)



- Suite à la céréale immature :
  - Quelle quantité d'azote est restituée via les résidus ?
  - Quelle disponibilité de cet azote pour la deuxième culture ?

CIVE longue et azote

Quelle quantité d'azote restituée par les CIVE longues ?



☝ forte variabilité liée à la variabilité des rendements mesurés

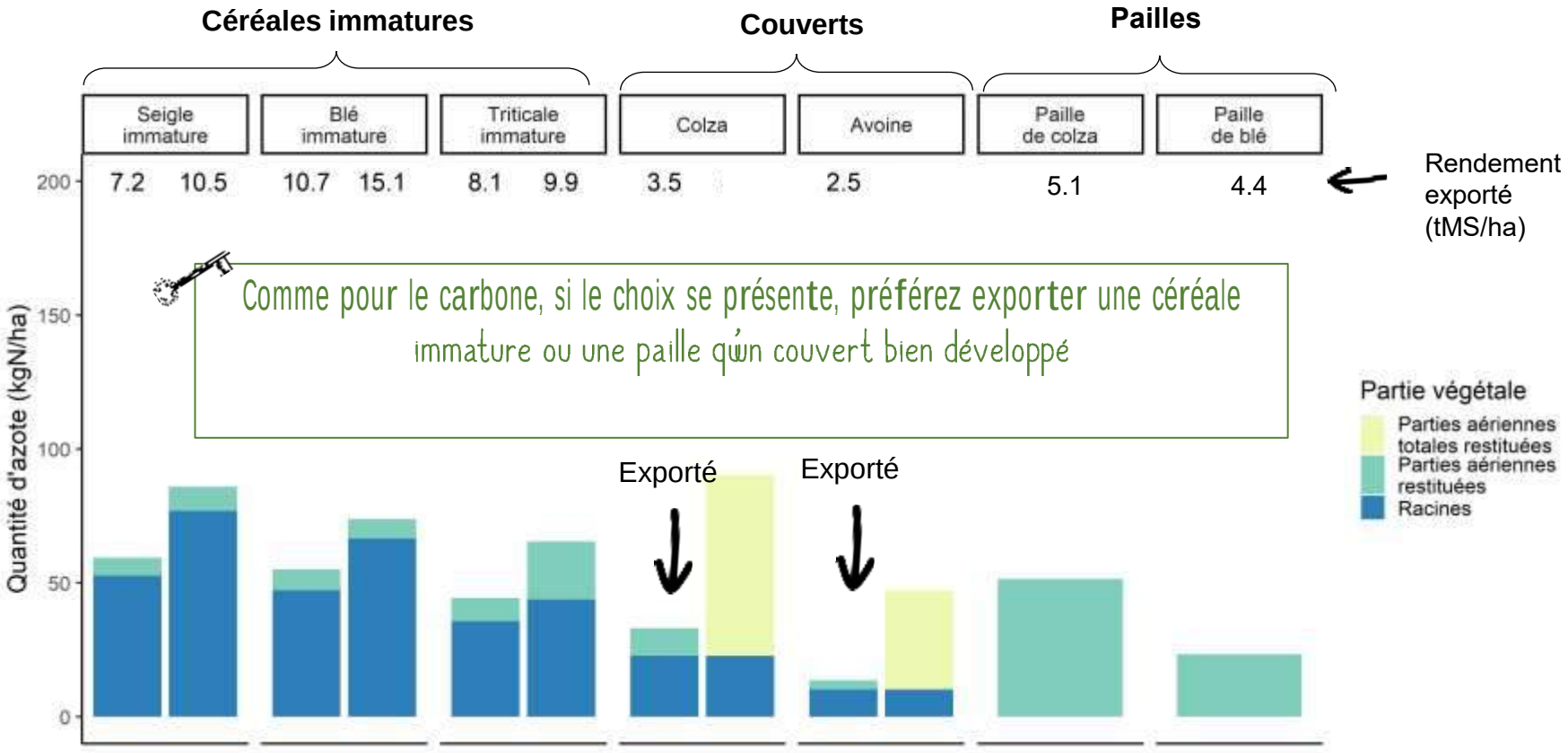
Les céréales immature peuvent restituer plus d'azote que les couverts exportés et autant que les cultures restitués si le rendement est assez important.

**Quantités obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ pour les parties aériennes, et de références de l'outil Simeos-AMG et du GIEC(2006) pour les parties souterraines.*

CIVE longue et azote

Quelle quantité d'azote restituée pour différentes espèces ?

