



# Valoriser les CIVE pour l'approvisionnement des installations de méthanisation dans les Pays de la Loire



## Guide de réussite des CIVE en Pays de la Loire







# Notice d'utilisation du guide

Ce guide comporte 11 fiches. Pour accéder facilement à chacune des fiches, il vous suffit de cliquer sur les liens en bleu à partir du sommaire ou directement placés dans les différentes fiches.

Avant d'atteindre la première fiche, une présentation du projet VALOCIVE mais aussi un zonage pédoclimatique de la région Pays de la Loire vous permettra de comprendre les enjeux pédoclimatiques de la région mais aussi de comprendre les objectifs du programme.

A la fin de chaque fiche, un lien vous permet de retourner au sommaire si vous le souhaitez. Sinon vous pouvez continuer votre lecture de façon linéaire.

A la fin du livrable, vous trouverez l'ensemble des sources bibliographiques utilisées pour les différentes fiches. Chaque source est identifiée par un numéro selon son ordre d'apparition. Au sein des fiches techniques, chaque source est identifiée par son numéro inscrit en exposant. Les numéros correspondant aux sources sont en exposant dans les paragraphes des différentes fiches techniques.





# Sommaire

Titre	N° de page
<b><u>VALOCICE : un projet CasDAR de transfert et de capitalisation des connaissances</u></b> .....	<b>7</b>
<b><u>Zonage des Pays de la Loire pour les CIVE</u></b> .....	<b>9</b>
<b><u>Fiche 1 : Les CIVE : valoriser des cultures intermédiaires pour de multiples bénéfices</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>Fiche 2 : Insertion des CIVE dans les systèmes de culture ligériens</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>Fiche 3 : Potentiel méthanogène des CIVE</u></b> .....	<b>19</b>
<b><u>Fiche 4 : Rendement biomasse des CIVE</u></b> .....	<b>23</b>
<b><u>Fiche 5 : Réussir sa CIVE d’hiver - recommandations</u></b> .....	<b>27</b>
<b><u>Fiche 6 : Réussir sa CIVE d’été - recommandations</u></b> .....	<b>33</b>
<b><u>Fiche 7 : Fertilisation des CIVE et valorisation du digestat</u></b> .....	<b>37</b>
<b><u>Fiche 8 : Impacts à long terme des CIVE sur le bilan carbone</u></b> ..	<b>41</b>
<b><u>Fiche 9 : Le coût de production des CIVE</u></b> .....	<b>47</b>
<b><u>Fiche 10 : La récolte des CIVE</u></b> .....	<b>53</b>
<b><u>Fiche 11 : Le stockage des CIVE</u></b> .....	<b>59</b>
<b><u>Bibliographie</u></b> .....	<b>46</b>





# VALOCIVE : un projet CasDAR de transfert et de capitalisation des connaissances

Le projet de valorisation des connaissances sur les CIVE pour l'approvisionnement des installations de méthanisation dans les Pays de la Loire (VALOCIVE) a été initié en septembre 2019.

Il est piloté en partenariat avec ARVALIS-Institut du Végétal, l'Union des CUMA des Pays de la Loire et l'association AILE.

Ce projet, d'une durée de deux ans (2019-2021) est financé par les fonds du Compte d'Affectation Spécial au Développement Agricole et Rural (CASDAR). Il a pour objectif d'identifier les connaissances existantes sur la conduite des CIVE dans la région des Pays de la Loire, de les harmoniser et de les organiser en vue d'améliorer le transfert des connaissances vers les agriculteurs et leurs conseillers.

Ce projet doit permettre de renforcer les compétences des conseillers Chambre, d'améliorer l'accompagnement et le conseil des agriculteurs ligériens sur l'adaptation des CIVE en fonction de leurs systèmes de production et des conditions pédoclimatiques locales, pour qu'ils puissent en optimiser les bénéfices.

De plus, VALOCIVE doit orienter les prochains efforts de recherche en identifiant les zones d'ombre sur le sujet et communiquer sur les CIVE auprès de la filière ainsi que du grand public pour renforcer l'intérêt pour ce gisement énergétique au potentiel non négligeable.

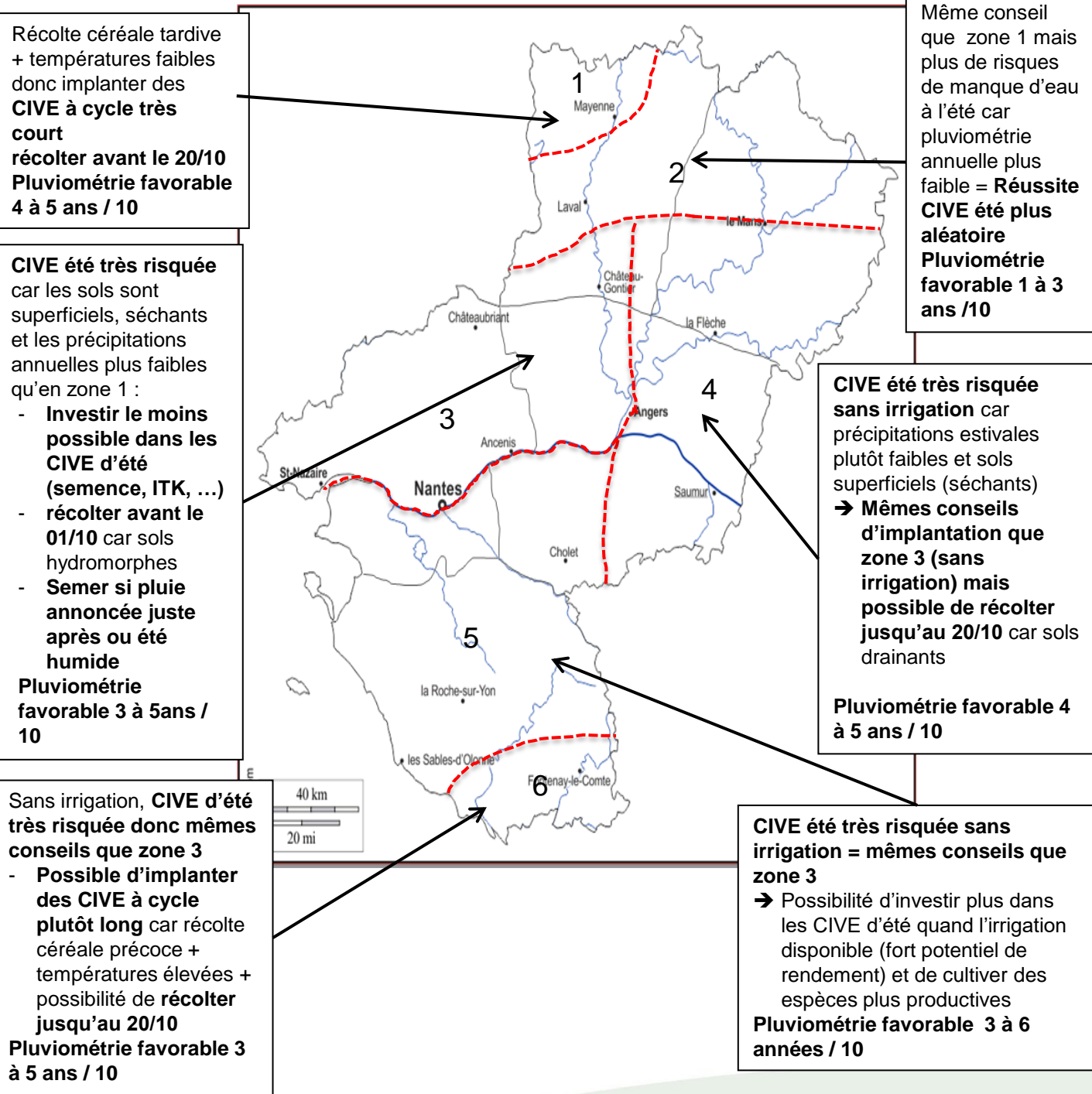






# Zonage des Pays de la Loire pour la conduite des CIVE d'été

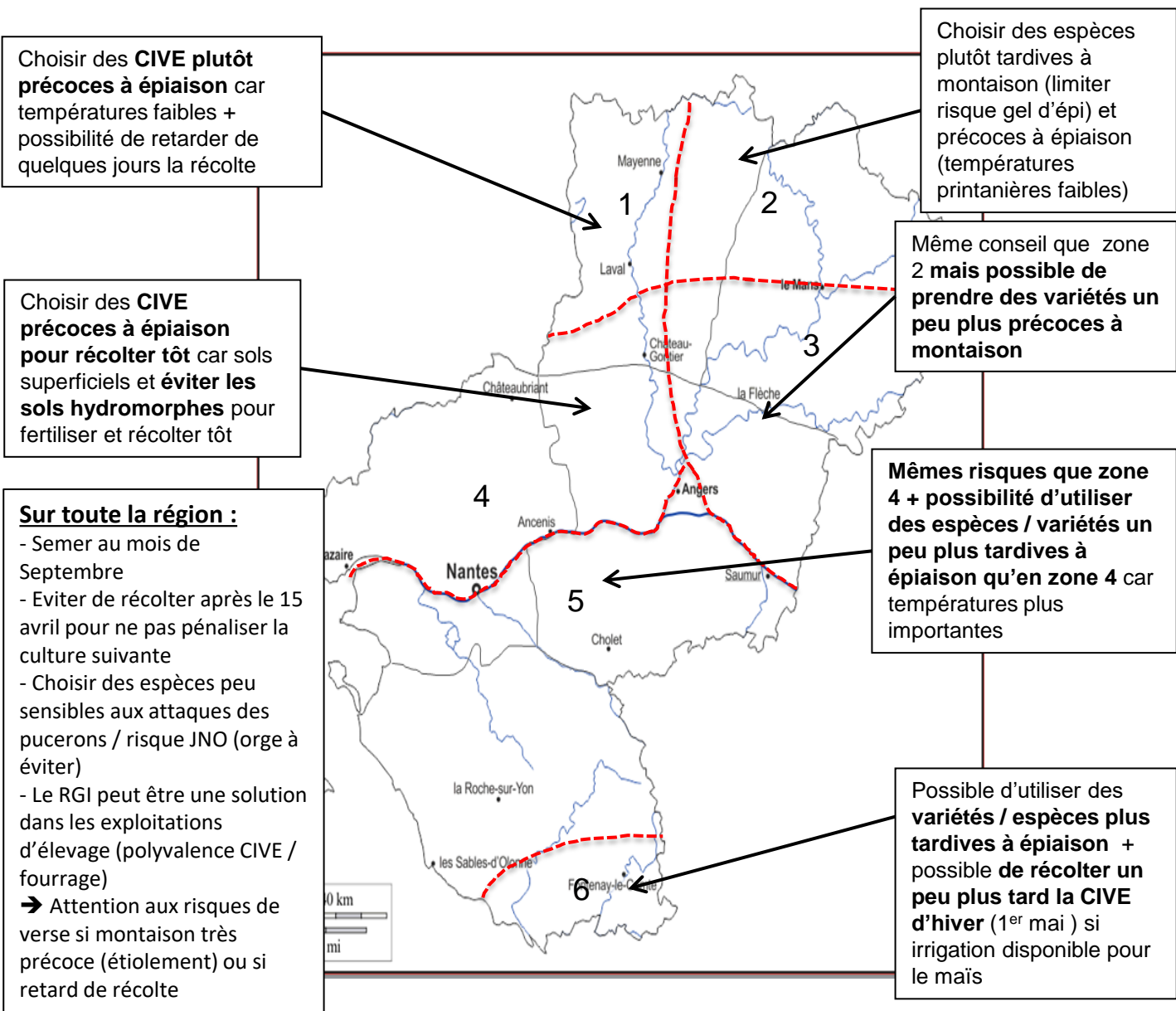
La carte ci-dessous détaille les recommandations générales pour l'insertion et la conduite technique des CIVE d'été pour chacune des zones identifiées au sein de la région.





# Zonage des Pays de la Loire pour la conduite des CIVE d'hiver

La carte ci-dessous détaille les recommandations générales pour l'insertion et la conduite technique des CIVE d'hiver pour chacune des zones identifiées au sein de la région.



[Retour au sommaire](#)



# Fiche n°1 - Les CIVE : valoriser des cultures intermédiaires pour de multiples bénéfices

## Point réglementaire : Qu'est-ce qu'une CIVE ?

Le code de l'environnement donne une définition d'une Culture Intermédiaire à Vocation Energétique (CIVE). D'après l'article D.543-291 du décret n°2016-929 du code de l'environnement, la CIVE est une culture intercalaire semée et récoltée entre deux cultures principales. On parle alors de séquence de 3 cultures en 2 ans.

Sur une parcelle donnée, est considérée comme culture principale la culture qui est soit :

- Présente le plus longtemps sur un cycle annuel
- Identifiable entre le 15 juin et le 15 septembre sur la parcelle (sur pied ou les chaumes)
- Une culture sous-contrat

## Deux types majoritaires de CIVE :

### Les CIVE d'été

Semis : après une culture récoltée en début d'été

Récolte : à l'automne avant le semis d'une culture d'hiver

Ex : Mélange phacélie-tournesol (Cf. Photo)



### Les CIVE d'hiver

Semis : après une culture récoltée l'été

Récolte : au printemps avant le semis d'une culture d'été

Ex : Seigle forestier + féverole (Cf. Photo)



## Quelles différences entre CIVE et culture dédiée à la production d'énergie ?

Une culture dédiée est une culture principale valorisée en énergie. La réglementation limite son utilisation à 15% du tonnage des matières entrantes dans le méthaniseur, ceci afin de limiter la concurrence avec les productions alimentaires.

