

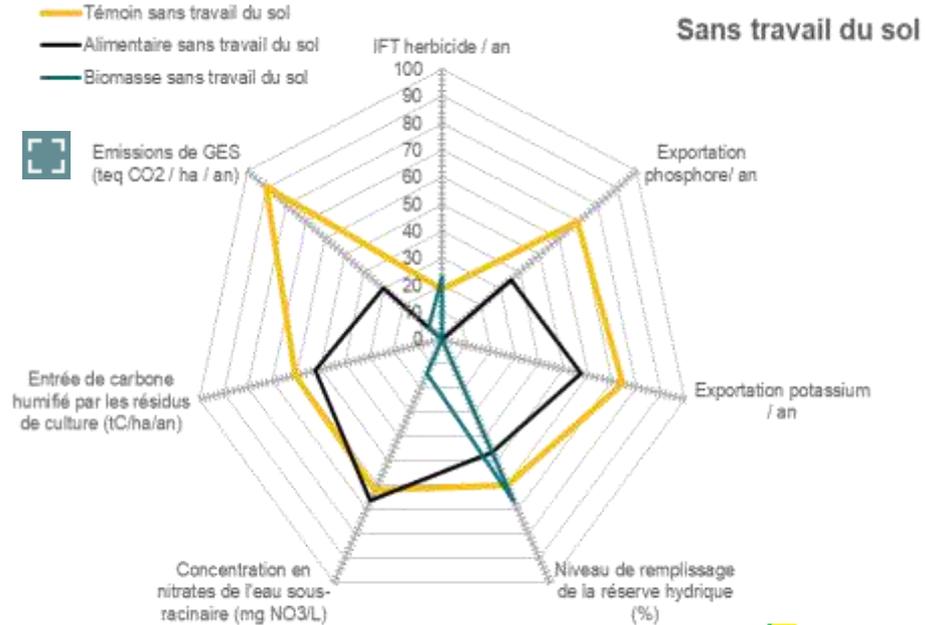
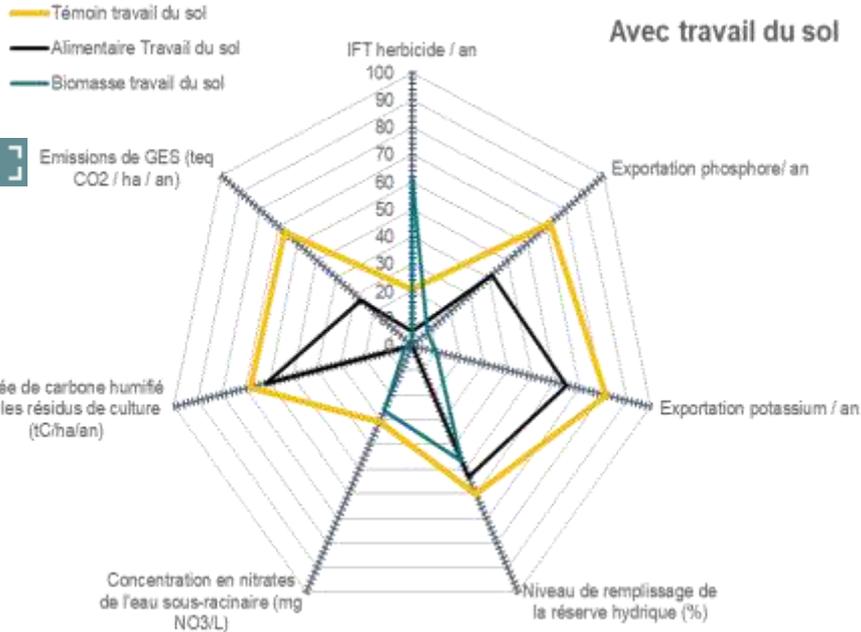
Les résultats environnementaux

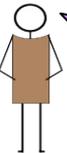
- Emissions de gaz à effet de serre -



Les émissions de CO2 sont-elles plus élevées dans les systèmes de culture à exportation de biomasse plus importante ?

	Borne valant 100 %	Borne valant 0 %
Emissions de GES	3 TCO ₂ /ha/an	5 TCO ₂ /ha/an





Les émissions de CO₂ sont-elles plus élevées dans les systèmes de culture à exportation de biomasse plus importante ?



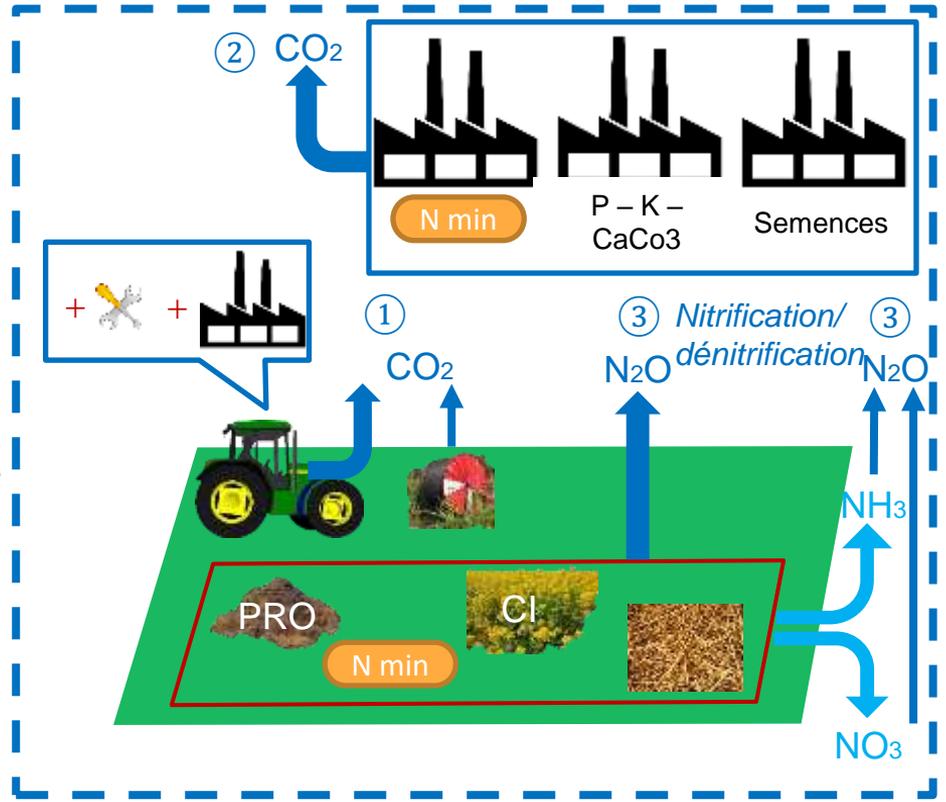
Inventaire des émissions de GES liées à la production végétale des systèmes de culture basé sur la méthode ABC'Terre.

La méthode ABC'Terre

① Emissions dues à l'usage du matériel agricole

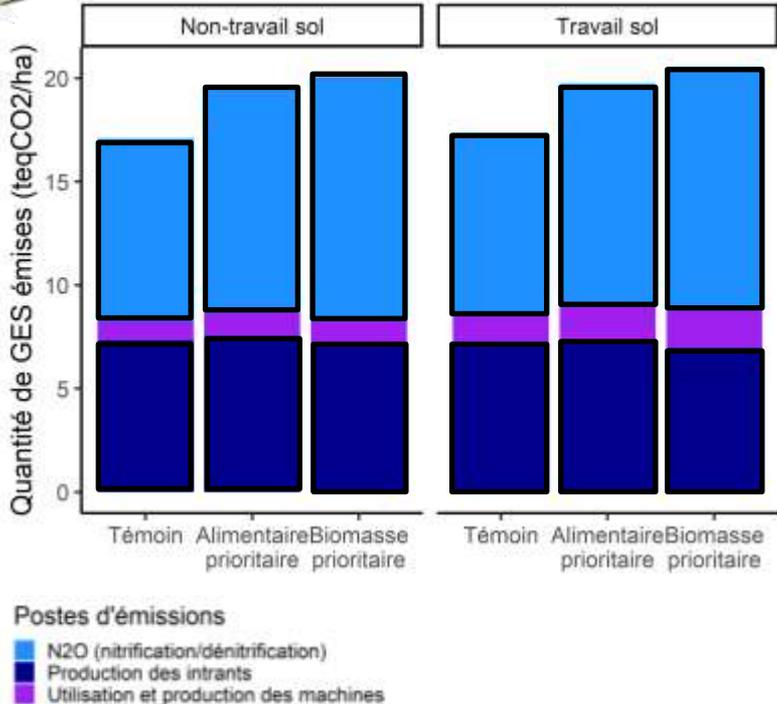
② Emissions dues à la production des intrants

③ Emissions directes et indirectes de N₂O



Résultats émissions de Gaz à effet de serre

1 ha



L'écart des émissions de GES entre les systèmes est faible.