Quantité de d'azote totale restituée*, pour différentes espèces et différents niveaux de rendements



Moyenne des quantités obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ pour les parties aériennes des CIVE et CI, et de références de l'outil Simeos-AMG et du GIEC(2006) pour les parties souterraines et le comparatif blé et colza.

CIVE longue et azote

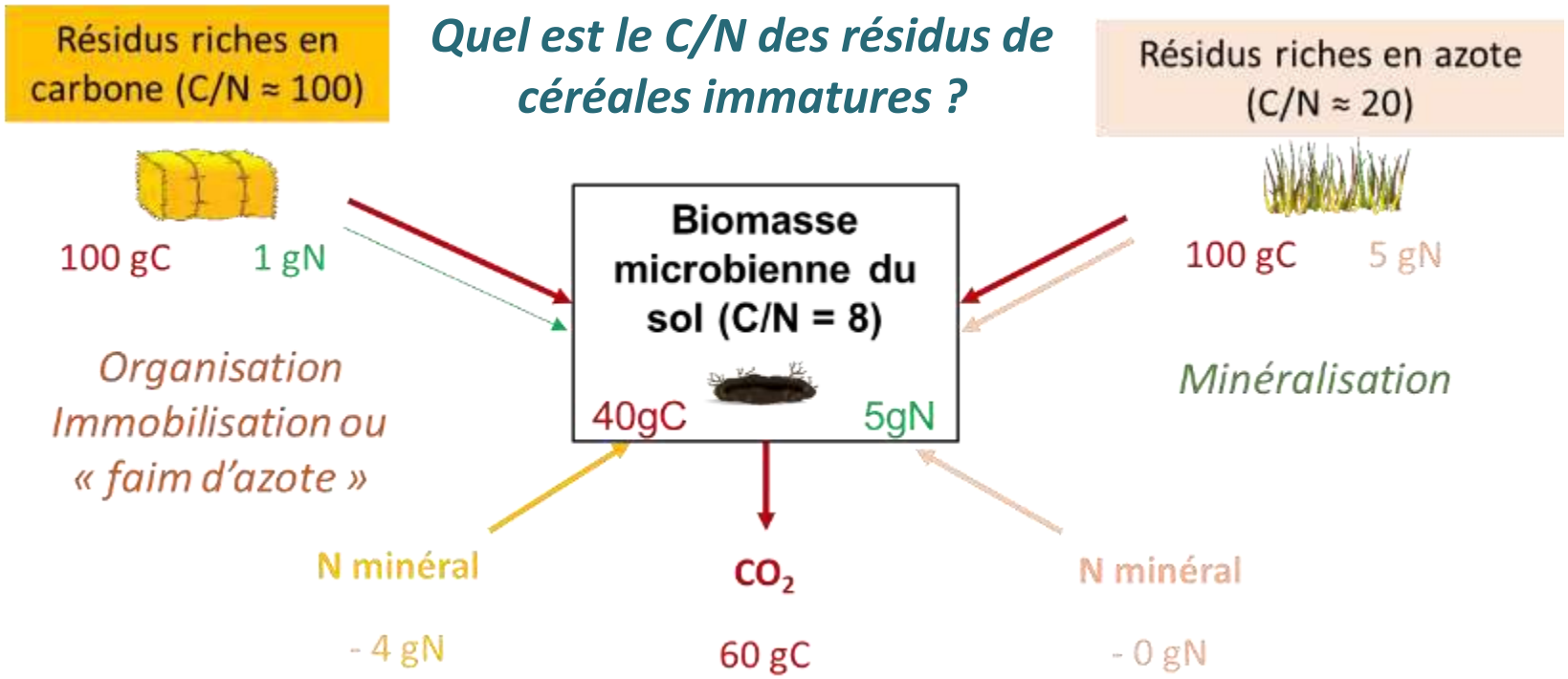
La disponibilité de l'azote des résidus dépend de leur C/N

Les résidus riches en carbone tels que la paille entraînent une immobilisation de l'azote...