## Pourquoi insérer des CIVE dans sa rotation ?

L'insertion des CIVE dans la rotation peut procurer de nombreux bénéfices :

### Agronomie

- Améliore la fertilité du sol <sup>4, 6, 7</sup>
- Améliore la gestion des adventices <sup>5, 6, 8, 10</sup>

### Economie

- Valorise une production en interculture
- Améliore le fonctionnement général du méthaniseur
- Compense la saisonnalité des effluents d'élevage
- Augmente la production de biogaz (BMP plus élevé que certains substrats <sup>11, 12</sup>)

### Environnement

- Réduit de la pollution des eaux (baisse érosion<sup>9</sup> + piège des nitrates <sup>2, 3, 4</sup>)
- Contribue à la biodiversité
- Peut fournir des ressources mellifères <sup>5</sup>
- Séquestre du carbone <sup>2</sup>

## Pour en savoir plus

- **Arvalis, 2016. Une interculture particulière pour produire de l'énergie.**  
[En ligne] : Disponible sur <https://www.arvalis-infos.fr/une-interculture-particuliere-pour-produire-de-l-energie-@/view-26937-arvarticle.html>

[Retour au sommaire](#)

### Contacts

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales  
[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)



## Fiche n°2 : Insertion des CIVE dans les systèmes de culture ligériens

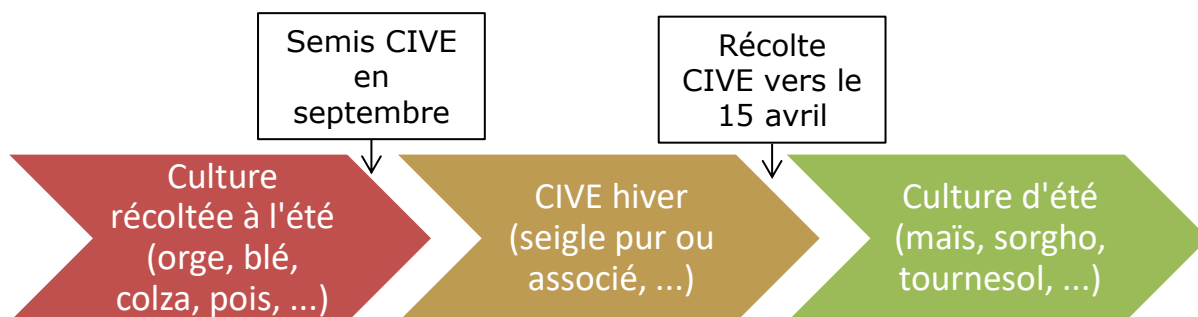
### Enjeux autour de l'insertion des CIVE

L'insertion des CIVE dans les systèmes de culture (SDC) ligériens doit répondre à plusieurs enjeux. Les espèces implantées doivent être adaptées aux successions culturales dans lesquelles elles s'insèrent pour maximiser le rendement en conservant les bénéfices agro-environnementaux d'une culture intermédiaire ([Cf. Fiche introduction](#)). Leur insertion ne doit pas fragiliser les autres productions de l'exploitation, en particulier le rendement de la culture alimentaire suivante. De plus, leur insertion dans un SDC doit être raisonnée de sorte à ce qu'elles contribuent à la régulation des bio-agresseurs (adventices, maladies fongiques, ravageurs).

En Pays de la Loire, plusieurs solutions existent pour introduire les CIVE dans les SDC :

### Insertion classique d'une CIVE : entre une culture récoltée à l'été et une culture d'été

Les **CIVE d'hiver** sont couramment implantées en Pays de la Loire entre une culture récoltée à l'été et une culture d'été implantée au printemps suivant ([Cf. Schéma ci-dessous](#)). Les principales espèces cultivées sont des graminées à fort potentiel de rendement ([Cf. Fiche réussite CIVE hiver](#)) comme le seigle, le triticale, l'avoine, ... Ces espèces sont soit implantées en pur, soit mélangées entre elles, ou associées la plupart du temps à des légumineuses (féverole, trèfle, vesce, ...). Dans ce dernier cas, l'objectif est essentiellement de renforcer le potentiel de fourniture en azote du SDC.



*Schéma représentant l'insertion majoritaire des CIVE d'hiver en Pays de la Loire*

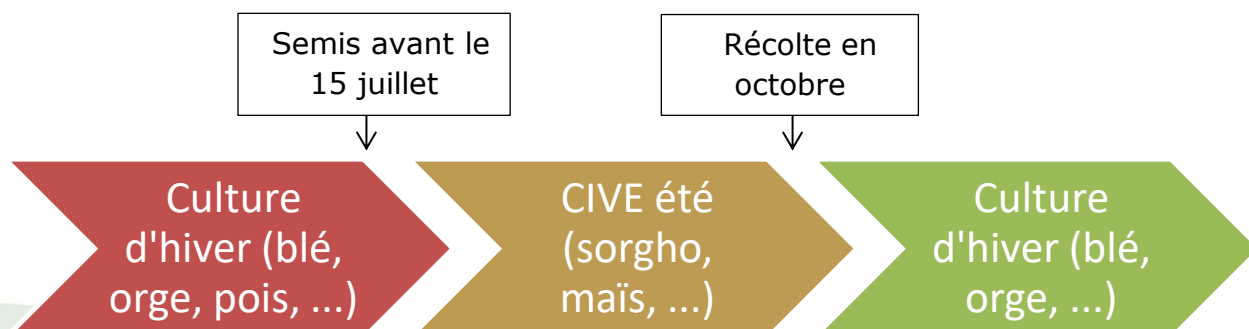
**NB :** Ces CIVE peuvent également être implantées après une récolte précoce de maïs ensilage, voire un maïs grain précoce ou une autre culture d'été à valorisation énergétique ou fourragère récoltée tôt.

## CIVE d'hiver

Avantages / Bénéfices	Inconvénients / limites	Points d'interrogation
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implantation relativement facile (retour de la pluie fréquente en fin d'été)</li> <li>▪ Potentiel de rendement intéressant (environ 6tMS/ha)</li> <li>▪ Potentiel de rendement plus stable d'une année à l'autre que les CIVE d'été</li> <li>▪ Espèces principales plutôt rustiques (seigle, triticale)</li> <li>▪ Valorisation possible en dérobée si besoin de fourrage</li> <li>▪ Associations graminées / légumineuses augmentent l'autonomie azotée du système</li> <li>▪ Bonne valorisation du digestat <sup>11</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rendement qui n'augmente fortement qu'en fin de cycle → Attention au décalage du semis de la culture suivante (15 jours de retard au semis = 1tMS/ha de perte en maïs) <sup>13</sup></li> <li>➢ Choisir une variété assez précoce à épiaison mais pas trop précoce à montaison pour limiter le risque de gel d'épi à la montaison</li> <li>▪ En sol superficiel : risque de pénaliser la réserve en eau pour la culture suivante</li> <li>▪ Consommation du stock d'azote minéral du sol pénalisant la culture suivante <sup>13, 14</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effets sur la gestion des maladies à moyen et long terme à l'échelle de la rotation peu connus</li> </ul>

### Insertion entre deux cultures d'hiver : c'est plus risqué

Une façon de cultiver les CIVE est de les insérer entre deux cultures d'hiver (Cf. Schéma ci-dessous). On les appelle couramment les CIVE d'été. Les principales espèces cultivées en CIVE d'été sont le maïs, le sorgho fourrager, le tournesol. Elles sont cultivées en pur ou en mélange. D'autres espèces telles que le moha, le niger, la phacélie ou le seigle de printemps sont testées également. Cette forme d'insertion est plus risquée parce que le temps de végétation est court et que sa réussite dépend fortement de la pluviométrie au moment du semis.



*Schéma représentant l'insertion majoritaire des CIVE d'été en Pays de la Loire*

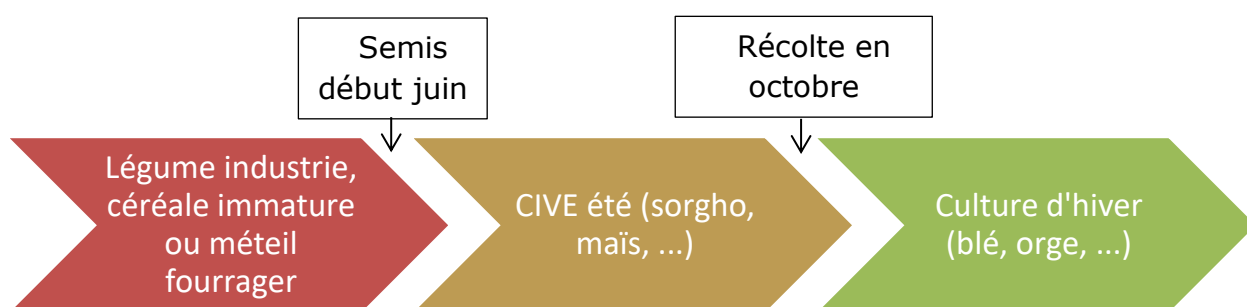
## CIVE d'été

Avantages / Bénéfices attendus	Inconvénients / limites
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Source supplémentaire de biomasse pour la méthanisation</li> <li>▪ Potentiel de rendement élevé si alimentation en eau suffisante</li> <li>▪ Couverture du sol en été qui peut contribuer à limiter le salissement (Sorgho, moha)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Réussite très aléatoire = risque d'échec important</b> car très dépendante de la pluviométrie estivale (Cf. <a href="#">Fiche réussite CIVE d'été</a>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Doivent être implantées aussitôt la récolte du précédent pour bien lever</li> </ul> </li> <li>▪ Faible concurrence sur les adventices des cultures d'été (tournesol et maïs) <sup>15</sup></li> <li>▪ Cycle court (&lt;120j) : choix d'espèces limité</li> <li>▪ Coûts de semences potentiellement élevé : à maîtriser vu le risque d'échec</li> <li>▪ Taux de MS faible à la récolte → difficulté de conservation</li> </ul>

### Insertion d'une CIVE entre une culture récoltée au printemps et une culture d'hiver

Semer début juin ses CIVE d'été entre une culture récoltée au printemps (légumes industriels, méteil, ...) et une culture d'hiver (Cf. schéma ci-dessous) peut être une solution pour allonger la durée du cycle de ces cultures et améliorer leur réussite.

**NB :** Cette insertion est possible avec toutes les cultures récoltées lors de la première quinzaine de juin (exemple : petit pois de conserve, ...)



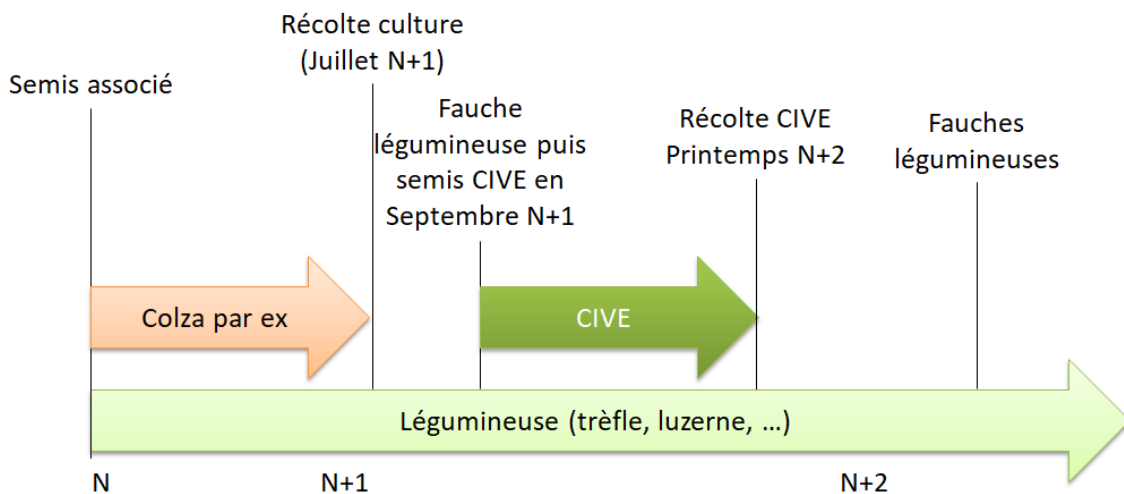
*Schéma représentant un semis précoce de CIVE d'été en Pays de la Loire*

Avantages / Bénéfices	Inconvénients / limites
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cycle moins exposé à la sécheresse estivale = <b>culture moins risquée que la CIVE d'été</b> semée en juillet</li> <li>▪ Cycle plus long que celui des CIVE d'été classiques = <b>potentiel de rendement plus important</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peu d'opportunité d'insertion de ce type de CIVE dans les SDC</li> </ul>

## Deux façons innovantes d'insérer des CIVE :

- **Des pratiques issues de l'ACS : les CIVE sous couvert vivant**

Certains agriculteurs innovent en suivant les principes de l'agriculture de conservation des sols (ACS) pour la conduite de leurs CIVE d'hiver, avec notamment le semis d'une CIVE d'hiver sous couvert de légumineuse (Cf. Schéma ci-dessous).