Les principales émissions sont dues :

- à la production des intrants, et surtout de l'azote minéral, très gourmand en énergie,
- aux émissions de N₂O, émises lors des processus de nitrification/dénitrification.
- Les émissions liées à l'utilisation des engins agricoles contribuent peu au bilan GES



Les émissions de GES sont donc très corrélées aux entrées d'azote dans le système de culture.

Répartition des catégories d'émissions

Résultats émissions de Gaz à effet de serre



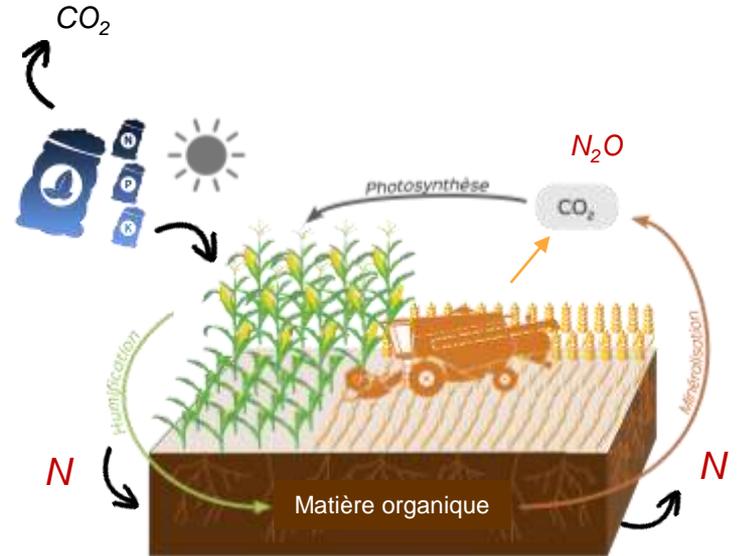
Les émissions de GES sont donc très corrélées aux entrées d'azote dans le système de culture.

Cependant, même si les entrées d'azote génèrent un gros poste d'émissions, ces apports d'azote sont nécessaires pour produire de la biomasse afin d'assurer le revenu de l'agriculteur mais aussi de contribuer à stocker du carbone, via des résidus de culture plus importants.

Il faut chercher à privilégier des apports d'azote issus de résidus, afin de ne pas alourdir les émissions liées à la production de engrais. Restituer de l'azote via les résidus de culture va générer des émissions mais aussi contribuer ainsi à l'autonomie azotée du système (moins dépendance aux engrais), et stocker du carbone. Cela peut permettre de compenser les émissions de N_2O générées par ces restitutions. Les cycles du carbone et de l'azote sont en effet étroitement liés.



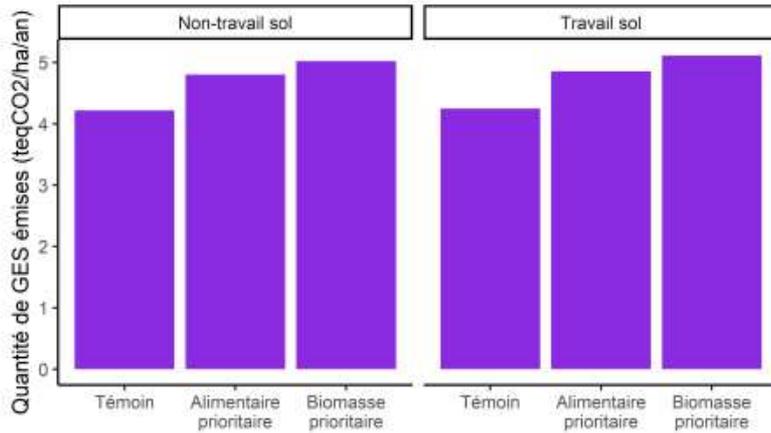
Il faut trouver un compromis entre production de biomasse et gestion de l'azote à l'échelle du système !



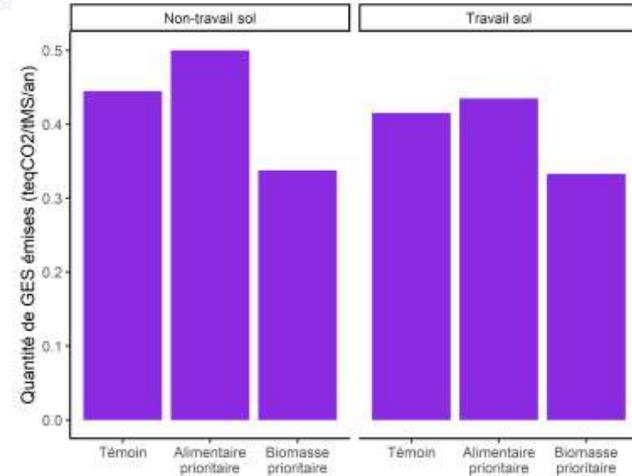
Couplage du cycle du carbone et de l'azote et leur lien avec les émissions de GES

Résultats émissions de Gaz à effet de serre

1 ha



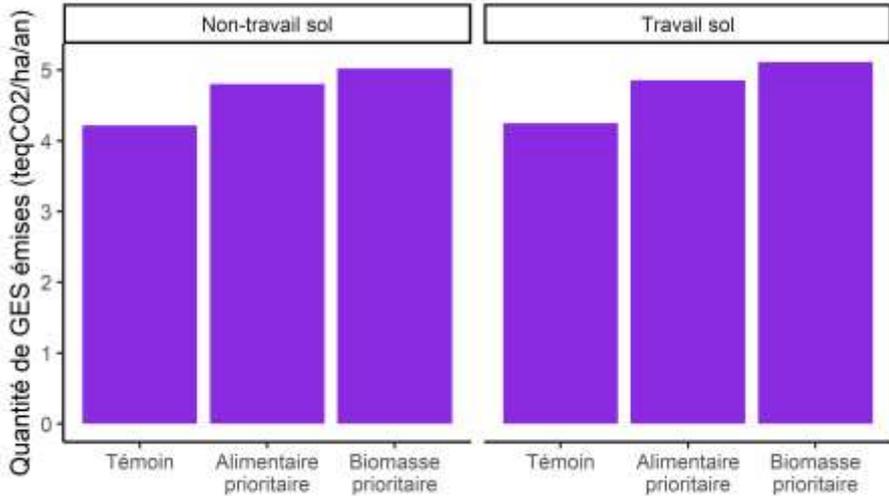
1 tMS



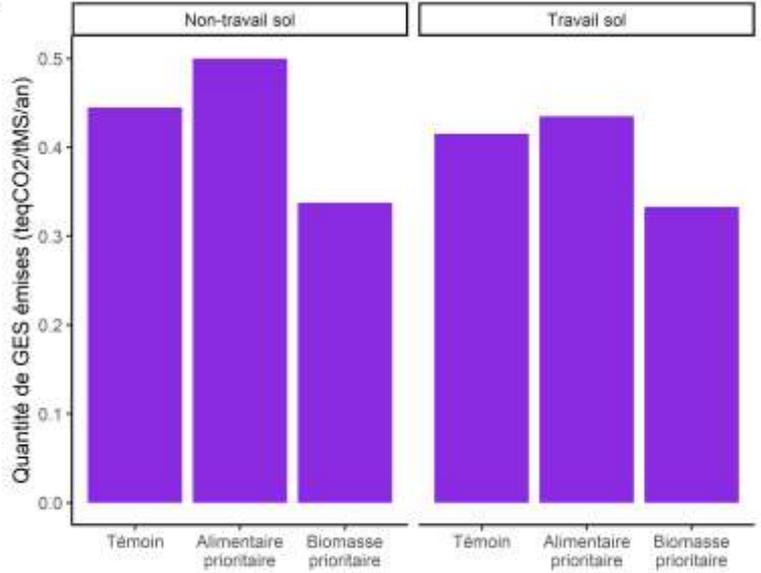
Les résultats précédents sont présentés par hectare, mais **il est aussi intéressant de ramener les émissions à la tonne de matière sèche exportée**, pour mettre en avant le fait qu'en intensifiant les pratiques on observe certes une augmentation des émissions mais cela a permis de produire plus de biomasse. À l'échelle d'une filière d'approvisionnement, si on peut produire plus sur une même surface, on pourrait avoir besoin de moins de surface pour produire la même quantité. L'évaluation plus globale à l'échelle de la filière et du territoire permet de relativiser les résultats.