...tandis que les résidus de cultures intermédiaires, riches en azote se minéralisent rapidement

Transferts d'azote et de carbone avec la biomasse microbienne au cours de la décomposition des résidus

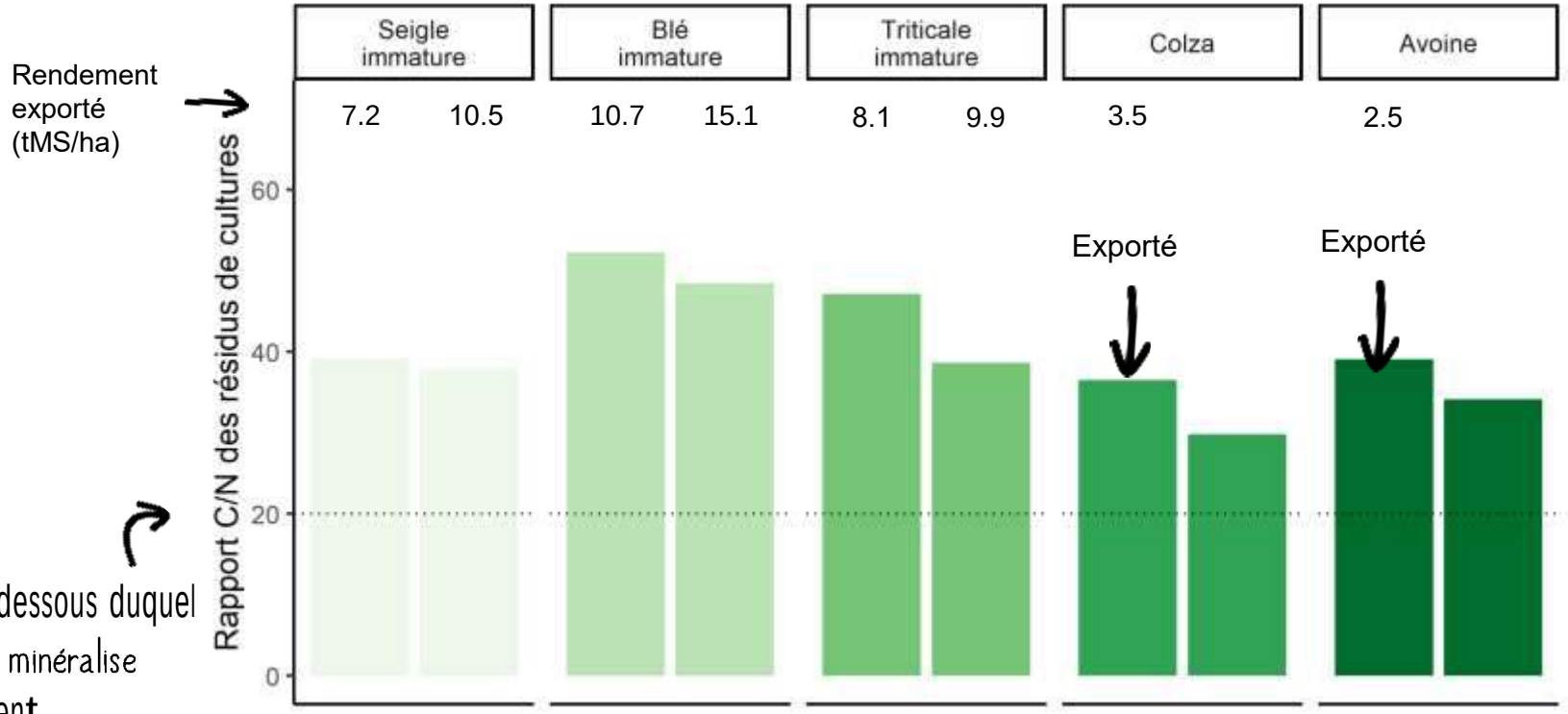
Quel est le C/N des résidus de céréales immatures ?



D'après G.Lemaire, B. Nicolardot (1997) Maitrise de l'azote dans les agrosystèmes

CIVE longue et azote

Quel est le C/N* des résidus des céréales immatures ?



De par leur C/N plus élevé, les céréales immatures peuvent immobiliser l'azote du sol pendant un temps après leur restitution au sol, tandis que les couverts restitués, dont le C/N est plus proche de 20 vont se minéraliser plus rapidement.

**Valeurs moyennes obtenues à partir des biomasses et teneurs mesurées au champ pour les parties aériennes, et de références de l'outil Simeos-AMG et du GIEC(2006) pour les parties souterraines.*

A retenir

Les **céréales immatures** permettent de restituer du carbone et de l'azote au sol et peuvent ainsi contribuer à la **fertilité des sols, et à la séquestration du carbone.**

Si le choix se présente, d'un point de vue carbone et azote, **préférez exporter une céréale immature ou une paille qu'un couvert bien développé.**

A noter, les couverts d'interculture (restitués ou exportés) présentent d'autres avantages agronomiques et environnementaux tels que le piégeage de l'azote avant la période hivernale.