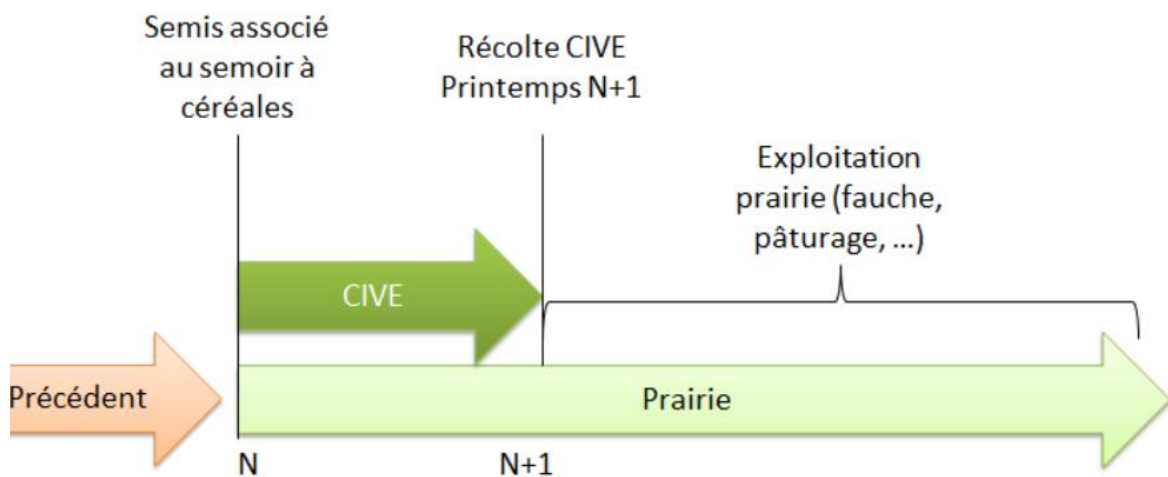
*Schéma représentant l'insertion des CIVE d'hiver sous couvert en Pays de la Loire*

<b>Avantages / Bénéfices attendus</b>	<b>Inconvénients / limites</b>	<b>Points d'interrogation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un système de culture avec un couvert permanent et non perturbé par le travail du sol limite les levées d'adventices à condition que le couvert permanent soit homogène et en l'absence de vivaces <sup>16</sup></li> <li>▪ Diminution des charges de mécanisation <sup>16</sup></li> <li>▪ Augmentation autonomie azotée du système avec la légumineuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Besoin en matériel spécifique (semoirs de semis direct, ...)</li> <li>▪ Technicité de la conduite, notamment pour la régulation du couvert (attention à la concurrence du couvert sur les cultures) <sup>16</sup></li> <li>▪ Pas d'enfouissement possible du digestat → attention aux risques de volatilisation du NH<sub>3</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pratiques peu répandues, avec peu de références</li> <li>▪ Impacts du couvert de légumineuse sur le rendement de la CIVE</li> </ul>



## • La prairie sous couvert de CIVE

La prairie sous couvert de CIVE d'hiver est une pratique qui se développe chez les éleveurs de ruminants. Cette technique consiste à semer la CIVE et la prairie en même temps. Quand les espèces sont bien choisies, la prairie se développe en relai une fois la CIVE récoltée (Cf. Schéma ci-dessous).



*Schéma représentant le semis d'une prairie sous couvert de CIVE d'hiver*

Avantages / Bénéfices	Inconvénients / limites	Points d'interrogation
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sécurisation de l'implantation de la prairie : moins de salissement et installation plus facile sous couvert de céréale <sup>17</sup></li> <li>▪ Diminution des charges de mécanisation : 2 semis en un passage</li> <li>▪ Gain de temps pour l'entrée en production de la prairie <sup>17, 18</sup> → augmentation production fourrages sur la parcelle <sup>18, 19</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Choix d'espèces restreint pour limiter les charges (si graines de tailles très variables (ex : féverole et trèfle), recommandé de faire deux passages de semoir) <sup>17</sup></li> <li>▪ Attention à <b>choisir</b> des : <sup>17</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Graminée couvrantes (triticale, avoine, orge hybride) pour la CIVE</li> <li>➢ Prairies multi-espèces peu agressives → éviter RG hybride, trèfle violet, dactyle</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Encore peu de références</li> <li>▪ Impacts du chantier d'ensilage (compaction) sur la pousse de la prairie</li> </ul>

## Parole d'un producteur de CIVE

### Le GAEC de Geneton en bref (Lys-Haut-Layon, 49) :

- Polyculture-élevage
- Bovins viande, race limousine, 130 vêlages/an
- SAU : 250ha : blé, maïs, tournesol-maïs, prairies
- Méthanisation collective en cogénération (1190kW)

« L'insertion des CIVE sur notre exploitation n'a pas induit de grands changements. On produisait déjà des dérobées pour alimenter notre cheptel. L'élevage reste notre priorité et seulement l'excédent de dérobées part pour la méthanisation. Pour produire plus de fourrages, nous semons des prairies (dactyle + trèfle) sous couvert de CIVE (avoine + triticales + vesce commune + trèfle) vers le 20 septembre. Ce mélange est intéressant car il est productif, et n'impacte pas négativement l'implantation de la nouvelle prairie ».



Jean-Noël Girard,  
GAEC de Geneton (49).

## A retenir

- CIVE d'hiver : implantation la plus classique, avec des potentiels de rendement intéressants (environ 6t MS/ha) et des risques d'échec faibles
- CIVE d'été : semis aussitôt la récolte à l'été, réussite très dépendante de la pluviométrie estivale = culture très risquée
- De nouvelles méthodes = les CIVE sous couvert d'autres cultures

## Pour en savoir plus :

- Arvalis, 2016. Une interculture particulière pour produire de l'énergie. [En ligne] : Disponible sur <https://www.arvalis-infos.fr/une-interculture-particuliere-pour-produire-de-l-energie-@/view-26937-arvarticle.html>
- Chambre d'agriculture Pays de la Loire, 2017. Semis de prairies sous couvert de céréales d'hiver pour sécuriser l'implantation.

[Retour au sommaire](#)

## Contact

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales  
[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)



# Fiche n°3 : Potentiel méthanogène des CIVE

## Potentiel méthanogène : définition et enjeux

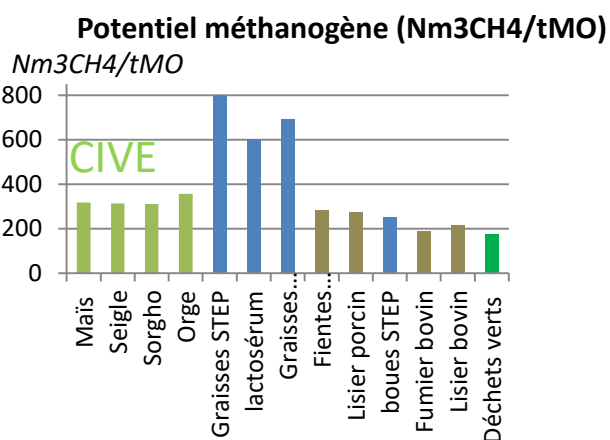
Le potentiel méthanogène ou Biochemical Methanogen Potential (BMP) se définit comme la **quantité maximale de méthane pouvant être produite** à partir **d'un substrat organique donné lors de sa dégradation en condition anaérobie durant le processus de méthanisation**.

Différentes unités sont utilisées pour exprimer le potentiel méthanogène d'un substrat : **la plus courante est le Normal m<sup>3</sup> de méthane par tonne de matière organique ou par tonne de matière volatile (Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tMO = Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tMV)**. Lorsque le numérateur est en kg, la quantité de méthane produite est en litres (L CH<sub>4</sub>/kgMO). Le pouvoir méthanogène peut également être indiqué par tonne de matière sèche (ex : L CH<sub>4</sub>/kg MS) ou encore par tonne de matière brute (ex : Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ tMB). Enfin, certains résultats d'analyse sont exprimés en volume de biogaz plutôt que de méthane : ils mesurent alors l'ensemble des gaz produits, principalement du méthane et du gaz carbonique, et apportent une information sur la quantité totale de matière organique transformée.

Pour un même type de substrat, on constate une variabilité importante du pouvoir méthanogène. Ce pouvoir méthanogène peut varier selon la composition du substrat. Enfin, le pouvoir méthanogène est calculé pour un substrat. En co-digestion, les différents substrats peuvent exprimer des productions de méthane différentes.

## Les CIVE : un BMP intermédiaire

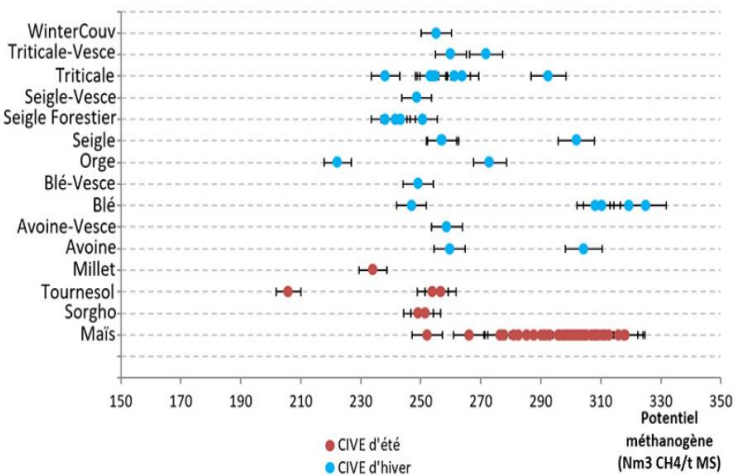
Le graphique ci-contre compare le potentiel méthanogène de différents substrats utilisables en méthanisation. Certains substrats non agricoles (graisses STEP, lactosérum, ...) sont plus méthanogènes que les CIVE (jusqu'à 800Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/tMO pour les graisses de STEP contre environ 300Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/tMO pour les CIVE). Ceci explique qu'ils soient assez convoités par les méthaniseurs. Les CIVE sont elles-mêmes plus productives que les effluents d'élevage (environ 200-250 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/tMO).



Graphique : Comparaison du BMP des CIVE, des effluents d'élevage et des substrats exogènes (Adapté d'ADEME, 2009)

**NB :** Le BMP des CIVE varie en fonction du stade de récolte et des conditions de production. Il est encore difficile de mettre en évidence des différences de pouvoir méthanogène significatives entre espèces.

## Pas de différence significative de BMP entre les espèces de CIVE



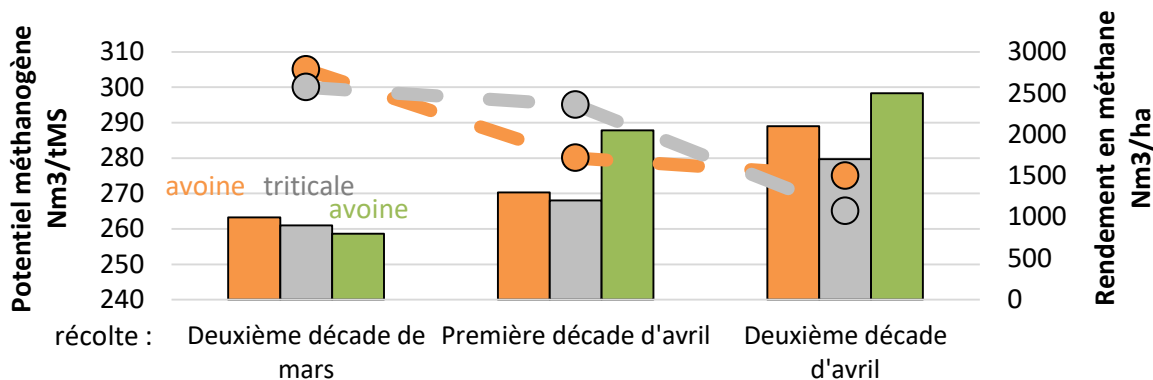
Le potentiel méthanogène des CIVE semble très peu influencé par l'espèce implantée. Leur BMP se situe en moyenne autour de 300 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/tMO. Lorsque les espèces cultivées sont comparées dans les mêmes conditions de production et à des stades identiques, aucune différence significative de potentiel méthanogène entre espèces n'est mise en évidence <sup>11, 25</sup>. Aussi, le choix de l'espèce à planter se fait plus par son potentiel de rendement que par son pouvoir méthanogène.

Graphique : BMP de différentes CIVE (Source : Marsac et al., 2021)

Source : compilation de données des projets RECITAL, OPTICIVE et CIBIOM

## La date de récolte des CIVE influence leur BMP

Maximiser le rendement en méthane (Nm<sup>3</sup>/ha) passe par la production de matière plutôt que par l'optimisation du pouvoir méthanogène par unité de matière.



Evolution du pouvoir méthanogène par tonne de couvert (points) et de la production de méthane par hectare (bâtons) en fonction de la date de récolte (Source : Marsac et al., 2021)

Sur le graphique ci-dessus, les potentiels méthanogènes de l'avoine et du triticale décroissent quand la culture avance dans son cycle <sup>11</sup>. Cette tendance est commune à toutes les céréales à paille et au maïs <sup>22</sup>, avec un début de décroissance observé à partir de la floraison (blé, triticale) voire du stade laiteux (orge, seigle, maïs). Cette baisse progressive du potentiel méthanogène s'explique par une augmentation du degré de lignification de la CIVE, la rendant moins digestible pour les microorganismes du méthaniseur <sup>11, 12, 25</sup>. Pour les espèces fourragères (trèfle, ray-grass, ...), le potentiel méthanogène se maintient du bourgeonnement à la floraison.

Le graphique montre également que la perte de potentiel méthanogène par tonne est largement compensée par l'augmentation du rendement en biomasse : en bilan, le potentiel de production de méthane par ha augmente avec le tonnage produit<sup>11</sup>.

## 5.1 Une vitesse de dégradation liée à la composition de la CIVE

La cinétique de production de biogaz ou sa vitesse de production dans le méthaniseur, est liée à la composition des matières entrantes et à leur digestibilité. Plus les substrats contiennent des composés simples, plus ils sont rapidement dégradables et transformés en biogaz. A l'inverse, plus les substrats sont lignifiés, plus leur décomposition et leur production de biogaz est lente et faible<sup>26</sup>. Ainsi, une CIVE très lignifiée produira moins rapidement du biogaz qu'une CIVE jeune peu lignifiée. Il faut donc s'assurer que le temps de séjour dans le méthaniseur est adapté à la cinétique de dégradation du substrat pour maximiser le rendement en méthane.