Résultats émissions de Gaz à effet de serre

1 ha



1 tMS



Il est donc important d'évaluer ces émissions et plus largement tous les impacts à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement.



Partie 4

Conséquences du non-travail du sol sur sa fertilité

I. Fertilité biologique et organique



- Définitions
- Influence des pratiques agricoles sur l'activité biologique des vers de terre
- Influence des pratiques agricoles sur l'activité enzymatique du sol

II. Fertilité physique



- Mesures au champ
- Analyse



Fertilité biologique et organique

L'une des particularités du dispositif expérimentale de la plateforme de Beauvais est que chacun des 3 scénarios a été conduit selon 2 modalités de travail du sol, afin de répondre à l'objectif de maintien et/ou d'amélioration de la fertilité des sols.

Ce choix expérimental repose notamment sur l'hypothèse que la réduction du travail du sol permettrait d'améliorer la fertilité du sol (dynamique et disponibilité des nutriments, structure du sol, fonctionnalité des communautés vivantes du sol).

Dans cette partie, nous analyserons les données expérimentales de la plateforme afin de **voir si le non travail du sol permet d'améliorer la fertilité du sol (fertilités physique, biologique et organique)**.

Vous avez dit « Fertilité » ?

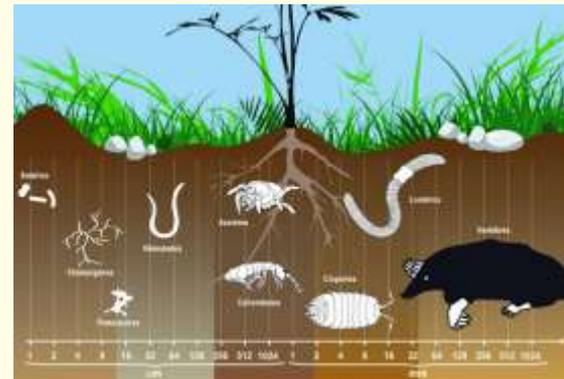
La fertilité d'un sol agricole correspond à sa capacité à fonctionner, c'est-à-dire à fournir les éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes, notamment par l'action des communautés vivantes (i.e l'activité biologique du sol).

Vous avez dit « Fertilité biologique » ?

La fertilité biologique du sol est une composante de la fertilité du sol. Via l'activité des communautés vivantes*, c'est-à-dire l'activité biologique du sol, elle influe sur :

- ⊕ l'état physique du sol
- ⊕ la quantité de matière organique
- ⊕ la disponibilité des éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes

L'activité biologique du sol est influencée par les facteurs pédoclimatiques et par les pratiques culturales : rotation, travail du sol, intrants, apports de PRO, restitution des résidus...



*micro-organismes, macrofaunes, mésofaunes



Fertilité biologique et organique

- Influence des pratiques agricoles sur l'activité biologique des vers de terre -

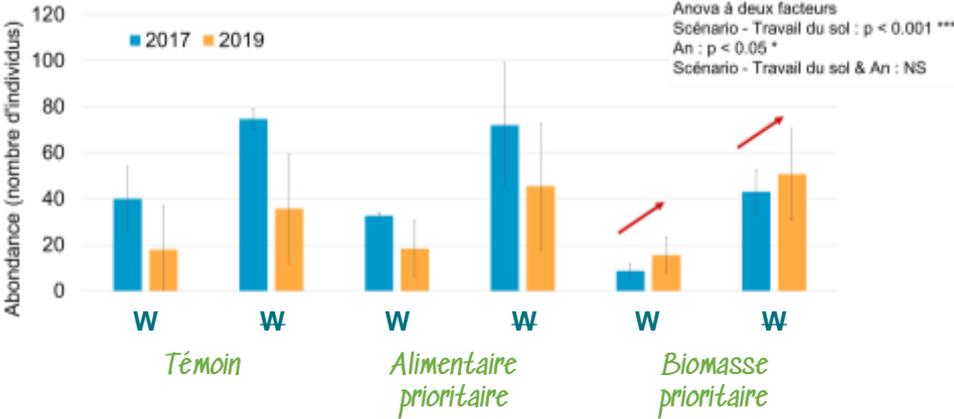
CE QUE NOUS DISENT LES VERS DE TERRE

- Les **vers de terre** sont des **bio-indicateurs** de la **fertilité du sol**. Ils favorisent l'accès à l'eau et aux nutriments pour les cultures, et contribuent à la stabilité de la structure du sol par la création de **galeries souterraines**. Ils sont parties prenantes dans la dégradation de la matière organique à différents stades, selon leur **fonction écologique** (épigés, endogés ou anéciques).
- Une forte présence de vers de terre provoque une **intensification** de l'activité biologique du sol et favorise la **dégradation de la matière organique**.

Les scénarios associés à la modalité travail du sol se distinguent significativement entre eux.

Quelque soit le scénario adopté par l'agriculteur, le travail du sol impacte négativement l'abondance de vers de terre. En effet, le labour provoque une perturbation physique du sol, engendrant directement la mortalité, les blessures ou encore un emprisonnement des vers de terre dans les mottes de terre.

Cependant, **le scénario BP présente une augmentation significative de l'abondance des vers sur trois ans, avec ou sans travail du sol.** Cette tendance, à confirmer sur le long terme, montre que les facteurs caractérisant BP favorisent l'activité des vers de terre.



Abondance des vers de terre en 2017 et 2019

L'abondance des vers de terre représente le nombre d'individus, adultes ou juvéniles, présent sur les parcelles lors des prélèvements. L'activité des vers de terre juvéniles est moins intense que celle des adultes. Cependant, ils représentent l'avenir de la communauté de vers sur la parcelle.

POUR ALLER PLUS LOIN

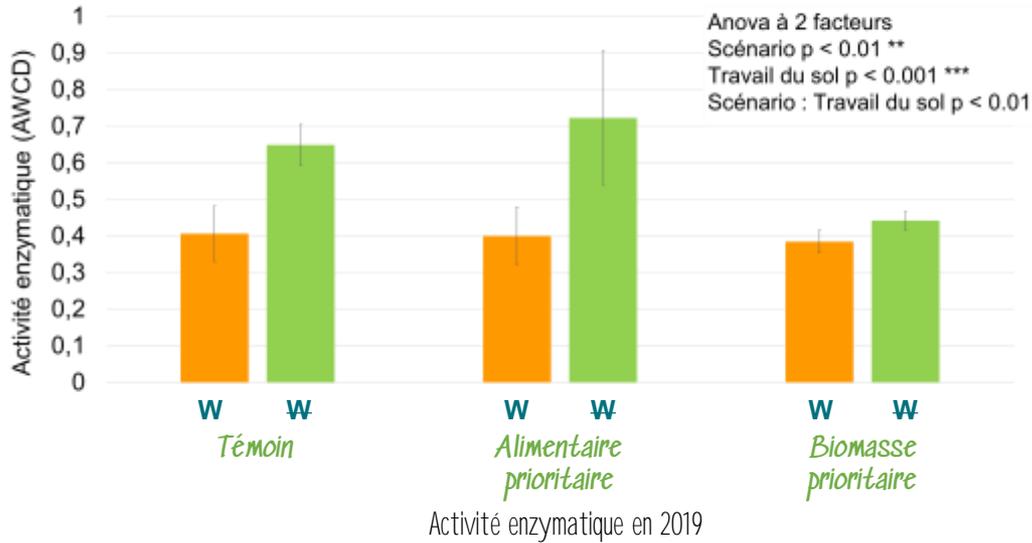
Découvrez une série de poster dédiée à la fertilité du sol

<http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/production/systeme-fourrager/>



Fertilité biologique et organique

- Influence des pratiques agricoles sur l'activité enzymatique du sol -



CE QUE NOUS DIT L'ACTIVITE ENZYMATIQUE

- ❶ L'activité enzymatique du sol traduit la dégradation de la matière organique (MO) par les micro-organismes. Pour mesurer cette activité dans le sol, nous avons utilisé la méthode des Biolog Ecoplates®, identifiant par colorimétrie l'activité des communautés microbiennes selon 31 substrats carbonés.
- ❷ Les pratiques agricoles sélectionnent les communautés microbiennes responsables de la dégradation de la matière organique du sol. L'intensité de l'activité enzymatique influence la disponibilité en nutriments pour les plantes et le stockage de carbone dans le sol.

La durée de l'essai est trop courte (4 ans) pour pouvoir conclure significativement sur l'effet du non travail sur l'activité biologique.

