



26 sites de méthanisation agricoles sont actuellement en fonctionnement en région Hauts de France ! La production de biomasse en interculture peut-elle participer à leur approvisionnement, total ou partiel, en substrats ?

Agriculteurs, chefs de site, conseillers ont besoin de références pour intégrer sereinement des Cultures Intermédiaire à Vocation Énergétique dans les unités de méthanisation.

Beaucoup d'interrogations demeurent en effet à ce sujet : choix et conduite des espèces, place dans le système de culture, bilan environnemental, récolte et conservation, valeur méthanogène, reproductibilité et rentabilité...

Cette fiche propose de synthétiser les connaissances acquises ces deux premières années en région sur les Cives au travers de réseaux d'expérimentations menés d'une part par les Chambres d'agriculture des Hauts-de-France, et d'autre part en collaboration avec AgroTransfert Ressources et territoires dans le cadre du projet réseau de sites démonstrateur IAR soutenu par le FEDER, le CGET et le conseil régional des Hauts-de France,

Cultures Intermédiaire à Vocation Énergétique en cycle court

Retour d'expérimentation 2017 sur le site de Vitry en Artois dans le Nord – Pas de Calais :

20 couverts ont été semés à trois dates différentes (12 juillet, 8 août, 28 août), avec deux conduites de fertilisation azotée (pas d'azote minéral ou 70uN), après labour sur un précédent escourgeon pailles enlevées en sol de limon profond.

En semis précoce, au 12 juillet, les couverts fertilisés ont produit 1,5 à 4,6 t MS/ha, contre 1 à 2,4 t MS/ha en non fertilisé. L'absence de fertilisation a fortement pénalisé les couverts en raison de la forte concurrence des repousses d'orge, exacerbée par les conditions particulièrement sèches de l'année.

Les semis du 8 août atteignent en général des rendements de 2 à 3 t MS/ha, avec un bémol pour le maïs (semis trop tardif), et un plus pour les mélanges fertilisés (4 à 5 t MS/ha).

Les semis de fin août ont moins souffert des conditions sèches. Les couverts confirmés (avoine, moutarde, radis, phacélie) et les mélanges (à base principalement de ces mêmes espèces) ont produit environ 3 t MS/ha, avec généralement un plus en faveur des modalités fertilisées. Cette date de semis s'est avérée par contre discriminante pour toutes les plantes exigeantes en température et en lumière (maïs, tournesol, légumineuses, avec pour ces dernières un bémol pour la vesce pourpre, le pois et la féverole dont le développement a été relativement correct).

	Semis du 12 juillet		Semis du 8 août		Semis du 28 août	
	0 uN	70 uN	0 uN	70 uN	0 uN	70 uN
minimum	1,0	1,5	1,4	1,9	0,1	0,1
moyenne	1,6	3,0	2,5	3,2	1,8	2,3
maximum	2,4	4,6	3,5	5,2	3,2	4,2

Conduite des Cultures Intermédiaire à Vocation Energétique en cycle court

Retour d'expérimentation mise en place en 2015 et 2016 sur le site de Catenoy

Des essais annuels de conduite de culture de CIVE ont été mis en place en 2015 et 2016. Ces essais devaient permettre de faciliter le choix des espèces à implanter par la réalisation d'un screening d'espèces seules ou en mélanges d'après leur production de biomasse et leur potentiel méthanogène.

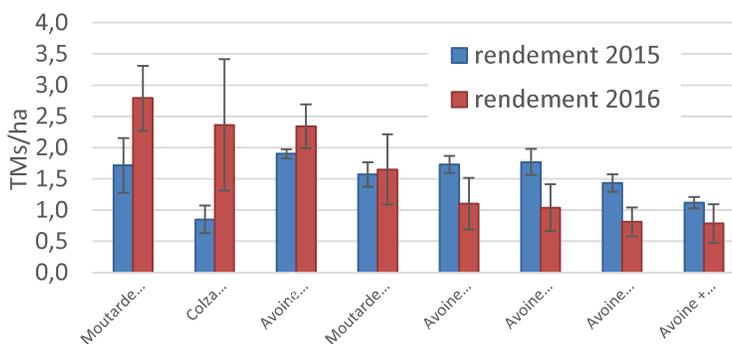
En 2015, toutes les modalités ont été implantées le 18/08/15 derrière un blé avec enfouissement des résidus, sans labour et un apport d'azote de 40 U à la levée. Deux dates de prélèvements ont été réalisées : une récolte précoce le 26/10/15 et une récolte tardive le 16/11/15.

En 2016, toutes les modalités ont été implantées le 24/08/16 derrière un blé avec exportations des pailles et un apport d'azote de 40 U à la levée. Une seule date de prélèvements a été réalisée : en récolte tardive le 14/11/16 du fait du trop faible développement des plantes en octobre.