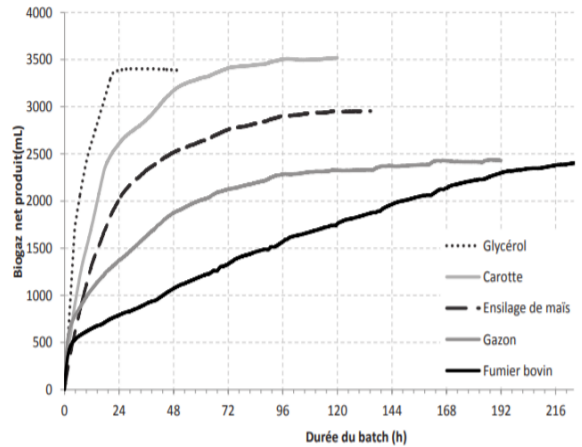
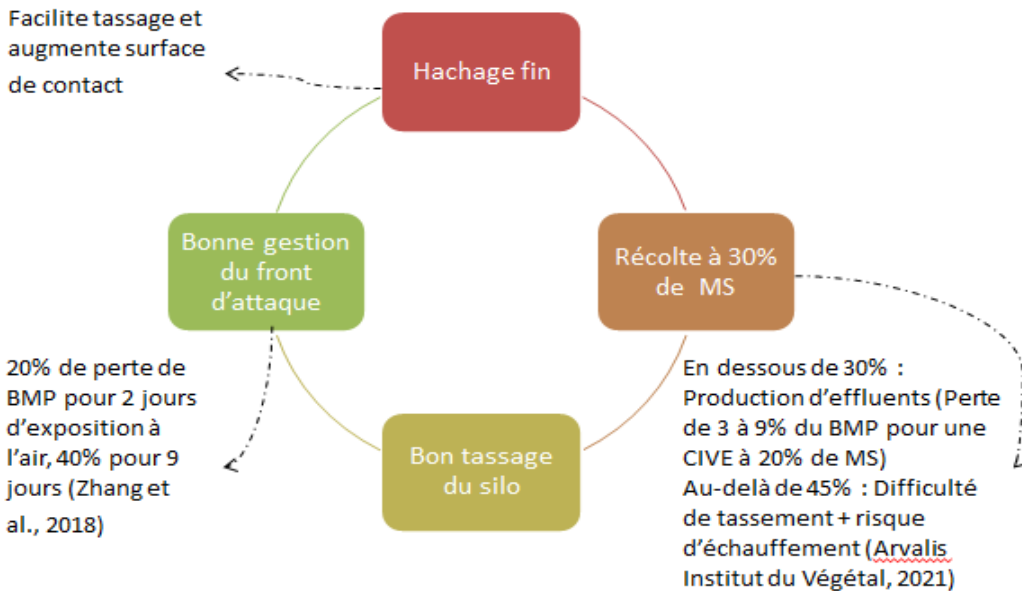


Figure : Cinétique de production de méthane en fonction des substrats (Source : Laperrière, 2018)

## 5.2 Préserver le BMP au stockage



En règle générale, les CIVE sont récoltées et stockées en silo à plat pour les conserver sous forme d'ensilage. Ce mode de conservation pourrait augmenter sensiblement le pouvoir méthanogène des CIVE en rendant les matières organiques plus accessibles aux microorganismes<sup>12, 27</sup>. Pour garantir une bonne conservation de la CIVE et de son pouvoir méthanogène, il faut respecter 4 règles (Cf. Schéma ci-dessus).

## Lire une analyse de BMP : mode d'emploi

DATE DE PRELEVEMENT	16/12/2019	IP
DATE D'ANALYSE	28/01/2020	G3012
PRELEVEUR ET REGION	Ouest	

REFERENCE DU RAPPORT :	
CODE SUIVRA	
NOM PRODUIT	1/3 AVOI 1/3 TRIT1/3 POIS/Tontes de pelouse

Paramètres	Unité	Résultats
MATIERE SECHE	% MB	22,20
MATIERE ORGANIQUE	%MB	20,50
MATIERE ORGANIQUE	%MS	92,34
FLASH BMP	LCH4/kgMV	319,73
FLASH BMP	LCH4/kgMB	65,54

Potentiel  
méthanogène en kg  
de MV (ou kg de MO)

FIABILITE DU FLASH	BMP fiable
--------------------	------------

## A RETENIR :

- Le pouvoir méthanogène ne constitue pas un critère de choix des espèces de CIVE à implanter. Celui-ci est essentiellement dicté par l'adaptation au contexte pédoclimatique et à la succession des cultures (voir fiche [Cive d'été](#) / fiche [Cive d'hiver](#))
- Le pouvoir méthanogène moyen des CIVE ( $\approx 300 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{tMO}$ ) est intermédiaire avec celui des effluents d'élevage et des déchets d'industrie agroalimentaire
- Pour produire du biogaz, il faut produire de la biomasse mais attention à la digestibilité de la matière en fonction du temps de séjour dans le méthaniseur

## Pour en savoir plus

- Marsac, S., Dagorn, N., Van Vlierberghe, C., Cresson, R., Cabeza-Orcel, P., 2021. Cultures de biomasse : zoom sur le potentiel méthanogène des CIVE. Perspectives Agricoles. [En ligne] : Disponible sur <https://www.perspectives-agricoles.com>
- Marsac, S., Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H., Quod, C., Sanner, E.-A., 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation.

## Contacts

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales

[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)

**Hubert GUERAULT** – Conseiller Energie

[Hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:Hubert.guerault@pl.chambagri.fr)

[Retour au sommaire](#)

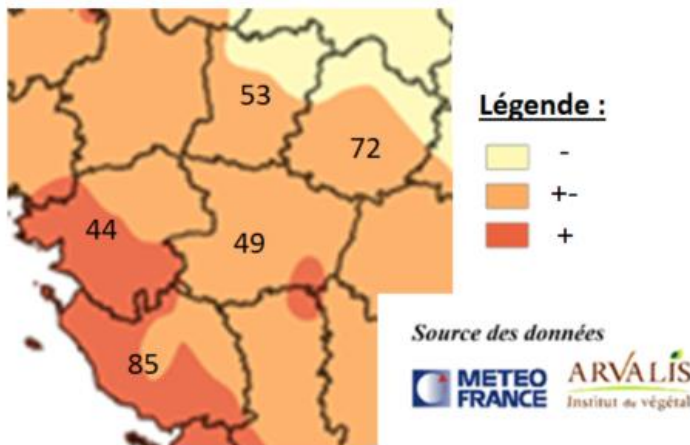


# Fiche n°4 : Rendement biomasse des CIVE

## Enjeux liés à la production de biomasse

Produire un maximum de biomasse avec une CIVE permet de maximiser la rentabilité de cette culture. En effet, le rendement en biogaz augmente avec la production de biomasse. La stabilité des rendements d'une année à l'autre est également importante pour sécuriser l'approvisionnement du méthaniseur.

## Rendements accessibles des CIVE en PDL



Carte : Potentiel de rendement accessible des CIVE d'hiver lié à l'offre climatique disponible (Semis au 11 septembre et récolte au 11 avril) (Source : Arvalis, Données météo France, Adapté du projet RECITAL)

En Pays de la Loire, l'offre climatique de la façade atlantique est supérieure à celle du reste de la région. Elle donne la possibilité d'atteindre plus fréquemment un stade de développement avancé au début du printemps et donc un

potentiel de production de biomasse supérieur à une date de récolte précoce. En revanche, l'offre climatique plus faible au nord de la Mayenne et de la Sarthe, conduira à attendre le mois de mai pour espérer atteindre le niveau de rendement visé.

Pour un semis vers mi-septembre et une récolte au 15 avril, **le potentiel de rendement moyen** de la CIVE d'hiver de type seigle fertilisé avec 60 à 80 kg d' $N_{\text{efficace}}$ /ha de digestat peut être estimé à **6tMS/ha** en Pays de la Loire avec la variabilité décrite par la carte ci-dessus.

## Une importante variabilité des rendements

Les travaux de recherche et premiers retours d'expérience des agriculteurs ont mis en évidence une importante variabilité des rendements des CIVE d'été et d'hiver<sup>11</sup>. Ces variations sont dues à plusieurs facteurs, dont une partie est liée à la gestion de cette culture intermédiaire.

## Les facteurs liés à la gestion des CIVE

### - Influence de la date de semis sur le rendement

Pour les CIVE d'hiver, les semis de septembre offrent les meilleurs potentiels. Des essais dans le sud de la France ont montré qu'un semis au 20 septembre comparé à un semis au 10 octobre fait gagner entre 2 et 5t de MS/ha selon les espèces pour une même date de récolte. Cette tendance a aussi été observée entre un semis au 21 octobre et au 4 novembre, avec 2,5tMS/ha de plus pour l'avoine semée le 21 octobre <sup>11</sup>. Ainsi, il faut être en mesure de semer à partir de mi-septembre dès le retour de la pluie pour assurer un démarrage rapide du couvert. Toutefois, il n'est pas conseillé de semer les CIVE d'hiver avant la mi-septembre pour éviter certains risques.



#### Risques en cas de semis trop précoce d'une CIVE d'hiver :

- Mauvaise levée car manque d'humidité au semis
- Risque de verse au printemps
- Augmente le risque de gel d'épi
- Augmente les risques sanitaires (salissement, JNO, maladies telluriques...)

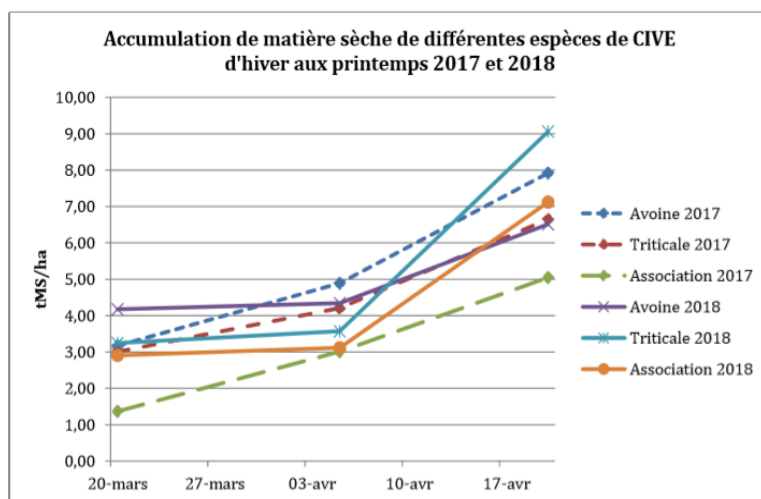
Plus les CIVE d'été sont semées tôt, meilleurs sont leurs potentiels de rendements <sup>20</sup>. De plus, pour maximiser leur rendement, les CIVE d'été doivent être semées au plus proche de la récolte de la culture précédente ([Cf. Fiche réussite CIVE été](#)).

### - Influence de la date de récolte sur le rendement de la CIVE

Graphique : Evolution du rendement des CIVE d'hiver au printemps.  
Source : Rapport OPTICIVE

Le rendement des CIVE d'hiver augmente fortement en fin de cycle (voir graphique). En effet, les rendements des CIVE (avoine, triticale, association avoine-vesce) augmentent relativement peu jusqu'au 3 avril (de +0.1 à +2tMS/ha).

La production de biomasse croit fortement à partir de début avril avec des augmentations allant de 2 à 4.5tMS/ha pour le triticale jusqu'à l'épiaison qui marque la fin de la forte période de croissance des céréales <sup>21</sup>. Les résultats d'essais <sup>22</sup> montrent que le seigle et l'orge se comportent comme le triticale ou l'avoine. Ainsi, retarder la récolte de la CIVE d'hiver jusqu'à l'épiaison passée de la céréale permet d'augmenter la production de biomasse et donc sa rentabilité.





Cependant, il faut être vigilant à ce que cela n'impacte pas la culture suivante ([Cf. Fiche insertion CIVE dans les SDC](#)). Pour maximiser le rendement de la CIVE d'hiver sans pour autant trop impacter la culture suivante, il faut privilégier des espèces / variétés précoces à épiaison (épiaison vers le 15 avril) et les semer en septembre <sup>23</sup>.

### - Influence de l'espèce cultivée

Pour les CIVE d'hiver, les résultats d'essais ne montrent pas de différences significatives de rendement entre l'avoine, le triticale et l'orge, en l'absence d'accident (risque de gel pour certaines variétés très précoces à montaison et risque virose)<sup>11</sup>. En revanche, les rendements des CIVE d'été sont variables selon les espèces cultivées ([Cf. Fiche réussite CIVE été](#)).