Mais en tendance, aujourd'hui, le travail du sol semble impacter négativement l'abondance des vers de terre et l'activité enzymatique.



POUR ALLER PLUS LOIN

Découvrez une série de poster dédiée à la fertilité du sol
<http://www.agro-transfert-rt.org/filbiom/outils/production/systeme-fourrager/>

Travaux réalisés par UniLaSalle

- ❶ L'activité enzymatique du sol réagit plus rapidement que les vers de terre aux différentes pratiques agricoles associées aux trois scénarios.
- ❷ D'après nos résultats, l'activité enzymatique est significativement plus importante sur des parcelles sans travail du sol, dû aux perturbations physiques engendrées par le labour. Cette différence est particulièrement notable pour le scénario *BP*, dû à l'ensemble des facteurs appliqués à ce système.
- ❸ Les résultats sont issus d'un dispositif jeune, mis en place sur 4 ans. Il serait judicieux de prolonger le dispositif d'études sur le long terme pour évaluer les services écosystémiques rendus par les agroécosystèmes, et ainsi comprendre les facteurs influençant une augmentation de l'activité enzymatique du sol sur le scénario *BP*.



Fertilité physique

- Mesures au champ -

Test bêche



[25 cm]

Pénétrométrie



80 cm

Densité apparente



[40 cm]

Profondeur
d'observation



Le **test bêche** consiste en l'extraction d'un bloc sur une profondeur d'environ 25cm (longueur d'un fer de bêche) afin d'observer visuellement la structure et l'activité biologique des mottes de terre extraites.

Qualifier l'état structural du sol selon différents critères permet de déterminer s'il y a un phénomène de compaction du sol et si le sol peut profiter d'une restructuration/régénération grâce à la présence d'activité biologique.

La **pénétrométrie** consiste en la mesure de la résistance du sol à la pénétration. Elle est déterminée à l'aide d'un pénétromètre. Celui-ci permet de mesurer tous les centimètres et sur une profondeur de 80 cm, la résistance du sol à la pénétration d'une tige métallique.

Ces mesures permettent de mettre en évidence la présence éventuelle de tassement, localisés en profondeur et issus de phénomènes liés aux pratiques culturales : chantier de récolte lourd, passage d'engins répété, ...

La **densité apparente** consiste en la mesure de la densité de particules de terre dans un volume donné. Elle est généralement déterminée à partir du prélèvement de plusieurs échantillons de terre dans des cylindres dont le volume est connu. Ces échantillons sont prélevés sur 40 cm de profondeur, avec une mesure tous les 5 cm. Elle peut également être déterminée avec une sonde gamma-densimétrique (valeur obtenue à partir de l'échange de flux de rayonnement gamma).

Sur la plateforme, la 1^{ère} méthode a été employée pour le premier horizon 0-5cm, tandis que la 2nd l'a été pour les horizons allant de 5 cm à 40 cm.

Une valeur de DA élevée peut permettre de mettre en évidence un compactage du sol.





Fertilité physique

- Analyses des mesures au champ -

- Concernant la **fertilité physique en surface** (test bêche), il n'y a **pas de différences notables observées entre les 2 modalités travail et non travail du sol** en terme de structure du sol et d'activité biologique sur 25 cm.

Cependant, on observe une tendance à l'amélioration de l'activité biologique en non travail du sol sur 0-10cm. Ce qui pourrait être un signe d'amélioration de la fertilité physique. En effet, l'activité biologique est essentielle à la restructuration du sol.

- Concernant la **fertilité physique en profondeur** (pénétrométrie), l'effet des modalités travail et non travail du sol sur les mesures de pénétrométrie a été étudié (analyses statistiques du jeu de données) ainsi que l'effet des scénarios (*T*, *AP* et *BP*). Les résultats montrent une **absence de différence entre les systèmes, entre les modalités de travail du sol et entre les combinaisons de ces deux facteurs**.

- Concernant la **densité apparente**, il ressort des mesures une **absence de différence entre modalités de travail et non travail du sol**. Dans l'ensemble, les densités ne sont pas élevées. Ainsi, il ne semble pas y avoir de phénomène de compactage du sol.

Densité apparente par horizon sur la plateforme de Beauvais - 2020

Profondeur	W	W
0-5cm	1,41	1,42
5-10cm	1,45	1,49
10-15cm	1,47	1,52
15-20cm	1,50	1,50
20-25cm	1,54	1,51
25-30cm	1,54	1,55
30-35cm	1,58	1,57
35-40cm	1,53	1,52



La durée de la rotation (4 ans) n'est pas assez longue pour pouvoir mettre en évidence un effet du non travail du sol sur la fertilité physique. Seule une tendance peut être dégagée.



Partie 5

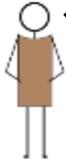
Conséquences économiques des modifications du système et de l'exportation supérieure de biomasse

I. Méthodologie

- ④ Définition de la marge directe
- ④ Calcul de la marge directe et hypothèses
- ④ Zoom sur le calcul des charges d'engrais et d'amendements

II. Performances économiques des systèmes

- ④ Marges directes obtenues pour les différents systèmes
 - Marges directes à l'échelle du système
 - Comprendre la marge directe du système *Alimentaire prioritaire*
 - *Focus sur les blés*
 - *Focus sur le colza*
 - Comprendre la marge directe du système *Biomasse prioritaire*
 - Part du couvert suivi d'un maïs fourrage dans la marge directe du système
- ④ Réponse de la marge brute aux variations des prix de vente



Les modifications faites pour permettre une exportation de biomasse importante à l'échelle du système ont-elles un impact sur les performances économiques de celui-ci ?

Afin de comparer les performances économiques des systèmes de culture testés (*Témoin, Alimentaire prioritaire* et *Biomasse prioritaire*), la **marge directe** de chaque scénarios a été calculée.

La décomposition de cet indicateur par culture et par poste de charges permet de comprendre l'origine des différences constatées et de faire le lien avec la conduite technique et agronomique du système.

SOURCES

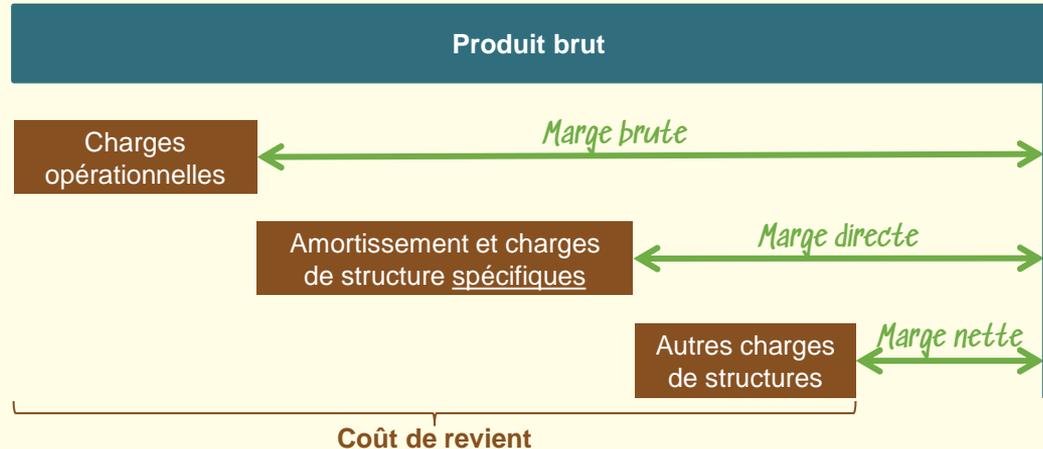
BERLAND, DE RONGE, 2013, Contrôle de gestion – Perspectives stratégiques et managériales, PEARSON, 2^{ème} édition, p. 173-175
 CER France, Définition des principaux termes utilisés, [URL https://www.cerfrance.fr/upload/actualite/5866202bceb1a_lexique.pdf], consulté en janvier 2021

Vous avez dit « *Marge directe* » ?

Une marge est obtenue par la **différence entre un prix et un coût donné** (partie du coup de revient).

Dans le cas de la **marge directe**, le coût considéré correspond à la somme des charges directes, c'est-à-dire des **charges pouvant être directement affectées à la production** de la culture ou du système de culture.

Cette marge se distingue, par exemple, de la **marge brute** qui intègre uniquement les charges opérationnelles ou encore de la **marge nette** qui, elle, intègre l'ensemble des charges dont les charges considérées comme non spécifiques (impôts, main d'œuvre hors champ, ...).