Les rendements des CIVE sont globalement faibles, compris entre 0.5 et 2.8 TMS/ha. Ceci s'explique en grande partie par un semis tardif (fin août), des conditions sèches après le semis notamment en 2016 et une forte concurrence des repousses de blé (10-70 adventices/m²).

Les couverts présentant les biomasses les plus élevées sont les couverts contenant des crucifères ou de la phacélie, à l'inverse les modalités à base d'avoine présentent les rendements légèrement plus faible voir équivalent selon les années.



Retour d'expérimentation mise en place en 2017 et 2018 sur le site de Catenoy

Suite aux premiers résultats d'expérimentation de 2015/2016, des questions techniques sur les doubles cultures ont été identifiées par les ingénieurs conseil biomasse-EnR sur toutes les plateformes d'essais pluriannuels. L'une des questions concerne le choix de la deuxième culture à implanter derrière une céréale immature, notamment un seigle, et de la méthode d'implantation pour maximiser la biomasse, du fait de la date tardive de semis (fin juin-début juillet) et de l'état hydrique du sol suite à la céréale immature. Cet essai se focalise donc sur la productivité de différentes variétés de sorgho et/ou maïs et de différents écartements de semis. Les résultats seront analysés fin d'année 2018.



Conduite des Cultures Intermédiaire à Vocation Énergétique en cycle court

Synthèse des rendements obtenus sur le site de Vitry en Artois :

•Deux expérimentations en micro-parcelles ont été conduites à Vitry-en-Artois en 2016 (25 couverts dont 10 mélanges) et 2017 (20 couverts dont 6 mélanges), en sol de limon profond et précédent escourgeon pailles enlevées (après apport de fumier bovin en 2016 uniquement). Trois dates de semis ont été testées (mi-juillet, début août, fin août) pour simuler différents précédents (très précoce type escourgeon ou pois, blé précoce, blé tardif), croisées sans ou avec fertilisation azotée (0 ou 70uN sous forme d'ammonitrate) pour cerner la réponse à l'azote des couverts purs ou en mélange. La zone d'essai a été labourée pour limiter la concurrence des repousses d'orge, ce qui a été très efficace en 2016 mais pas en 2017 (les deux premiers semis 2017 ont subi de fortes levées de repousses au niveau des andains de moissonneuse).

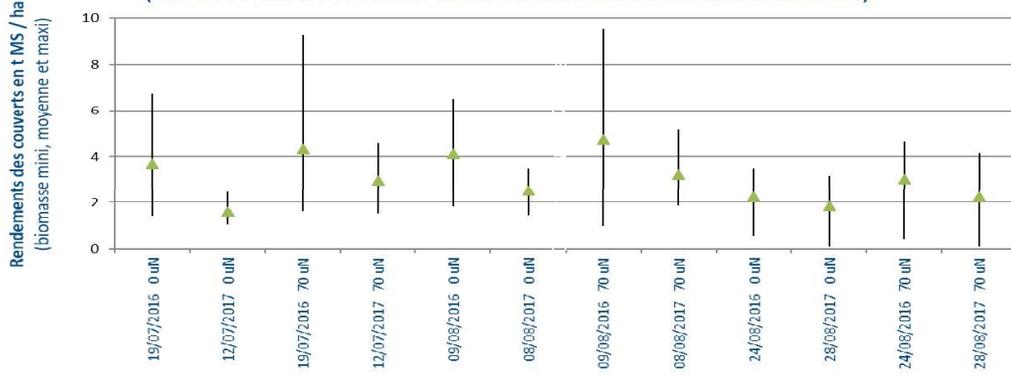
•Les productions de matière sèche des deux essais vont de 0,1 à 9,3 t MS/ha en 2,5 à 3 mois de végétation. Elles varient très fortement selon l'année d'essai (2017 a été pénalisé par un déficit hydrique très marqué), fortement avec la combinaison date de semis / espèce, et modérément avec la fertilisation azotée. En 2016, c'est le tournesol fertilisé qui a obtenu les meilleurs rendements lors des deux premiers semis avec 8 à 9 t MS/ha, suivi par la moutarde, la phacélie, le nyger fertilisés vers 5 à 6 t MS/ha (les mélanges, notamment à partir de ces mêmes espèces, ont également bien fonctionné). Les légumineuses pures, non dépendantes à la fertilisation, sont par contre apparues en retrait en termes de potentiel de biomasse.