### - La fertilisation azotée est bien valorisée par les CIVE

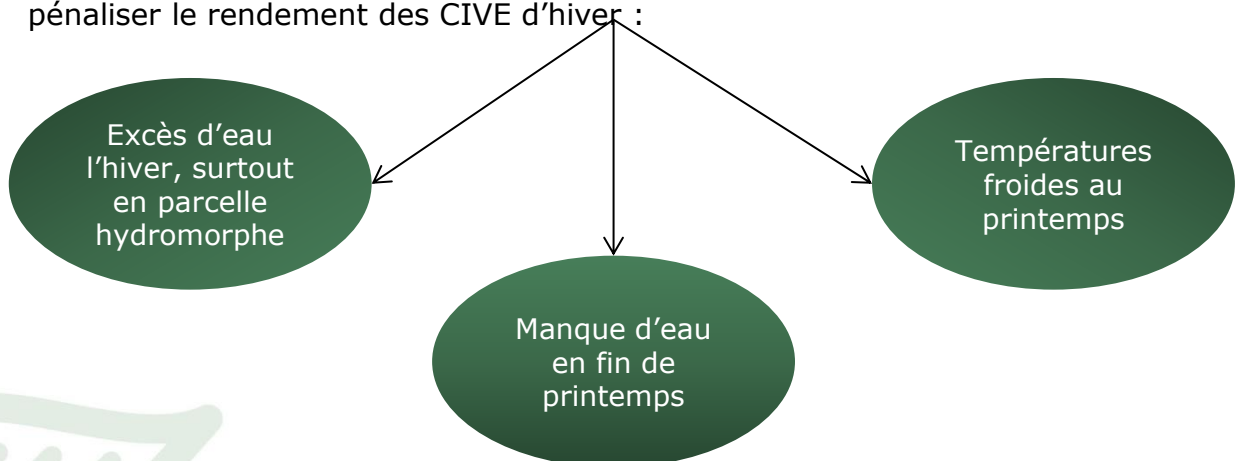
Une fertilisation raisonnable des CIVE (40-80kg d' $N_{\text{eff}}$ /ha), d'été et d'hiver, améliore significativement les rendements <sup>11, 24</sup> à condition que ces apports soient bien valorisés ([Cf. Fiche fertilisation des CIVE](#)).

## Les facteurs indépendants de la gestion de la CIVE

### - Le rendement des CIVE est dépendant du climat de l'année

La réussite des CIVE d'été est conditionnée par la pluviométrie estivale et la réserve utile (RU) des sols. Leurs rendements peuvent être très variables selon les années. Lorsqu'il ne pleut pas assez et que l'irrigation n'est pas possible, la CIVE d'été ne pousse pas et le rendement est nul. Quand la disponibilité en eau n'est pas limitante, alors les rendements peuvent être conséquents selon les espèces implantées.

Dans la région, trois facteurs climatiques principaux peuvent fortement pénaliser le rendement des CIVE d'hiver :



## - Les maladies/viroses et ravageurs :



Limaces sur seigle (très appétant)



JNO, notamment sur orge  
→ risque très important sur cette espèce très sensible



Oiseaux sur CIVE d'été (maïs, tournesol, ...) + autres ravageurs

## Ce qu'il reste à préciser sur le rendement des CIVE

- Potentiel de rendement précis selon la diversité des contextes pédoclimatiques ligériens et selon les espèces cultivées
- Potentiel de rendement par variété

## A retenir

- Rendement biomasse dépendant des conditions pédoclimatiques (pluviométrie, températures, ...)
- Semer tôt et récolter tard permet de maximiser le potentiel de rendement des CIVE mais trouver le meilleur compromis pour ne pas pénaliser les cultures principales de la rotation
- Fertiliser avec 60-80UN / ha augmente significativement le rendement des CIVE

## Pour en savoir plus :

- Marsac, Sylvain, Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H., Quod, C., Sanner, E.-A., 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation.
- Vrignaud, G., 2020. L'agronomie au service de la méthanisation ou la méthanisation au service de l'agronomie N. AE&S, Agronomie et méthanisation 10, 11.

[Retour au sommaire](#)

## Contact

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales  
[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)



# Fiche n°5 : Réussir sa CIVE d'hiver - Recommandations

## Enjeux des CIVE d'hiver

Les CIVE d'hiver constituent un gisement potentiel de qualité pour la méthanisation. Leur production permet de valoriser économiquement un couvert en interculture jusque là restitué au sol. Pour que cette production soit rentable, il faut viser une production de 6 à 7 t de MS / ha et contenir les charges de production. Toutefois, il convient de ne pas trop décaler le semis de la culture principale suivante pour ne pas impacter son rendement.

## Quelle espèce / variété choisir ?

	Famille	Densité de semis	Productivité (tMS/ha)	Tolérance au gel	Risques de repousses	Tolérance maladies / viroses	Tolérance excès d'eau / hydromorphie	Sensibilité verse
Seigle	Graminée	250-300g/m <sup>2</sup>	++	++	+	++	-	+/-
Triticale	Graminée	200-240g/m <sup>2</sup>	++	+ / ++ <b>! Choix variétal</b>	+	++	+/-	+
Avoine rude	Graminée	200-250g/m <sup>2</sup>	+	-	-	-	+	+/-
Orge	Graminée	250-300g/m <sup>2</sup>	+	+/-	-	--	-	+/-
Seigle-Triticale	Graminées	250-300g/m <sup>2</sup>	++	++	+	++	+/-	+
Seigle-féverole	Graminées + légumineuse	250-300g/m <sup>2</sup> + 5 à 10g/m <sup>2</sup>	++	+	+	+	--	+
Seigle-vesce	Graminée + légumineuse	250-300g/m <sup>2</sup> + 15-20kg/ha	++	++	+	++	-	+/-
RGI	Graminée	15-20kg/ha	-	+	--	+	++	+

### Légende du tableau ci-dessus

(++) Très intéressant	(+) Intéressant	(+/-) Moyennement intéressant	(-) Peu intéressant	(--) Pas intéressant
-----------------------	-----------------	-------------------------------	---------------------	----------------------

Tableau : Comparaison multicritères des principales CIVE d'hiver cultivées

## Les valeurs sûres : le seigle et le triticale :

Il faut privilégier des variétés précoces voire très précoces à épiaison mais pas trop précoces à montaison pour éviter le risque de gel d'épi. Semées en septembre, les variétés très précoces à montaison sont fortement exposées au gel d'épi car susceptibles de démarrer leur montaison dès la mi-décembre (à partir du stade épi 1 cm, le gel d'épi est possible en deçà de  $T_{\min} \leq -4 \text{ °C}$ ). L'enjeu de la destruction d'épis par le gel sur le rendement est de l'ordre de -2 t de MS/ha.

Plus on est au nord de la région, plus les variétés utilisées doivent être précoces à épiaison pour permettre de récolter la CIVE au plus tard début mai.

## Différents types de seigle existent :

- **Seigle fourrager** : variétés précoces à potentiel de rendement élevé en récolte précoce. Hauteur importante, attention aux risques de verse en fin de cycle  
Ex : Vitallo, Bonfire, Protector, ...
- **Seigle forestier** : plus tardif, il a un potentiel inférieur au seigle fourrager en récolte précoce. De plus, il talle plus et couvre mieux le sol que le seigle fourrager. Plus adapté pour une récolte tardive.
- **Seigle céréalier hybride ou lignée** : ces variétés, sélectionnées à l'origine pour la récolte en grain, sont plus tardives avec un potentiel biomasse en récolte précoce inférieur à celui des seigles fourragers. Les variétés hybrides sont souvent plus résistantes à la verse mais les semences sont coûteuses<sup>28</sup>.

**Remarque :** le seigle est une espèce très appétente pour les limaces.

## Les associations graminées/légumineuses : environ 20 % de légumineuses :

Les céréales peuvent être associées à une ou plusieurs légumineuses (féverole, vesce, pois fourrager, trèfles, ...) pour améliorer la fertilité du sol et ses fournitures en azote à moyen terme. Il est recommandé d'insérer au maximum 20 à 25% de légumineuses au semis<sup>11</sup>. Avec cette proportion, le rendement du mélange est proche de celui de la céréale pure. Les associations simples sont à privilégier pour faciliter la conduite culturale.

### Remarques :

- La vesce velue est plus adaptée aux conditions des Pays de la Loire que la vesce commune.
- Si l'on connaît la composition du mélange au semis, il n'est pas possible de prévoir le taux de légumineuses dans le mélange à la récolte – celui-ci dépend des conditions de culture et de milieu.
- L'introduction de légumineuses augmente potentiellement le coût en semences et peut compliquer la récolte (% MS à la récolte plus faible, risque de verse accru avec la vesce notamment).
- Une proportion trop importante de légumineuses dans la ration peut perturber le fonctionnement du méthaniseur.

## Le RGI (pur ou associé) : une certaine flexibilité pour les éleveurs :

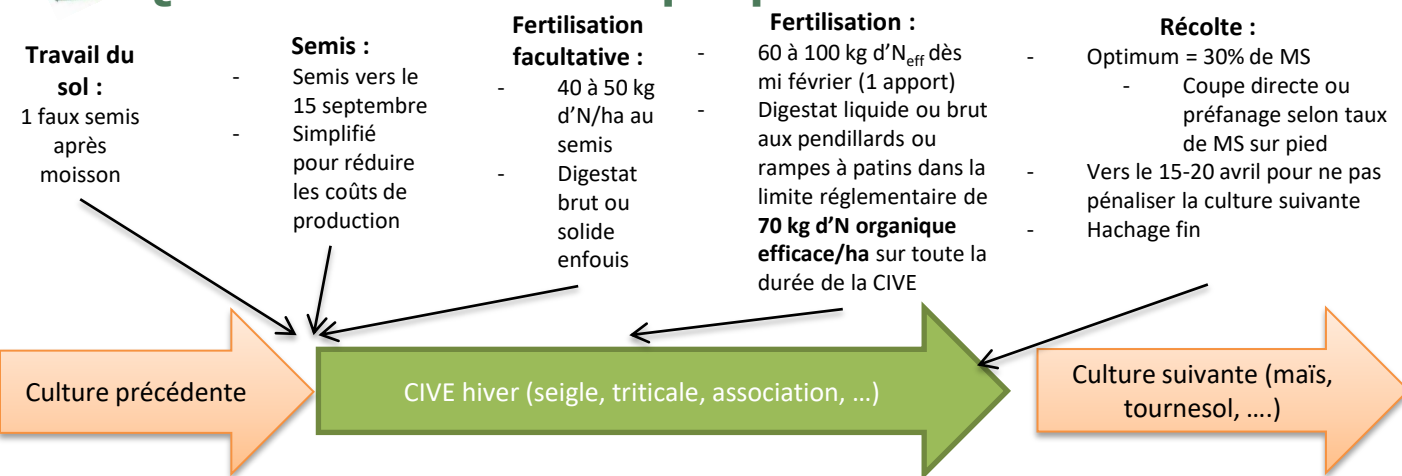
Le RGI peut être récolté en fourrage pour les animaux ou pour la méthanisation selon les stocks fourragers.

Attention : le RGI est plus difficile à détruire que les autres CIVE, ce qui peut impacter le rendement du maïs suivant.

### Les espèces à éviter :

- L'orge : bien que productive, cette espèce n'est pas adaptée à notre région car fortement exposée aux pucerons d'automne et à la JNO, même avec une variété tolérante à cette virose.
- Les crucifères (moutarde, colza fourrager, ...) : intéressantes pour la diversification des espèces cultivées dans les rotations, elles sont à éviter à cause de la production d'H<sub>2</sub>S dans le méthaniseur dont l'épuration est coûteuse et leur potentiel reste inférieur à celui des céréales. De plus, elles présentent un taux de MS très faible à la récolte qui complique la bonne conservation de la CIVE.

## Quel itinéraire technique pour une CIVE d'hiver ?



*Schéma : Exemple d'itinéraire technique pour réussir sa CIVE d'hiver*

### Implantation : un semis simplifié en septembre

Le semis sera réalisé à partir de début septembre, au retour de la pluie. L'optimisation du rendement exige une préparation soignée du lit de semences et des densités de semis adaptées.

Pour l'implantation, les techniques culturales simplifiées sont à privilégier pour contenir les charges de mécanisation et améliorer la rentabilité de ces cultures

## Plusieurs méthodes d'implantation sont possibles :

- Déchaumage superficiel (disques ou dents) et semis au combiné
- Semis direct avec semoir à disque ou à dents
- Roulage éventuel si les conditions sont sèches ou sur des parcelles à forte pierrosité

## La fertilisation des CIVE d'hiver = 60 à 100 kg d'N/ha :

L'apport d'azote est à privilégier en sortie d'hiver, période à laquelle les besoins des plantes deviennent importants et à faible risque de lixiviation. La CIVE valorise bien le digestat, épandu en végétation au plus près du sol avec une rampe à pendillards ou à patins, de préférence avant une pluie pour réduire au maximum la volatilisation ammoniacale. La dose épandue doit être ajustée selon les fournitures du sol.

Un apport au semis est moins optimal par rapport à la période de valorisation par la culture. Dans ce cas, on privilégiera un apport sous forme de digestat solide. Tous les apports doivent respecter la réglementation en vigueur ([Cf. Fertilisation CIVE](#)).

## Récolte de la CIVE : objectifs = 15-20 avril, 30% de MS :

La récolte de la CIVE d'hiver (cf. [La récolte des CIVE](#)) doit idéalement s'effectuer entre épiaison – floraison de la céréale. A ce stade, les céréales ont un taux de MS proche de 30% <sup>21</sup>, optimal pour garantir une bonne conservation par ensilage <sup>12</sup>. Toutefois, il faut veiller à récolter vers le 15-20 avril pour ne pas impacter la culture suivante, surtout dans les parcelles à sols superficiels.

### Deux modalités de récolte existent :



#### Fauche directe

- Quand teneur en MS proche de 30%



#### Préfanage

- Quand teneur en MS trop faible (<25%MS) ou matériel fauche directe indisponible
- Fauche préalable + reprise andain avec l'ensileuse
- Durée préfanage à ajuster selon teneur MS et conditions climatiques (températures, vent, ensoleillement, ...)

## Ce qu'il reste à préciser sur les CIVE d'hiver

- Parmi les espèces adaptées, quelles variétés sont les plus intéressantes en terme de production de biomasse dans notre région ?
- A long terme, quels sont les impacts du changement climatique sur les rendements des CIVE d'hiver ?