Les indicateurs économiques

- Calcul de la marge directe et hypothèses -

Produit brut
(€/ha)

A l'échelle de la culture, c'est le rendement en biomasse exportée (tMS/ha) multiplié par le prix de vente de la biomasse emballée (€/tMS)

A l'échelle du système, c'est la somme des produits bruts des cultures principales, des pailles et des cultures dérobées.

Charges opérationnelles
(€/ha)



Charges des semences



Charges engrais et amendements



Charges produits de protection des plantes et régulateurs de croissance

Amortissement et charges de structure spécifiques
(€/ha)



Charges matériel et essence au champ



Charges main d'œuvre au champ

= Marge directe
(€/ha)



Les « autres charges de structures », telles que les impôts ou la main d'œuvre hors champ, ne sont pas prises en compte dans le calcul de la marge directe.

Il en est de même pour les charges liées à l'activité des autres ateliers de l'exploitation (élevage, méthanisation, ...).

Les primes qualité et subventions ne sont pas prises en compte



PRINCIPALES SOURCES DE DONNEES UTILISEES

- Assolement & Stratégies 2020
- RMT Systèmes de cultures innovants
- Barème d'entraide 2019 (Aisne – Oise – Somme)
- Barème fourrage de l'Oise 2020
- Sources régionales : MesParcelles, rapport techniques des chambres d'agriculture (ex : PhytAgro), ...
- Travaux de R&D (thèses, MFE, ...)

Prix de vente issus du RMT SdCi et retenus dans cette étude (Massot et al. 2016)

	Prix de vente (€/tMS)
Colza hiver	395
Blé hiver	201
Maïs fourrage	73
Méteil	102
Betterave fourrag.	93
Blé pl entière	102



Les indicateurs économiques

- Zoom sur le calcul des charges d'engrais et d'amendements -

Point méthode

CHOIX DE LA METHODE

La méthode retenue attribue un coût au digestat en fonction de la quantité d'éléments fertilisants apportés, conduisant à donner un coût assez important.

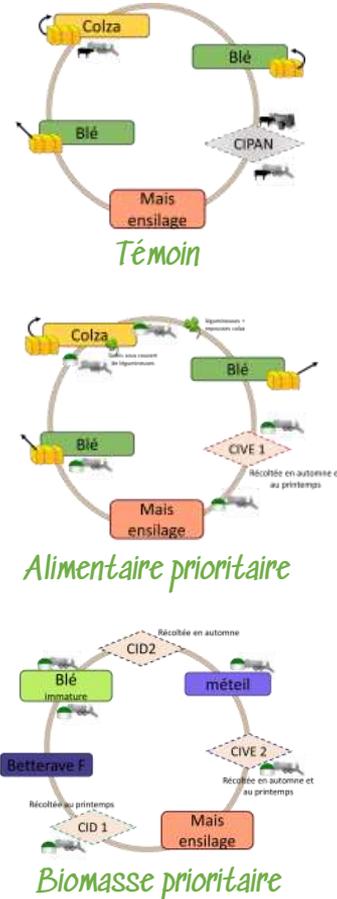
Or, la question du coût du digestat a été source de nombreuses discussions. En effet :

- Le digestat a une valeur fertilisante car il contient du N, P, K, Ca, Mg.
- Mais il n'existe pas de prix de vente du digestat car c'est un déchet soumis à plan d'épandage et donc non commercialisable.

La méthode choisie peut donc poser question d'autant qu'elle correspond à un cas où un agriculteur vend ses cultures à un méthaniseur extérieur et rachète du digestat... ce qui ne se fait pas vraiment dans la pratique...

Dans une grande majorité des cas, même dans le cas d'un méthaniseur extérieur à l'exploitation, un agriculteur récupérera le digestat (puisque l'industriel ne peut pas le vendre). Ainsi, une grande partie des minéraux qu'il a exporté en vendant sa biomasse est « récupérée » en épandant le digestat issu de la méthanisation de cette biomasse.

Une autre solution aurait pu être de compter uniquement le coût lié à l'épandage, sans attribuer de coût à la partie fertilisante. Mais l'apport du digestat a permis de réduire les apports de fertilisants minéraux à l'échelle du système. Ne pas prendre en compte la valeur fertilisante du digestat conduirait à des coûts en engrais inférieurs pour les systèmes alimentaires et biomasse prioritaires.



- Dans cette étude, le coût en engrais et amendements a été **estimé à partir de la quantité d'éléments fertilisants apportés par le PRO**, c'est-à-dire la teneur en N, P, K, Ca et Mg (issues d'analyses) multipliée par la quantité de PRO épandu.

Pour l'azote, dans le cas du digestat, un coefficient d'équivalence en azote minéral a été multiplié à la teneur en N organique.

La quantité de chaque élément fertilisant a ensuite été multipliée par le prix unitaire d'un kg d'N, P, K, Ca et Mg afin d'obtenir le coût.

A ce coût en engrais et amendement **s'ajoutent les coûts en matériel agricole et main d'œuvre au champ**, estimés à partir du barème d'entraide.

- Le coût de l'apport des PRO a été **attribué à la culture en place au moment de l'épandage** :

- **Témoin** : les 3 apports de fumier et lisier sont attribués aux termes culturaux colza hiver, couvert et maïs fourrage.
- **Alimentaire et biomasse prioritaire** : les 5 apports de digestat sont attribués à tous les termes culturaux.

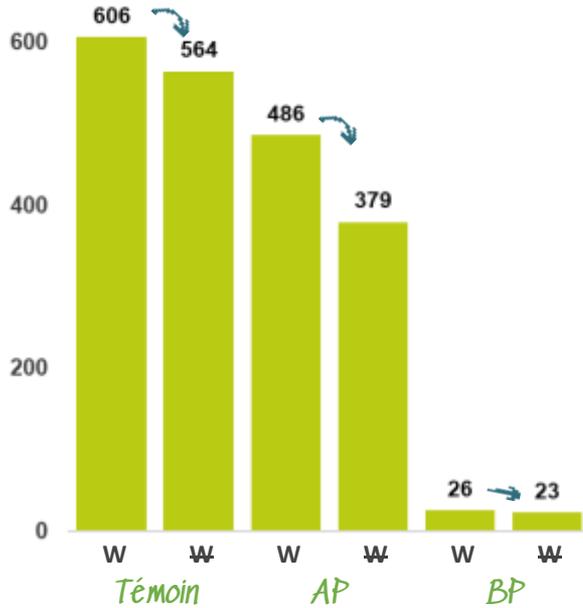
Ainsi, il ne faut pas s'attarder à comparer les marges d'une même culture entre les systèmes. En effet, les bénéfices des apports de PRO sont visibles à l'échelle de la rotation puisque fonction de la vitesse de minéralisation du carbone organique, plus ou moins lente.



Marges directes obtenues pour les différents systèmes

- Marges directes à l'échelle du système -

€/ha.an



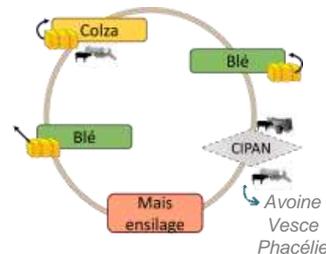
Marge directe des systèmes de culture testés
en €/ha.an

- ⓘ Hors subventions et quelque soit la modalité de travail du sol, les systèmes *alimentaire prioritaire* et *biomasse prioritaire* ont une marge brute plus faible que celle du *témoin* (de 26 et 96 % respectivement).
- ⓘ Pour l'ensemble des systèmes, ceux en non travail du sol présentent une marge brute plus faible que ceux avec travail du sol.