Les deux premiers semis de 2017 n'ont pas su réitérer ces performances, les développements moyens avoisinant les 2 à 3 t MS/ha sans qu'une espèce ou un mélange particuliers sortent réellement du lot (en tête vers 3 à 4 t MS/ha avec fertilisation : moutarde, phacélie, tournesol, maïs semé en juillet, vesce, pois, ainsi que les mélanges à base de ces mêmes espèces).

Les semis de fin août ont donné des résultats relativement similaires en 2016 et en 2017, avec des biomasses moyennes de l'ordre de 2 à 3 t MS/ha. Les espèces classiques d'interculture (moutarde, radis, phacélie, avoine) restent les plus performantes à ces dates de semis trop tardives pour les plantes exigeantes en chaleur et en lumière (nyger, sarrasin, tournesol, maïs, la plupart des légumineuses). Cette date de semis ne permet par contre pas d'atteindre de fortes biomasses ni de rentabiliser une récolte d'automne de CIVES.

Rendements des CIVES à Vitry en Artois en 2016 & 2017
(selon la date de semis et le niveau de fertilisation azotée)



Pouvoir méthanogène des CIVE

Le potentiel méthanogène correspond au volume maximal de méthane produit par tonne de matière fraîche. Celui-ci dépend principalement de la teneur en matière organique et de sa composition. Les essais menés en Picardie apportent des résultats enrichissants et contrastés sur les pouvoirs méthanogènes des CIVE. Enrichissants car il n'existe pas d'essais à grande échelle ni de références alors que de nombreux projets se lancent sur cette base d'approvisionnement. Contrastés car la variabilité des résultats est élevée, ce qui traduit justement la réalité des situations sur le terrain. Les premiers enseignement sont l'importance du rendement avec un minimum de 5 tMS/ha pour couvrir les coûts de production et du taux de MS (viser 25 %) pour d'une part faciliter la conservation au stockage et d'autre part produire suffisamment de biogaz (au minimum 400 m³/tMS) et ainsi avoir un intérêt en méthanisation agricole. Il conviendrait de déterminer le stade optimal de récolte, notamment en CIVE longue, pour maximiser les rendements (MS et biogaz) tout en ne pénalisant pas la culture principale suivante.

Substrat	%MS/MB	m ³ biogaz/tonne MO	m ³ biogaz/tonne MB	% de CH ₄	rendement en tMB/ha
CIVE courte avoine 2017	16.3	463.1	66.4	62.9	?
CIVE courte avoine + vesce 2017	11.89	506.1	50.5	63.6	12.6
CIVE courte avoine + vesce + trèfle 2017 (1)	10.62	536.6	48.7	59.3	23.5
CIVE courte avoine + vesce + trèfle 2017 (2)	19.37	437.5	73.2	63.9	5.2
CIVE courte avoine + vesce + trèfle 2017 (3)	14.39	524.3	63.8	61.8	6.9
CIVE courte avoine + vesce + trèfle 2017 (4)	16.53	261.2	36.7	62.6	6.0
CIVE courte colza fourrager 2017	10.28	535.6	44.1	62.0	19.5
CIVE courte moutarde abyssinie + trèfle alexandrie 2017 (1)	8.66	530.6	37.9	66.3	23.1
CIVE courte moutarde abyssinie + trèfle alexandrie 2017 (2)	9.91	586.8	48.8	60.9	30.3
CIVE courte ray grass + trèfle 2017	9.23	401.1	30.9	65.0	21.7
CIVE courte ray grass + colza (2ème culture) (1)	16.95	543.3	80.4	57.7	19.8
CIVE courte ray grass + colza (2ème culture) (2)	16.78	523.5	72.7	60.6	15.5
CIVE longue triticale + phacélie + trèfle violet + féverole hiver 2017 (1)	8.53	431.8	27.9	66.1	37.5
CIVE longue triticale + phacélie + trèfle violet + féverole hiver 2017 (2)	7.24	416.2	22.8	66.2	44.8
CIVE longue triticale + phacélie + trèfle violet + vesce + féverole hiver 2017 (1)	25.18	296.4	63.3	61.9	11.3
CIVE longue triticale + phacélie + trèfle violet + vesce + féverole hiver 2017 (2)	32.72	284.7	76.9	63.7	10.1
CIVE longue triticale + pois 2017	34.32	516.8	167.9	56.3	20.4
CIVE longue triticale + RGI + féverole hiver + vesce c + trèfle violet 2017 (1)	12.29	424.8	43.2	65.3	73.2
CIVE longue triticale + RGI + féverole hiver + vesce c + trèfle violet 2017 (2)	12.97	396.7	45.0	65.6	62.8
CIVE longue triticale + RGI + féverole hiver + vesce c + trèfle violet 2017 (3)	17.99	271.7	33.9	63.1	15.9
CIVE longue triticale + RGI + féverole hiver + vesce c + trèfle violet 2017 (4)	19.76	354.6	62.8	61.8	16.7
CIVE longue ray grass + trèfle violet 2017 (1)	22.84	398.3	83.1	61.0	17.5
CIVE longue ray grass + trèfle violet 2017 (2)	20.56	514.1	93.6	61.8	19.5
CIVE longue ray grass + trèfle violet 2017 (3)	21.45	488.1	93.1	63.1	18.6
CIVE longue seigle 2017 (1)	19.65	477.7	87.9	56.3	52.6
CIVE longue seigle 2017 (2)	46.53	328.0	145.8	53.2	25.8