## Parole d'un producteur de CIVE

### **L'EARL PIOGER (Chérencé, 72) en bref :**

- Polyculture-élevage bovins viande (limousines) : 60 mères
- 240 ha de SAU (blé, maïs, prairies)
- Méthanisation individuelle en cogénération, 250kW

*«En 2020, j'ai semé fin septembre un mélange de seigle fourrager (50kg/ha), d'orge (50kg/ha) et de vesce (20kg/ha). Fertilisé avec 30m<sup>3</sup> de digestat au 20 février et récolté en coupe directe le 25 avril, j'ai obtenu un rendement de 48tMB à 16% de MS soient 7.7 TMS/ha. J'ai choisi de récolter à cette date pour deux raisons. En premier lieu, je ne voulais pas pénaliser le rendement du maïs suivant. L'autre raison est que la céréale était épiée et que, une fois ce stade passé, elle se lignifie et perd en digestibilité ainsi qu'en potentiel méthanogène».*

*Damien Pioger,  
EARL PIOGER (72).*

## A retenir

- Le seigle et le triticales sont à privilégier, avec des variétés relativement précoces
- Possible de les associer avec 20 % de légumineuses
- Semer en septembre et récolter autour du 15 avril à 30% de MS
- Entre 60 et 100 kg N / ha en sortie d'hiver

## Pour en savoir plus

- Marsac, Sylvain, Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H., Quod, C., Sanner, E.-A., 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation.

[Retour au sommaire](#)

## Contact

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales  
[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)

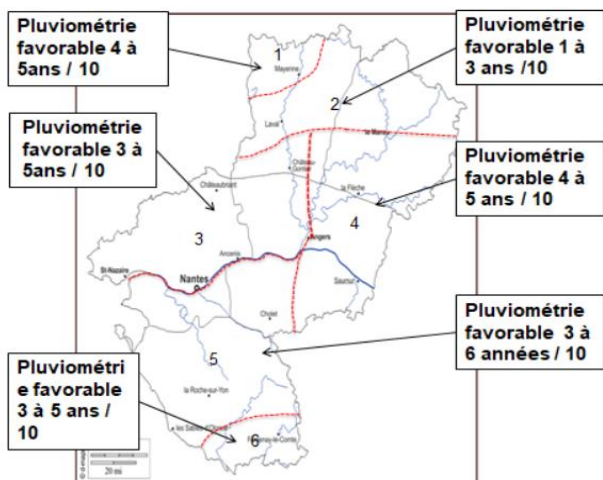




## Enjeux autour de la production des CIVE d'été

Les CIVE d'été constituent un gisement supplémentaire de qualité pour la méthanisation. Leur insertion dans les systèmes de culture est intéressante d'un point de vue agronomique car elle augmente la durée de couverture du sol de la rotation. Toutefois, la forte variabilité de leur réussite ([Cf. Fiche rendement](#)) impacte leur rentabilité et la régularité d'approvisionnement du méthaniseur.

## Une réussite très dépendante de la pluviométrie estivale



Carte : Chances de succès des CIVE d'été en Pays de la Loire (Source des données : Arvalis Institut du Végétal, Météo France)

La réussite des CIVE d'été est essentiellement conditionnée par la pluviométrie estivale. Pour que la CIVE d'été réussisse, il faut au minimum 20mm de pluie dans les 15 jours autour de sa levée et au moins 30mm de pluie dans le mois qui suit la levée. La carte ci-contre illustre que la pluviométrie de 2011 à 2020 a été favorable 1 à 6 années sur 10 selon les secteurs pour garantir leur bon développement sans irrigation.

## Quelle espèce de CIVE d'été choisir ?

Puisque l'implantation des CIVE d'été est très risquée, en l'absence d'irrigation pour sécuriser leur installation, il est recommandé de choisir des espèces dont les semences sont peu coûteuses, et / ou d'utiliser des semences fermières. Au sud de la région, où l'offre climatique en températures est plus élevée, il peut être intéressant d'investir un peu plus dans les semences de CIVE pour augmenter le potentiel de rendement si :

- L'irrigation est disponible
- Les conditions climatiques sont favorables.

### Remarques :

- Pour le maïs, le sorgho et le tournesol, choisir des variétés précoces <sup>29</sup>.
- Pour le sorgho multicoupe, la variété Piper est peu chère et limite la prise de risques. En revanche, elle est relativement ligneuse et donc moins digestible pour la méthanisation

Espèce	Famille	Densité de semis	Sensibilité maladies et ravageurs	Rendement biomasse (tMS/ha) (En conditions non limitantes)	Concurrence avec les adventices	Coût des semences	Maturité à la récolte début octobre pour un semis du :		
							01/06	01/07	15/07
Sorgho multicoupe	Graminée	25kg/ha	Oiseaux	++	+-	+-	++	+	+
Sorgho monocoupe	Graminée	220 000 à 250 000g/ha	Oiseaux	++	+-	+-	+	+-	--
Tournesol	Composée	30 à 40kg/ha	Oiseaux, limaces, sclérotinia	+	-	+-	+	+-	-
Association Sorgho multicoupe + Tournesol	Graminée + Composée	25kg/ha (S) + 15kg /ha (T)	Oiseaux	++	+	+-	++	+	+
Maïs (indice max = 200)	Graminée	80 000-100 000 g/ha	Oiseaux	++	-	--	++	+	+-
Moha	Graminée	20 à 25kg/ha		+-	+	+	+-	++	+
Niger	Composée	8 à 10kg/ha	Limaces	--	--	+	++	+	+
Mélange Tournesol, sorgho multicoupe, niger	Graminée + composée	20kg/ha	Oiseaux	++	++	--	++	+	+
Céréale de printemps (seigle, avoine)	Graminée	250g/m <sup>2</sup>		+	+	+-	++	+	+-

Légende du tableau ci-dessus

(++) Très intéressant	(+) Intéressant	(+-) Moyennement intéressant	(-) Peu intéressant	(--) Pas intéressant
-----------------------	-----------------	------------------------------	---------------------	----------------------

Tableau : Comparaison multicritères des principales CIVE d'été recommandées

## Une réussite très dépendante de la pluviométrie estivale

### Précédents adaptés :

- Orge et pois car ils libèrent les parcelles tôt → offre climatique plus importante pour la CIVE

### Semis :

- Avant le **15-20 juillet**
- Au plus proche de la récolte du précédent (maximum 48h après)
- Simplifié pour réduire la prise de risques

### Fertilisation :

- 40 à 50 kg d'N/ha au semis
- Digestat brut ou liquide enfouis aussitôt apport

### Irrigation :

- Sécurise la levée
- Disponibilité de l'eau ?
- Acceptabilité ?

### Récolte :

- Optimum = 30% de MS
- Avant le 1<sup>er</sup> octobre
- Hachage fin

Culture précédente

CIVE été (Sorgho, tournesol, maïs, ...)

Culture suivante (orge, blé, ...)

Schéma de la conduite technique classique d'une CIVE d'été

## Le semis :

Le semis doit être réalisé au plus tard 24 à 48h après la moisson du précédent pour profiter de l'humidité résiduelle du sol <sup>20, 30</sup>, idéalement **avant le 15 juillet** pour espérer une bonne implantation et une bonne production de biomasse <sup>4, 11, 20, 31</sup>. Pour maximiser la rentabilité de la CIVE d'été, il faut réduire au maximum les charges d'implantation avec un semis le plus simplifié possible tout en garantissant une bonne levée par la présence de terre fine autour des graines.

## **Plusieurs techniques de semis sont envisageables :**

	<b>Semis à la volée 2 à 3 semaines avant la récolte à la faveur d'une pluie &gt; 20 mm</b>	<b>Semis classique dans les 24-48h après la moisson</b> (semoir SD à dents ou disques ; semoir classique sur déchaumage ; semis à la volée suivi d'un déchaumage ; déchaumeur à dents équipé d'un caisson de semis avec descentes positionnant les graines derrière chaque dent et rouleau de rappui)
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Diminue la charge de travail à la moisson</li><li>- Couvert en place dès la moisson</li><li>- Adapté uniquement pour les petites graines (moha, céréales à paille, trèfles, ...)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Meilleur taux de réussite</li></ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Réussite très aléatoire car les semences ne sont pas enfouies</li><li>- Technique de semis non adaptée aux grosses graines</li><li>- Demande un équipement spécifique pour épandre les semences de façon homogène</li><li>- Besoin d'augmenter la densité de semis pour obtenir une population convenable <sup>32</sup></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Charge de travail à la moisson, surtout si pailles exportées</li><li>- Coûteux au regard des chances de succès</li></ul>

Lorsque la culture précédente est récoltée très tôt (début juin) ([Cf. Fiche insertion dans les SDC](#)), il est possible d'investir dans des CIVE plus onéreuses et de soigner l'implantation (strip-till, semoir sd monograine) puisque les chances de réussite sont plus importantes. Un maïs, un sorgho biomasse ou un tournesol sont alors adaptés.

## La fertilisation :

Pour être bien valorisé, le digestat doit être enfoui immédiatement au semis (afin de limiter les pertes par volatilisation). Pour plus d'informations, consulter la fiche « [Fertilisation des CIVE](#) ».

## La récolte :

Retarder la récolte n'apporte pas réellement de gain de rendement mais augmente les risques de verse de la CIVE et peut fortement pénaliser l'implantation de la culture d'hiver suivante <sup>29</sup>.

## Ce qu'il reste à préciser sur les CIVE d'été

- Impact des espèces sur la gestion des maladies à l'échelle de la rotation et à moyen terme
- Fréquence de réussite des CIVE d'été dans un contexte de changement climatique à moyen terme

## Parole d'un producteur de CIVE

### L'EARL Croix aux vents / SAS Nature Energie en bref (Petit Auverné, 44) :

- Polyculture-élevage
- Bovins lait, 190 VL Prim'Holstein
- Canards 400 m<sup>2</sup>
- SAU : 335ha : céréales, maïs, tournesol, pois, flageolets
- Méthanisation individuelle en cogénération (250kW)

« Selon moi, il faut semer les CIVE d'été dans les deux jours suivant la moisson du précédent pour bénéficier de l'humidité résiduelle et maximiser les chances de réussite. Pour aider le démarrage de la CIVE, j'épands du digestat juste avant le semis dans la limite des 50 kg d'N<sub>eff</sub>/ha autorisés. Pour limiter la prise de risque, je sème un mélange tournesol (20kg/ha) - sorgho multicoque (20kg/ha) avec des semences fermières de tournesol ».



Yoan VETU,  
GAEC de la  
Croix aux Vents (44).

## A retenir

- Réussite très variable et dépendante de la pluviométrie estivale
- Espèces les plus adaptées : sorgho, tournesol, moha,
- Semer avant le 15 juillet et au plus proche de la culture suivante (max 48h après)
- Fertiliser avec 40 à 50 kg d'N<sub>eff</sub>/ha pour maximiser le rendement

## Pour en savoir plus :

Gloria, C., 2021. Sécuriser la production en conditions sèches des Cive d'été. REUSSIR Gd. Cult. 24–26

[Retour au sommaire](#)

## Contacts

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales  
[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)



# Fiche n°7 : Fertilisation des CIVE et valorisation du digestat

## Enjeux sur la fertilisation des CIVE

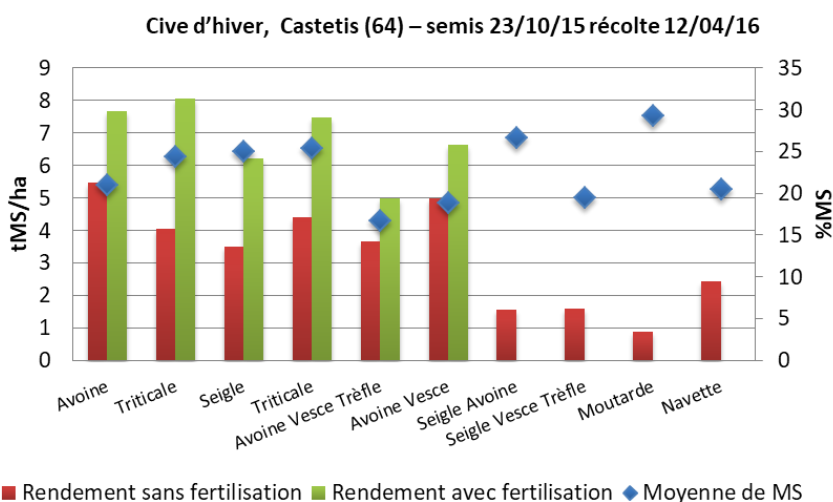
Les CIVE valorisent bien les apports d'azote organique et minéral. Toutefois, la fertilisation des CIVE doit être raisonnée (doses, dates d'apports, conditions climatiques, matériel utilisé) pour limiter au maximum les pertes par volatilisation d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et par lixiviation du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).

## La fertilisation azotée augmente le rendement

Les CIVE d'été ou d'hiver valorisent bien l'engrais azoté avec une augmentation du rendement à condition que les apports soient effectués en bonnes conditions (Cf. [Bonnes pratiques d'épandage du digestat](#))

Ainsi, un apport de 60 kg d'N/ha sur maïs, sorgho et tournesol a permis de gagner en moyenne 2t de MS/ha dans le sud ouest de la France (Source : OPTICIVE).

Dans cet essai (Cf. Graphique ci-dessus), fertiliser une CIVE d'hiver avec 80 kg d'N/ha en sortie d'hiver a permis de gagner entre 1.3tMS/ha et 4tMS/ha sur des céréales pures (avoine, triticale, seigle) mais aussi pour des associations céréale-légumineuse par rapport au témoin non fertilisé <sup>11</sup>.