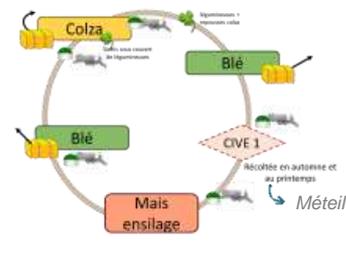
RAPPEL DES HYPOTHESES DE PRIX DE VENTE

Prix de vente issus du RMT SdCi et retenus dans cette étude (Massot et al. 2016)

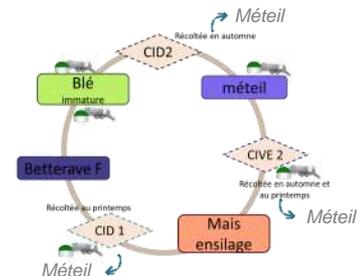
	Prix de vente (€/tMS)
Colza hiver	395
Blé hiver	201
Maïs fourrage	73
Méteil	102
Betterave fourrag.	93
Blé pl entière	102



Témoin



Alimentaire prioritaire

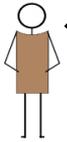


Biomasse prioritaire

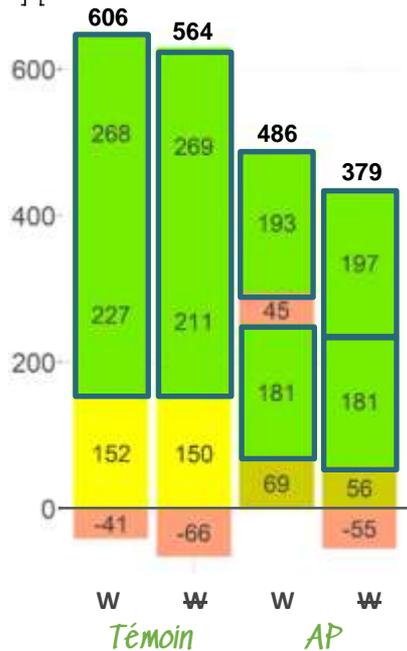


Marges directes obtenues pour les différents systèmes

- Comprendre la marge directe du système *Alimentaire prioritaire* : focus sur les blés -



Comment expliquer que la marge directe du SdC alimentaire prioritaire est plus faible que celle du témoin ?



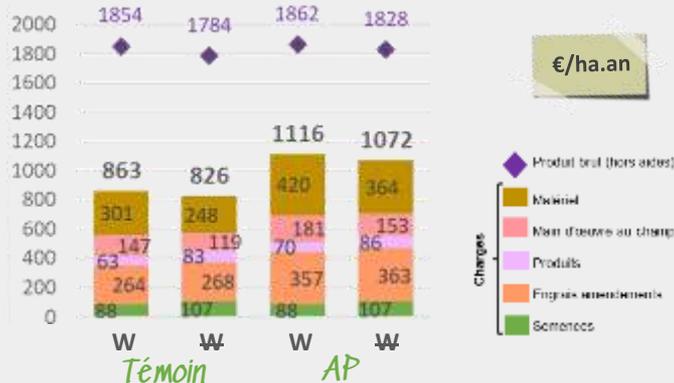
€/ha.an

- Blé hiver 2
- Blé pl entière (T MS/ha)
- col1 suivi Betterave fourragère
- col2 suivi Maïs fourrage 30%MS
- col1 suivi Maïs fourrage 30%MS
- Blé hiver
- col2 suivi Maïs fourrage 30%MS
- col2 suivi Mielai (T de MS/ha)
- Colza Associe Legumineuse
- Colza hiver

RENDEMENT CUMULÉ DES DEUX BLÉS



PRODUIT BRUT ET CHARGES MOYENS POUR UN BLÉ



Des cultures de blés sont présentes dans les systèmes *témoin* et *Alimentaire prioritaire*. Le graphique montre que les marges brutes associées à ce même terme cultural sont plus importantes dans le système *témoin* que *AP*.

Cela signifie soit que le produit brut du système *AP* est inférieure au *témoin* et/ou que les charges de production du système *AP* sont supérieures à celles du *témoin*.

L'analyse des rendements cumulés montrent que les rendements en blé obtenus dans le système *AP* sont supérieures à ceux du *témoin*. Ainsi, les rendements ne sont pas à l'origine de la différence de marge brute entre les systèmes.

Les différences de marges brutes obtenues s'expliquent donc par une variation des charges liées à la production du blé. **C'est le changement des modalités de fertilisation organique des systèmes qui est à l'origine de cette différence.** En effet, dans le système *témoin*, trois apports de fumier et lisier sont effectués contre cinq apports de digestat dans le système *AP*. Les coûts d'apport en lisier et en digestat étant différents (charges en matériel, MO et engrais), cela se retrouve dans la valeur de la marge brute du blé et du système.

Contribution des termes culturaux à la marge directe des systèmes de culture testés en €/ha.an



Marges directes obtenues pour les différents systèmes

- Comprendre la marge directe du système *Alimentaire prioritaire* : focus sur le colza -

Comment expliquer que la marge directe du SdC alimentaire prioritaire est plus faible que celle du témoin ?

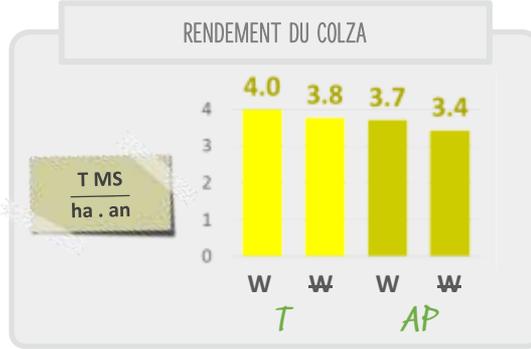


€/ha.an

- Bié hiver 2
- Bié pl entière (T MS/ha)
- col1 suivi Betterave fourragère
- col1 suivi Maïs fourrage 30%MS
- col1 suivi Maïs fourrage 30%MS
- Bié hiver
- col2 suivi Maïs fourrage 30%MS
- col2 suivi Méteil (T de MS/ha)
- Colza Associe Legumineuse
- Colza hiver

Contribution des termes culturaux à la marge directe des systèmes de culture testés en €/ha.an

RENDEMENT DU COLZA



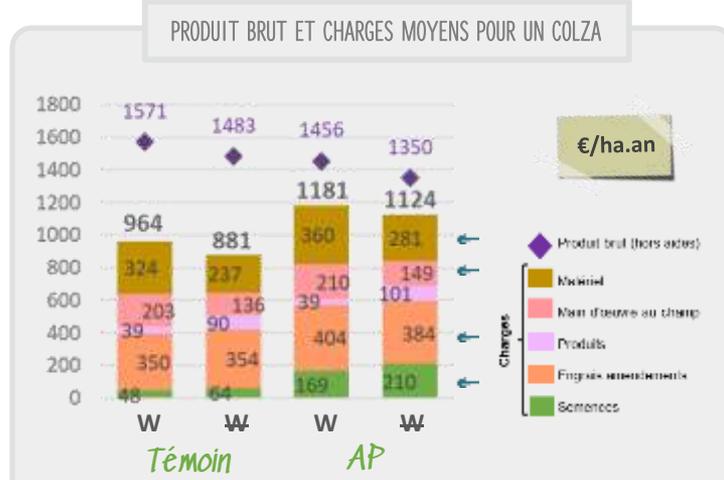
Des cultures de colza sont présentes dans les systèmes *témoin* et *Alimentaire prioritaire*. Le graphique montre que les marges brutes associées à ce même terme cultural sont plus importantes dans le système *témoin* que *AP*.

Cela signifie soit que le produit brut du système *AP* est inférieure au *témoin* et/ou que les charges de production du système *AP* sont supérieures à celles du *témoin*.

L'analyse des rendements montrent que les rendements en colza obtenus dans le système *AP* sont inférieures à ceux du *témoin* et cela crée une perte de produit brut d'environ 120 €/ha. Ainsi, **les rendements expliquent en partie la différence de marge brute entre les systèmes.**

Les différences de marges brutes obtenues s'expliquent également par une variation des charges de production du colza. En effet, **l'association du colza avec du trèfle dans le système *AP*** (augmentation du coût de semences) et le **changement des modalités de fertilisation organique des systèmes sont à l'origine de cette différence.**

PRODUIT BRUT ET CHARGES MOYENS POUR UN COLZA



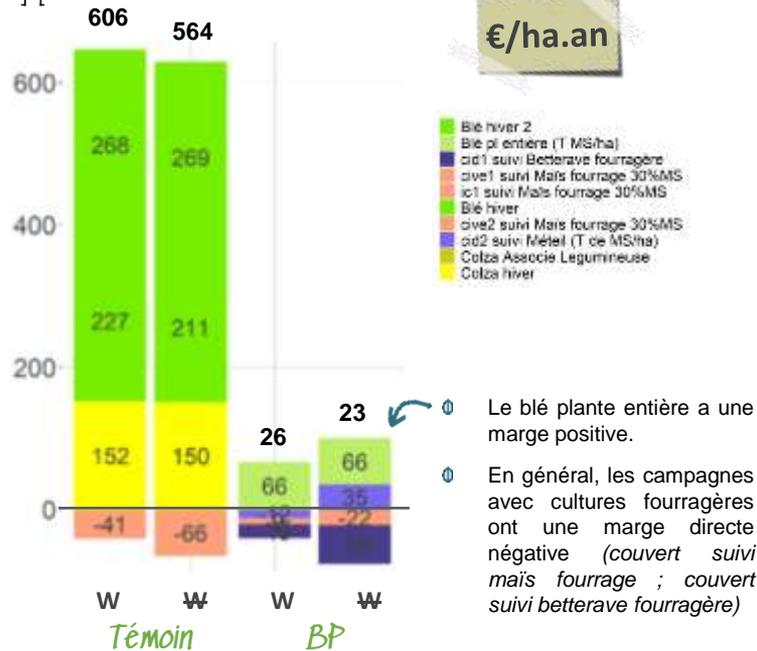


Marges directes obtenues pour les différents systèmes

- Comprendre la marge directe du système *Biomasse prioritaire* -



Comment expliquer que la marge directe du SdC biomasse prioritaire est plus faible que celle du témoin ?