Intérêts environnementaux - retour au sol des CIVE via le digestat

Retour d'expérimentation dans l'Aisne et l'Oise

Les CIVE sont cultivées pour être transformées en ensilage. Elles sont en générales fertilisées avec le digestat de l'unité de méthanisation à laquelle elles sont rattachées. Des essais sont menés afin d'évaluer l'impact agronomique, sur le long terme, de ces nouvelles cultures.

Le terroir qui a été choisi est celui qui présente les caractéristiques pédo-climatiques les plus favorables au développement des CIVE, le sud de l'Aisne et le sud de l'Oise.

Les suivis sont menés en plein champs, sur des parcelles menées en agriculture conventionnelle, qui accueillent des CIVE en inter-culture courte, maïs après pois ou orge, et des CIVE en inter-culture longue, blé, seigle, maïs ensilage, betterave ou blé avec une rotation tous les 3 ou 4 ans.

Seront suivis, l'évolution dans le sol du carbone, de l'azote, du phosphore, de la potasse, du pH. L'analyse prévue sur 10 ans débuterait à l'automne 2017.

En 2018, une analyse physico chimique du sol a été réalisée pour les 3 parcelles suivis. Les années suivantes seule une analyse chimique sera nécessaire. L'analyse chimique comprend, le carbone organique, le calcaire total, le pH eau, la CEC, le potassium, le Calcium, le Magnésium échangeable, le Phosphore, l'Azote totale, l'Azote potentiellement minéralisable, le C/N.

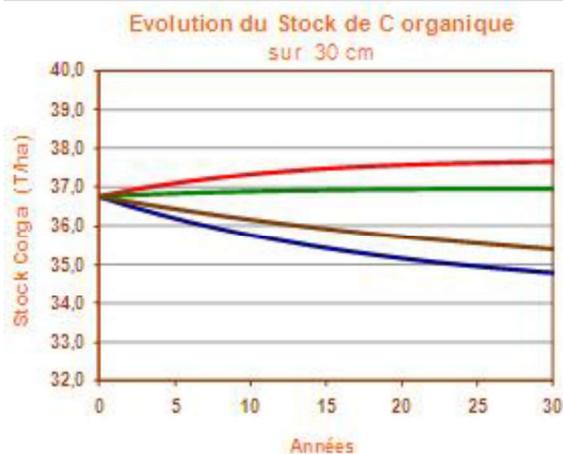
Ces analyses seront complétées par des analyses de biomasse microbiologique.

Présentation de l'outil Siméos AMG

L'outil est construit à partir du modèle de bilan humique à long terme AMG de l'INRA de Laon. A partir des données du système de culture (rotation culturale, les rendements des cultures, les cultures intermédiaires implantées, les amendements organiques, la dose d'irrigation le travail du sol), et des caractéristiques simples du sol de la parcelle et du climat local, SIMEOS-AMG :

- calcule les entrées annuelles de carbone au sol
- estime les pertes de carbone du sol
- simule l'évolution de l'état organique du sol dans les couches travaillées et non travaillées.

Exemple de comparaison d'évolution du stock de carbone organique du sol selon différents scénario de système de culture



Les résultats qui concernent la cinétique de dégradation du carbone sont traités par un outil de simulation SIMEOS-AMG.

Les premières modélisations réalisées avec SIMÉOS AMG sur l'évolution du carbone organique dans le sol démontrent que l'intensification des rotations pour l'export de biomasse à vocation énergétique accroît la restitution de biomasse racinaire. En effet, l'intensification de l'interculture et l'augmentation du taux de couverture du sol annuel permet une hausse de la production de biomasse racinaire (non récoltée). On observe donc un phénomène de compensation partielle des exports de biomasse aérienne par une hausse de la production de biomasse racinaire/ha/an. Ce phénomène s'accroît lors d'une hausse des rendements des CIVES.

Aisne – Guillaume RAUTUREAU
Oise – Xavier TÉTEREL
NpdC – Arnauld ÉTIENNE
Somme – Romain SIX
HDF – Élodie NGUYEN
Version mai 2018