Graphique : Effet d'un apport d'azote de 80 kg / ha en sortie d'hiver sur la production de biomasse des CIVE d'hiver (Source : OPTICIVE – sol limoneux, Béarn)

## Ajuster la dose apportée aux besoins en respectant la réglementation en vigueur

Les CIVE de type seigle exportent entre 13 et 15 kg N/t MS avec des besoins unitaires compris entre 18 et 22 kg N/t MS <sup>33</sup>. Ces besoins sont pourvus par les fournitures du sol et les apports.

Les doses appliquées sur les CIVE doivent impérativement respecter la [réglementation en vigueur](#).

Pour les apports organiques (digestat), le calcul de la dose à apporter doit prendre en compte le coefficient équivalence engrais (Keq) ([https://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/20201015\\_AP\\_GREN\\_2019\\_PDL\\_Vsignee\\_cle869c41.pdf](https://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/20201015_AP_GREN_2019_PDL_Vsignee_cle869c41.pdf)).

## Doses d'azote efficace recommandées (kg/ha) pour les CIVE d'hiver (Adapté du Gren 2020)

Objectif de rendement	De 5,5 à 6,4 t MS/ha	De 6,5 à 9t MS/ha	Plus de 9t MS/ha
Graminée pure ou moins de 20% de légumineuses à l'implantation	86	94	113
Graminées et légumineuses à l'implantation entre 21 et 40%	53	56	64
Graminées et légumineuses à l'implantation entre 41 et 60%	30	30	34

### D'après ce même arrêté :

- Les apports sur les CIVE d'été et à l'automne sur les CIVE d'hiver ne doivent pas excéder **50 kg d'azote efficace par ha et 100 kg d'azote total par ha**.
- Le total des apports organiques **avant ET sur la CIVE pendant toute la durée de son implantation** doit respecter **le plafond de 70 kg d'azote efficace par ha** prévu par le PAN.

Pour produire les CIVE, il est donc recommandé de les fertiliser avec :

CIVE été	CIVE hiver
40 à 50 kg d'N <sub>eff</sub> / ha <sup>11, 24</sup>	60 à 100 kg d'N <sub>eff</sub> /ha <sup>11</sup> dont 70 kg N <sub>eff</sub> /ha maximum en organique

## Périodes d'apport

**CIVE d'été :** digestat liquide ou brut à apporter juste avant semis. Enfouir aussitôt l'épandage pour que l'apport soit bien valorisé.

### CIVE d'hiver :

- **De préférence en végétation, à partir du 15 février :** un apport d'engrais minéral ou de digestat liquide ou brut réalisé à cette période de besoins importants, permet d'optimiser la fertilisation azotée.
- **Au semis, jusqu'au 30 septembre :** période d'apport possible mais moins adaptée par rapport à la cinétique d'absorption de la culture, apport de digestat solide à privilégier

**NB :** Il est impératif de respecter la réglementation en vigueur pour les dates et formes d'apport (<https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/agriculture-pays-de-la-loire/reglementation/directive-nitrates/zone-vulnerable/>).

## Le digestat brut = co-produit de la digestion anaérobie avec une bonne valeur agronomique

- Type I ou II selon C/N
- Statut de déchet = soumis au plan d'épandage, au respect de la directive nitrate et aux prescriptions ICPE <sup>23</sup>
- Le cahier des charges DIG (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042506471>) permet une autre valorisation du digestat. Le digestat devient un engrais organique et peut être vendu à d'autres agriculteurs dans le respect du cahier des charges.
- pH généralement plus élevé que le produit dont il est issu <sup>34</sup>
- C/N plus faible que le produit originel <sup>35</sup>
- Les éléments (N,P,K) sont conservés lors du processus de digestion
- Composition variable selon son origine (diversité de valeurs fertilisantes) → besoin de faire des analyses pour connaître son digestat

**NB :** Après séparation de phase, le digestat liquide contient l'essentiel de l'azote minéral ( $\text{NH}_4^+$ ) et du potassium (K) tandis que le digestat solide contient l'essentiel de la matière organique résiduelle et du phosphore (P). La répartition entre les 2 phases dépend de l'intensité du processus de séparation.

## Les bonnes pratiques d'épandage du digestat

L'épandage du digestat doit faire l'objet de précautions. En effet, sa composition le rend plus sensible aux pertes par volatilisation ammoniacale ( $\text{NH}_3$ ) que les lisiers ou fumiers dont il est issu. Pour limiter ces pertes et valoriser au mieux cet apport, il faut :

- Pour une application sur sol nu : enfouir le digestat (brut, liquide, solide) lors de l'épandage à l'aide d'enfouisseurs à dents ou à disques.

**NB:** l'enfouissement doit être effectué le plus proche possible de l'épandage car la moitié des pertes ammoniacales par volatilisation ont lieu dans les 6 heures qui suivent l'épandage <sup>23</sup> :

- Sur une culture en place (CIVE, céréale, maïs, prairie, ...) : épandre le digestat liquide ou brut au plus proche du sol avec une rampe à pendillards ou à patins. On privilégiera un apport par temps couvert, juste avant une pluie.
- Eviter les épandages lors de fortes chaleurs.



Photo : Epandage de lisier avec enfouisseurs



Photo : Epandage de lisier avec patins



Photo : Epandage de lisier avec pendillards

**Pour information :** la séparation de phase permet de limiter les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  puisque le N minéral et le carbone organique potentiellement minéralisables sont séparés .

## Travaux à poursuivre sur la fertilisation et les digestats

- Effets du digestat sur l'activité biologique des sols (plusieurs projets en cours)
- Intérêt du fractionnement de la fertilisation sur les CIVE (agronomique vs économique)

## Parole d'un collectif de producteurs de CIVE

### La BMGC de Tennie (72) en bref :

- 10 agriculteurs associés (tous en polyculture-élevage)
- 22 210 t MB/an (dont 50% de CIVE)
- Injection : 150 N m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>

« Pour la campagne 2020-2021, nous avons fertilisé nos CIVE avec 65 kg d'azote d'origine minérale au 15 février. Cet apport sur le mélange seigle forestier (80kg/ha) + féverole (30kg/ha) a été bien valorisé puisque le rendement moyen a atteint 10 t de MS/ha pour une récolte au 12 mai. Une fois la méthanisation en fonctionnement, nous remplacerons l'azote minéral par du digestat épandu avec des pendillards, en conservant les mêmes doses car nous pensons qu'il n'est pas nécessaire de fertiliser plus les CIVE d'hiver ».

Les associés de la BMGC de Tennie (72).

## A retenir

- Les CIVE valorisent bien la fertilisation minérale ou organique (digestat)
- Pratiques de fertilisation conseillées :
  - CIVE d'été : 40 à 50 kg N<sub>eff</sub>/ha au semis sous forme de digestat liquide ou brut
  - CIVE d'hiver : entre 60 et 100 kg N<sub>eff</sub>/ha de préférence au printemps (max 50kg N<sub>eff</sub>/ha digestat solide au semis et 70 kg N<sub>organique eff</sub>/ha sur toute la période d'implantation de la CIVE afin de respecter la réglementation)

## Pour en savoir plus :

- Marsac, Sylvain, Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H., Quod, C., Sanner, E.-A., 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation.

## Contacts

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales

[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)

**Hubert GUERAULT** – Conseiller Energie

[Hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:Hubert.guerault@pl.chambagri.fr)

[Retour au sommaire](#)





# Fiche n°8 : Impacts à long terme des CIVE sur le bilan carbone

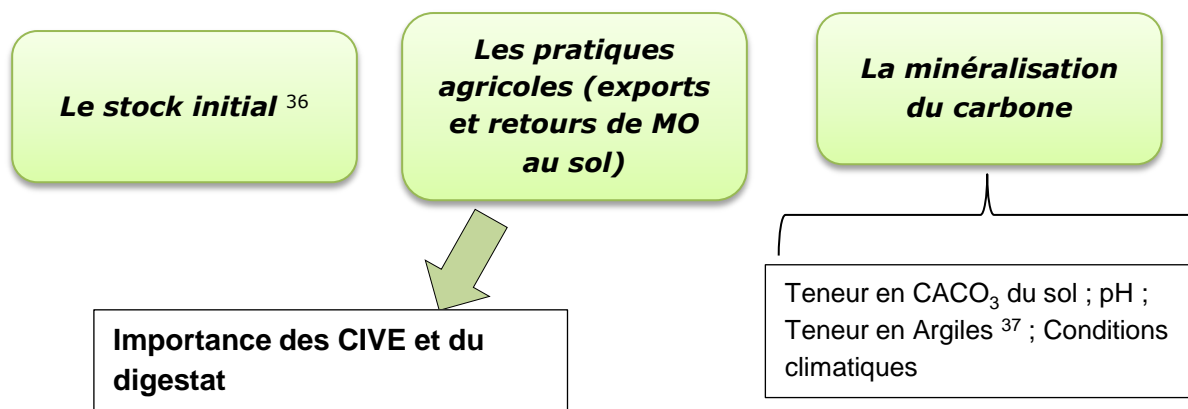
## Les enjeux du stock de carbone dans les sols

La teneur en matière organique (MO) des sols et le carbone qui les compose influencent la fertilité biologique, chimique et physique des sols. Une partie de la MO restituée au sol (débris végétaux, effluents d'élevage, ...) est humifiée et constitue la MO stable dans le sol. La matière organique du sol lui confère une résilience face aux aléas climatiques, notamment en contribuant à sa stabilité structurale : moindre sensibilité à la battance <sup>4, 7</sup>, meilleure infiltration de l'eau en période humide, meilleure rétention de l'eau en période sèche, rétention des éléments minéraux, échanges gazeux ( $O_2$ ,  $CO_2$ , ...) <sup>2, 3, 7, 9</sup>, réservoir alimentaire pour les micro-organismes du sol.

Les CIVE et les digestats sont des sources de carbone pour les sols. Toutefois, il est nécessaire de contrôler régulièrement l'état humique des sols pour s'assurer du maintien de leur fertilité.

## Les facteurs qui influencent le stockage du carbone

Trois facteurs principaux influencent le stockage du carbone dans les sols agricoles <sup>11</sup> :



## Impact de l'insertion des CIVE sur le bilan humique

L'impact de la production de CIVE sur l'évolution du stock de carbone dans un sol donné est indissociable des autres pratiques culturales mises en œuvre sur la parcelle. Le modèle AMG de l'INRA permet de simuler l'évolution du stock de carbone dans un sol en fonction de ses caractéristiques, des sources de carbone apportées au sol, de la minéralisation du carbone organique du sol sous l'effet du climat et des pratiques culturales. Son paramétrage a été enrichi par les références issues d'essais au champ. Il est donc possible de faire un bilan à priori par modélisation.

L'étude de cas suivante compare l'évolution de la teneur en MO d'une parcelle d'une exploitation ligérienne dont les pratiques seraient constantes pendant 30 ans, avant et après insertion de la méthanisation et des CIVE.

### Étude de cas : exploitation de polyculture élevage bovins lait Sol de limon sur schiste, teneur en MO initiale = 2,6% ; Labour tous les 4 ans

#### Système A : Avant méthanisation avec CIPAN :

Succession : Blé (75qtx/ha) – maïs (15tMS/ha)

CIPAN enfoui, 3 t MS / ha à la destruction en sortie hiver

Fertilisation : 38 t de fumier / ha + 20 m<sup>3</sup> de lisier avant maïs

#### Système B : Avec méthanisation et CIVE :

Succession : Blé (75qtx/ha) – CIVE : Seigle à 6tMS/ha - maïs (13tMS/ha\*)

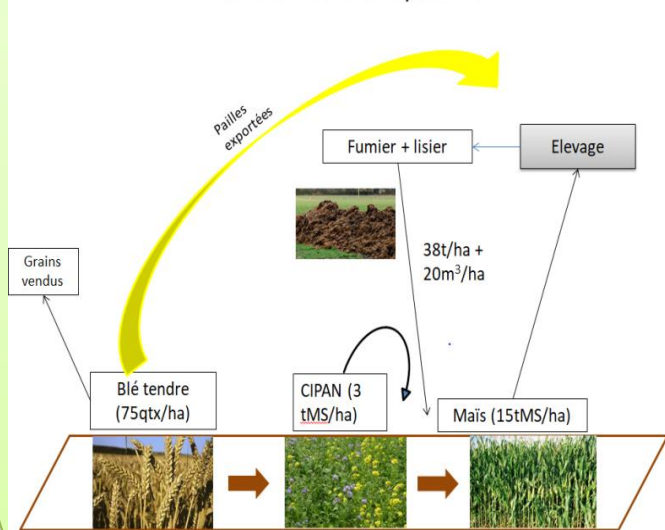
Fertilisation :

- 60m<sup>3</sup> de digestat liquide sur maïs + 20 t de digestat solide

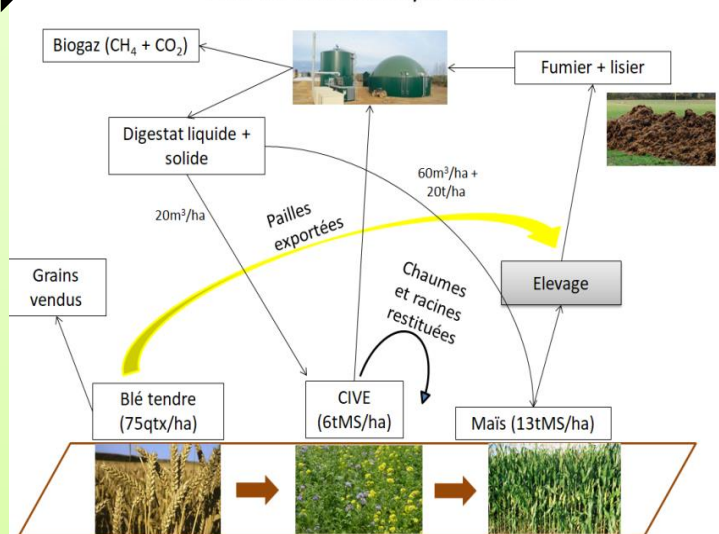
- 20 m<sup>3</sup> de digestat liquide sur CIVE