Contribution des termes culturaux à la marge directe des systèmes de culture testés en €/ha.an

- ❶ La marge directe du système *biomasse prioritaire* est drastiquement plus faible que celle du témoin. Cela s'explique par :
 - Les prix de vente utilisés des cultures fourragères et biomasse bien trop faibles pour rendre ce système aussi rentable que le *témoin*.
 - Les charges liées aux 5 apports de digestats dans le système *biomasse prioritaire* plus élevées que les charges liées aux 3 apports de fumier et lisier sur le *témoin*.



L'évaluation économique a été réalisée à l'échelle du système de culture pour le système *BP* comme pour les autres systèmes de culture.

Toutefois, l'intérêt de ce système, tel qu'il a été conçu, est de **participer à l'autonomie alimentaire du troupeau et/ou d'un méthaniseur**. Ainsi les cultures ne sont pas directement destinées à la vente mais à être valorisées sur un atelier (vente de l'énergie ou du bétail). La **rentabilité de ce système devrait donc se regarder à l'échelle de l'atelier ou de l'exploitation agricole et non pas du système**.

La part de chaque terme cultural dans l'explication de la marge directe du système de culture est à relativiser. En effet, les charges attribuées à un terme cultural donné peuvent bénéficier à l'ensemble de la rotation.

Exemple : apports d'engrais organiques, travail du sol...

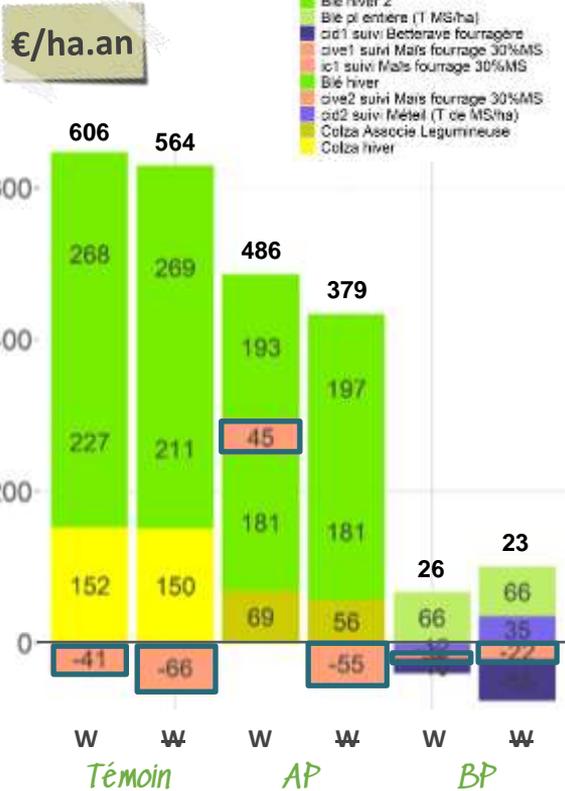


Prix de vente issus du RMT SdCi et retenus dans cette étude (Massot et al. 2016)

	Prix de vente (€/tMS)
Blé plante entière	102
Méteil	102
Maïs fourrage	73
Betterave fourragère	93

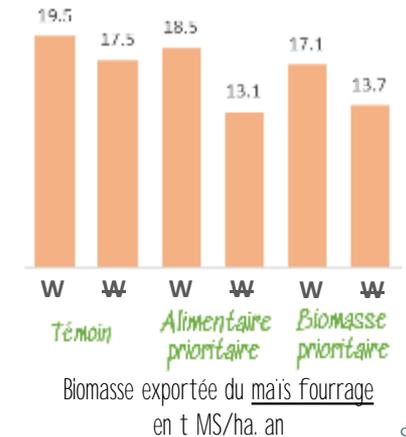
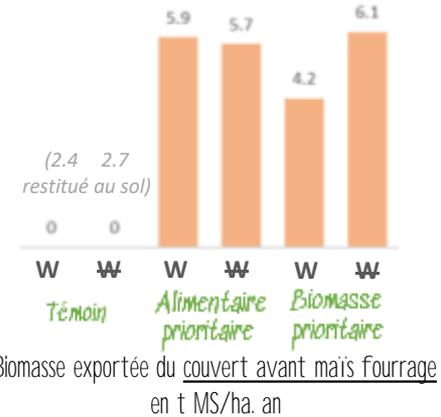
Marges directes obtenues pour les différents systèmes

- Part du couvert suivi d'un maïs fourrage dans la marge directe du système -



Marge directe des systèmes de culture testés en €/ha.an

- Les marges négatives des couverts suivi des maïs s'expliquent par des charges d'apport en engrais et amendement élevés. En effet, deux PRO sont considérés : un sur le couvert et un sur le maïs.
- Pour un type de travail du sol donné, les marges des couverts suivi maïs fourrage des systèmes alimentaire et biomasse prioritaires sont supérieures à celle du témoin. Elle est même positive pour le système de culture alimentaire prioritaire avec travail du sol. Cela s'explique par la récolte et la vente du méteil dans les systèmes alimentaire et biomasse prioritaires tandis que le couvert avoine vesce phacélie est restitué au sol dans le témoin.
- La marge brute est plus faible dans la modalité sans travail du sol. Cela s'explique principalement par un rendement en maïs moindre, et donc un produit brut inférieur. En effet, sans travail du sol :
 - Les repousses du couvert pénalisent le maïs fourrage (concurrence pour les réserves hydriques notamment)
 - Le réchauffement du sol est plus long, ce qui ralentit le développement du maïs (cf. évaluation agronomique du maïs)



RAPPEL DES HYPOTHESES DE PRIX DE VENTE

Prix de vente issus du RMT SdCi et retenus dans cette étude (Massot et al. 2016)

	Prix de vente (€/MS)
Maïs fourrage	73
Méteil	102



Réponse de la marge brute aux variations des prix de vente

SCENARIOS DE PRIX DE VENTE

Dans le cadre du RMT *Systèmes de cultures innovants*, huit scénarios reflétant l'étendue de la variabilité des prix de vente sur la période 2007-2014 ont été établis. Ils nous permettent ici de regarder la réponse de la marge brute à ces possibles variations de prix et ainsi voir si l'ordre de performance économique des systèmes de culture testés en est modifié.

Scénarios de prix de vente proposés par le RMT SdCI
(Massot et al. 2016)

	Scénario de prix (€/t MS)							
	n°1 (moyenne)	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8
Colza hiver	395	290	488	427	379	376	255	270
Blé hiver	201	195	231	195	175	173	138	126
Mais fourrage	73	94	114	90	99	54	67	54
Méteil	102	102	102	102	102	102	102	102
Betterave fourrag.	93	93	93	93	93	93	93	93
Blé pl entière	102	102	102	102	102	102	102	102

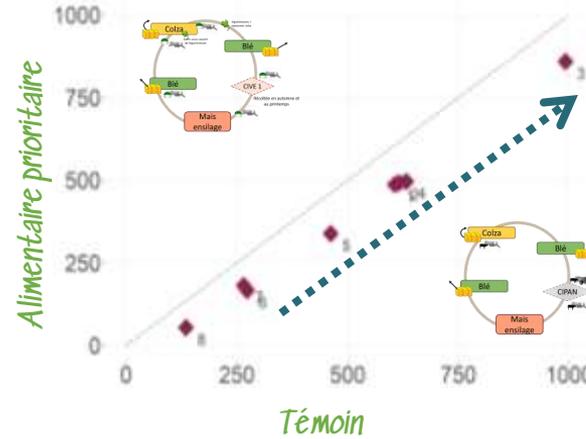
AIDE A LA LECTURE

Pour chaque scénario, la marge du système de culture *biomasse* est comparée à celle du système de culture *témoin*.

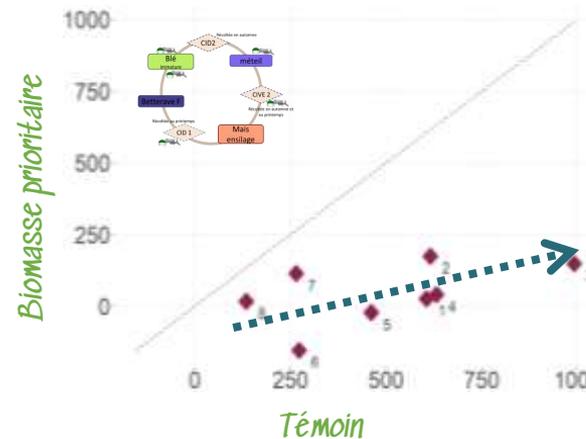
Pour un scénario donné (point), le système de culture *biomasse* a une marge supérieure à celle du *témoin* si le point est situé au-dessus de la bissectrice. Dans le cas contraire, sa marge est inférieure.



Graphiques pour les systèmes avec travail du sol.
Les résultats sans travail du sol sont similaires.



- ❶ Quelque soit le scénario de prix, le *témoin* présente une meilleure marge que *AP*, en lien avec les charges élevées des 5 épandages de digestat
- ❷ De plus, les systèmes ayant des cultures semblables, ils ont la même réponse aux différents scénarios de prix.



- ❶ Quelque soit le scénario de prix, le *témoin* présente une meilleure marge que *BP*.
- ❷ De plus, la marge du *témoin* est beaucoup plus sensible aux scénarios de prix que le système de culture *biomasse prioritaire*. Ceci s'explique par les prix de vente du blé plante entière, du méteil et de la betterave fourragère, **considérés comme fixes** pour les 8 scénarios de prix.



Synthèse

Enseignements globaux à retenir du cas d'étude
« Système de culture fourrager en travail et non travail du sol »



❶ Les CIVE longues d'hiver à 1 récolte



- Permettent d'exporter entre 2 et 4 T MS/ha pour une récolte précoce (mi-avril) ...
- ... et entre 8 et 12 T MS/ha pour une récolte plus tardive au mois de Mai (cas des céréales immatures)

Mais :



- Peu de marge de manœuvre dans le cas d'une récolte précoce (cycle plus court), surtout en non travail du sol
- Exportations importantes de P et de K.

❷ Les CIVE longues d'hiver à 2 récoltes



- Permettent d'exporter jusque 6 TMS/ha (cumul des 2 récoltes) grâce à sa composition d'espèces
- L'ajout de RGI permet de sécuriser le rendement pour la 2nd récolte, au printemps

Mais :



- Impact sur la culture suivante (maïs) notamment au niveau du salissement, surtout en non travail du sol
- Nécessitent des apports de P et K pour compenser les exportations importantes

POUR ALLER PLUS LOIN

Découvrez l'ensemble de nos travaux sur la production de CIVE

<http://www.agro-transfert-rt.org/filbiom/outils/production/cive/>

Produire de la biomasse en système polyculture élevage en Hauts-de-France

- ❖ Les **CIVE courtes d'été** constituent une solution d'opportunité qui se comporte comme une CIPAN, donc qui va piéger l'azote en automne-hiver
- ❖ L'exportation de paille est une solution envisageable pour exporter ≈ 4 T MS/ha (biomasse sèche pour diverses valorisations), à condition de raisonner la fréquence des exportations pour ne pas déstocker du carbone \rightarrow *Faire des simulations (SIMEOS-AMG)*



- 👉 Restituer une CIVE (couvert bien développé) par rapport à une paille permet de restituer autant de carbone mais plus d'azote pour la culture suivante (C/N paille $>$ C/N CIVE)

POUR ALLER PLUS LOIN

Découvrez l'ensemble de nos travaux sur le retour du carbone au sol
<http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/production/carbone/>

Et sur la production de CIVE

<http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/production/cive/>

Produire de la biomasse en système polyculture élevage en Hauts-de-France

Tendre vers une autonomie fourragère et/ou méthanisation

Un système avec une **succession de culture de printemps à fort potentiel de production de biomasse** permet de :



- Produire une importante quantité de biomasse (environ 60 T MS/ha sur la rotation)
- Tendre vers une autonomie fourragère et/ou de méthanisation grâce à des cultures diversifiés (intercultures, cultures dédiées) et aux différentes possibilités de valorisation de ces cultures

Mais, il y a des **risques de** :



- Epuisement des ressources en P et K
- Déstockage de carbone
- Salissement de la parcelle

Apporter des digestats de méthanisation dans son système

⚙ Les digestats :

- ne permettent pas de compenser des exportations P et K élevées
- rapportent moins de C humifié que les fumiers et lisiers
- ont une composition N,P,K très variable
- peuvent entraîner des concentrations en azote de l'eau sous-racinaire importantes s'ils sont apportés tardivement

Il est difficile de conclure sur la capacité des digestats à compenser les exportations de biomasse importantes. Des travaux sont à mener pour continuer à les caractériser.



Préférer un épandage au printemps et en été pour limiter le lessivage de l'azote, et garantir l'enfouissement pour éviter la volatilisation

Produire de la biomasse en système polyculture élevage en Hauts-de-France

- 
- ❶ Les systèmes de culture *alimentaire* et *biomasse prioritaires* ont une marge directe bien plus faible que celle du *témoin*.
 - ❷ Pour le système de culture *alimentaire prioritaire*, cela s'explique par :
 - les charges accrues liées aux 5 apports de digestat,
 - les charges accrues liées aux semences de légumineuses,
 - ❸ Pour le système de culture *biomasse prioritaire*, cela s'explique avant tout par :
 - une marge bien plus faible pour les nouvelles cultures (blé plante entière, méteil, betterave fourragère) par rapport à la marge du blé ou du colza.
 - les charges accrues liées aux 5 apports de digestat

L'évaluation économique a été réalisée à l'échelle du système de culture pour le système *biomasse prioritaire* comme pour les autres systèmes de culture.

Toutefois, l'intérêt de ce système, tel qu'il a été conçu, est de **participer à l'autonomie alimentaire du troupeau et/ou d'un méthaniseur**. Ainsi les cultures ne sont pas directement destinées à la vente mais à être valorisées sur un atelier (vente de l'énergie ou du bétail). La **rentabilité de ce système devrait donc se regarder à l'échelle de l'atelier ou de l'exploitation agricole et non pas du système**.

PRISE EN COMPTE DU DIGESTAT

La méthode retenue attribue un coût au digestat en fonction de la quantité d'éléments fertilisants apportés, conduisant à donner un coût assez important.

La méthode choisie peut poser question car elle correspond à un cas où un agriculteur vend ses cultures à un méthaniseur extérieur et rachète du digestat... ce qui ne se fait pas vraiment dans la pratique...

Dans une grande majorité des cas, même dans le cas d'un méthaniseur extérieur à l'exploitation, un agriculteur récupérera le digestat (puisque l'industriel ne peut pas le vendre). Ainsi, une grande partie des minéraux qu'il a exporté en vendant sa biomasse est « récupérée » en épandant le digestat issu de la méthanisation de cette biomasse.

Une autre solution aurait pu être de compter uniquement le coût lié à l'épandage, sans attribuer de coût à la partie fertilisante. Mais l'apport du digestat a permis de réduire les apports de fertilisants minéraux à l'échelle du système. Ne pas prendre en compte la valeur fertilisante du digestat conduirait à des coûts en engrais inférieurs pour les systèmes alimentaires et biomasse prioritaires.

Ce document a été réalisé dans le cadre du projet *Réseau de sites démonstrateurs*.

Ce projet vise à faciliter la mise en place des projets de la bioéconomie, ancrés sur les territoires, durables et pérennes dans les Hauts-de-France.

Coordination de l'ouvrage

Charlotte JOURNEL

Agro-Transfert Ressources et Territoires

<http://www.agro-transfert-rt.org/> - 03 22 85 35 23



Réalisation et rédaction de l'ouvrage

Arthur QUENNESSON

Charlotte JOURNEL

Justine LAMERRE

Lucile GODARD

Agro-Transfert Ressources et Territoires

Amandine DELIGEY

UniLaSalle

Avec l'appui de l'ensemble des partenaires du projet Réseau de sites démonstrateurs et en particulier de :

Julien GUIDET

UniLaSalle

Virginie METERY

Chambre d'agriculture des Hauts-de-France

Sophie DECAUX

Agro-Transfert Ressources et Territoires

Hélène PREUDHOMME

Agro-Transfert Ressources et Territoires

Publication janvier 2021

Démarche construite dans le cadre du projet *Réseau de sites démonstrateurs* 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