\* Le rendement en maïs est légèrement diminué du fait de la récolte tardive de la cive

Flux de matières système A



Flux de matières système B

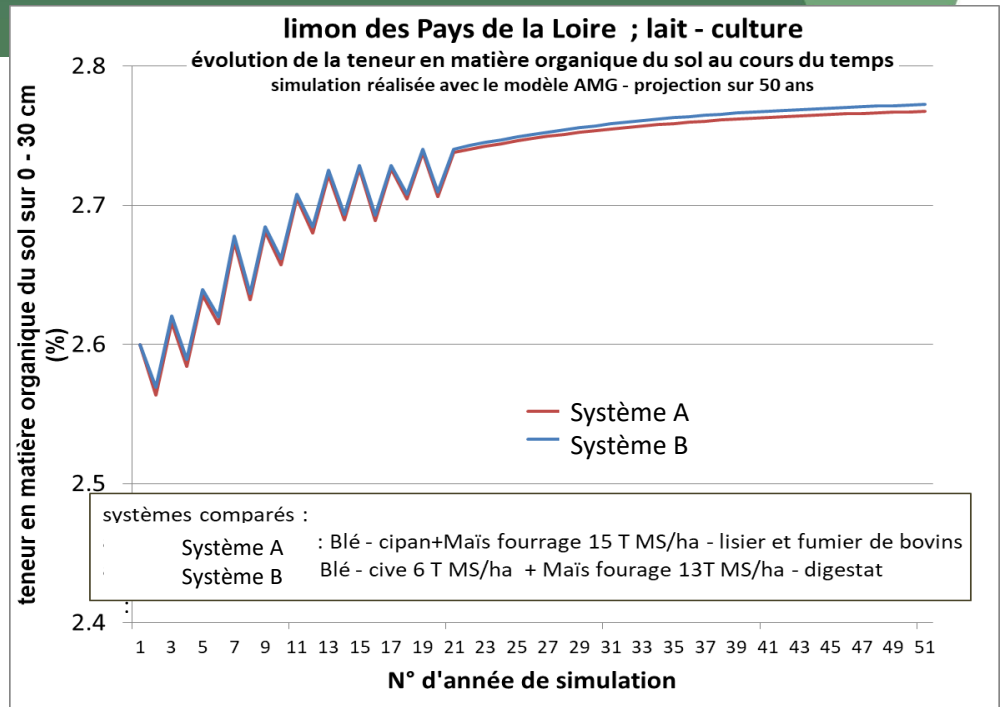


Graphique : Comparaison des flux de matières de la simulation entre les systèmes A et B

Graphique : simulation de l'évolution de la teneur en matière organique du sol au cours du temps avec et sans méthanisation pour l'exploitation type étudiée - simulateur Arvalis sur la base du modèle AMG

Tableau : Résultats des simulations AMG sur le cas type (% de MO) - calculateur Arvalis

**NB :** ces simulations sont réalisées avec le climat actuel (des 20 dernières années)



Au bout de 50 ans	Teneur MO initiale	Teneur MO après 50 ans	Variation de teneur MO
Système A sans méthanisation avec CIPAN	2.60%	2.77%	+0.17%
Système B avec méthanisation et CIPAN	2.60%	2.78%	+0,18%

## Conséquences de l'insertion des CIVE sur la teneur en MO des sols

Dans ce cas type, on notera que le système de culture n'est pas encore à l'équilibre étant donné que la teneur en MO du sol progresse très légèrement (+0.2 %) dans les 2 simulations, avec et sans méthanisation. Malgré les changements de pratiques et le remplacement d'un couvert totalement restitué par une CIVE en dérobée, l'apport de digestat à la place du lisier et fumier avec la méthanisation ne modifie pas ou très peu la trajectoire d'évolution de la MO du sol.

## Une intensification des exportations dans la rotation

Dans le système avec la méthanisation, la CIVE d'hiver conduit à exporter 6t/ha de MS tous les deux ans. Une partie de ce carbone (2/3) exporté est transformée en biogaz (CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub>) ([Cf. Schéma cycle MO](#)) et ne retourne pas au sol sous forme de digestat <sup>38</sup>.

Cependant, les simulations avec AMG (ci-dessus) indiquent que le remplacement d'un couvert de 3tMS/ha entièrement restitué au sol par une CIVE d'hiver dont on exporte 6tMS/ha ne dégrade pas la teneur en MO du sol. Plusieurs paramètres peuvent expliquer ces résultats, par ailleurs cohérents avec d'autres travaux <sup>39</sup>.

## Le système racinaire plus développé des CIVE compense les exportations de biomasse

Après la récolte de la CIVE, les racines et chaumes sont restituées au sol et constituent des retours directs de MO. Les mesures réalisées dans le cadre du projet OPTICIVE<sup>11</sup>, montrent que les chaumes de graminées de 10cm de haut représentent en général plus de 1tMS/ha, et les racines sur l'horizon 0-30cm jusqu'à 2tMS/ha (Cf. Tableau ci-dessous).

Espèce	Rendement CIVE	Biomasse racinaire	Biomasse des chaumes	Biomasse totale restituée
Triticale	5 t MS/ha	2	1.5	3.5 t MS/ha

Avec un cycle cultural plus long que celui d'un CIPAN, la biomasse (aérienne et souterraine) produite avec une CIVE d'hiver est plus importante <sup>24</sup>. De plus, des expériences ont montré que les racines contribuent 2.4 fois plus à l'enrichissement en carbone stable du sol que les parties aériennes des plantes car les racines sont plus lignifiées et sont donc plus difficiles à dégrader par les microorganismes du sol que les parties aériennes <sup>40</sup>. Ainsi, plus le rendement en biomasse de la CIVE est important, plus les retours directs en MO fraîche seront importants et meilleur sera le bilan humique de la CIVE <sup>41</sup>.

## Ne pas négliger l'importance du retour de digestat sur le bilan humique

Les retours de digestat sont importants pour le maintien de la fertilité des sols. D'après les simulations avec AMG dans OPTICIVE, le retour de digestat sur les sols permet d'améliorer le stockage de carbone dans les sols au-delà du stockage lié à la CIVE elle-même sur une période de 100 ans<sup>11</sup>. Sans retour de digestat, la CIVE à 6tMS/ha stocke légèrement moins de carbone qu'un CIPAN à 2tMS/ha. En revanche, cette même CIVE avec un retour de digestat (70kgN/ha) stocke plus de carbone qu'un CIPAN 2tMS/ha mais moins qu'un CIPAN à 4tMS/ha <sup>42</sup>.

## Mais tous les digestats ne se valent pas

- Les digestats liquides (après séparation de phase) sont relativement pauvres en MO ([Cf. Fiche fertilisation](#)). Il semblerait que leur épandage sur les parcelles ne soit pas suffisant pour reconstituer les stocks de carbone des sols <sup>35</sup>.
- Il est essentiel de faire des analyses de digestat pour connaître leur composition et notamment leur teneur en carbone, la nature de ce carbone: la mesure de l'indice de stabilité de la MO (ISMO) du produit permet de caractériser son aptitude à enrichir le stock de C du sol : pour un digestat les analyses montrent des ISMO de l'ordre de 70 % (50 à 80%) / pour un effluent d'élevage on est entre 10 et 70 %
- Les impacts sont variables selon les pratiques agricoles et la situation de départ. Dans certains cas, le bilan humique pourrait être amélioré avec l'insertion des CIVE. Dans d'autres cas, notamment quand les pratiques culturales actuelles ont déjà un effet négatif sur le bilan humique des sols, leur insertion pourrait être problématique <sup>38</sup>.

## Ce qu'il reste à préciser sur le rendement des CIVE

- Qualité de la MO et impacts sur la fertilité biologique des sols
- Impact de la fréquence d'exportation des CIVE sur la teneur en MO du sol
- Quelle quantité de digestat et quel type de digestat en fonction du rendement de la CIVE pour équilibrer le bilan ?
- Difficulté d'utiliser des références de carbone stable avant et après méthanisation adaptées

## A retenir

- Il est important de restituer de la matière organique sous différentes formes aux parcelles sur lesquelles les CIVE sont cultivées : les CIVE et le digestat participent à ces restitutions de MO,
- Besoin de faire un bilan humique au départ pour connaître sa situation.
- Il faut effectuer de temps en temps des analyses d'ISMO (indice de stabilité de la matière organique) du digestat pour anticiper les effets de ses pratiques sur la teneur en MO des sols.
- Les impacts des CIVE sont variables selon la situation de départ mais il est nécessaire de surveiller par des analyses de sols régulières (tous les 5 ans par exemple) l'évolution de la teneur en MO afin de garantir la fertilité des sols à long terme.

## Pour en savoir plus :

Marsac, Sylvain, Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H., Quod, C., Sanner, E.-A., 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation.

## Contacts

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales

[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)

**Hubert GUERAULT** – Conseiller Energie

[Hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:Hubert.guerault@pl.chambagri.fr)

[Retour au sommaire](#)





# Fiche n°9 : Le coût de production d'une CIVE

## Les objectifs du calcul du coût de production

Savoir combien coûte sa CIVE sur l'ensemble de l'itinéraire technique permet d'adapter ce dernier pour contenir au maximum les coûts. Cela permet aussi d'avoir des éléments pour organiser les modalités de l'échange entre l'unité de méthanisation et l'exploitation et de fixer un prix d'achat pour la CIVE.

Un coût de production peut se calculer de différentes manières. L'important est de bien définir et connaître les modalités retenues pour l'estimation. Dans cette fiche, nous avons fait le choix de comptabiliser les charges de mécanisation, de main d'œuvre et d'intrants de l'implantation jusqu'au stockage. Les autres charges fixes (fermages, etc.) et les aides (PAC,...) n'ont pas été prises en compte.



- Les règles de répartition des charges entre l'unité de méthanisation et l'exploitation productrice de CIVE ne sont pas décrites dans cette fiche. Ces règles sont très diverses selon les projets.
- Les charges d'infrastructures de l'unité de méthanisation ne sont pas prises en compte dans le coût de revient au kWh.



## Les itinéraires techniques pris en compte pour le calcul (cf. [fiches réussir sa CIVE d'hiver](#) et [réussir sa CIVE d'été](#))

	CIVE hiver	CIVE été
Implantation	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Déchaumage</b> superficiel</li><li>• <b>Semis simplifié</b> : dose entre 200 et 300 g/m<sup>2</sup></li><li>• <b>Fertilisation</b> facultative au digestat brut ou solide enfoui : 40 à 50 kg d'N/ha</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Semis direct</b></li><li>• <b>Fertilisation</b> de 40 à 50 kg d'N/ha au digestat brut ou liquide en enfouissement ou juste avant pluie</li></ul>
Avant Récolte (cf. <a href="#">fiche fertilisation</a> )	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Fertilisation</b> 60 à 100 kg d'N* au digestat liquide ou brut (pendillards ou rampes à patins)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Irrigation</b> : l'irrigation est destinée en priorité à la production de cultures spécialisées et de fourrages. Planter une CIVE d'été sera donc risqué en cas d'été sec. Il faut donc limiter le plus possible les coûts d'implantation.</li></ul>
Récolte (cf. <a href="#">fiche récolte</a> )	Selon % MS : <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Préfanage</b></li><li>• <b>Ensileuse</b> avec pick up</li></ul> Ou <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Coupe directe</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ensileuse</b> avec bec</li></ul>
Stockage (cf. <a href="#">fiche stockage</a> )	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Tassage</b> en fonction débit de récolte et rendement</li><li>• <b>Bâche</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Tassage</b> en fonction débit de récolte et rendement</li><li>• <b>Bâche</b></li></ul>



## Description des exploitations et des unités de méthanisation choisies pour les calculs

### 1) Les exploitations agricoles

#### **CIVE hiver**

**Surface en CIVE** : 60 ha  
**Rendement moyen** : 25 tMB/ha à 25-30% de MS soient 6.5 T MS/ha  
**Récolte et épandage** : ETA  
**Retour de digestat** : Oui  
**Espèce** : Seigle  
**Date de récolte** : fin avril / début mai  
**Impact sur la culture suivante** (maïs ensilage) : perte estimée à 1,5 tMS ha

Cette exploitation peut valoriser le **digestat** et choisit de l'épandre sur les CIVE. La **récolte** et les **épandages** sont effectués par une **ETA**, les tarifs appliqués sont donc calibrés sur des tarifs ETA.

### 2) Les unités de méthanisation

Dans les deux cas, il s'agit de réelles installations **collectives agricoles en injection**.

Les deux exploitations agricoles décrits ci-dessus approvisionnent bien les deux unités de méthanisation. La distance de 7 km prise en compte correspond à la distance moyenne observée dans les enquêtes.

La quantité et le type de digestats retournés sont différents selon les cas. Dans les calculs ne seront pris en compte que les quantités de digestats nécessaires à la fertilisation de la CIVE.

#### **CIVE été**

**Surface** : 60 ha  
**Rendement moyen** : 26 t MB/ha à 25% soient 6,5 tMS / ha  
**Récolte et épandage** : ETA  
**Retour de digestat** : Oui  
**Espèce** : Sorgho  
**Date de récolte** : fin septembre – début octobre  
**Culture suivante** : blé

Le rendement présenté est un rendement moyen prenant en compte le risque d'été sec. Cette exploitation peut valoriser le **digestat** et choisit de l'épandre à l'implantation de la CIVE d'été. La **récolte** et les **épandages** sont effectués par une **ETA**, les tarifs appliqués sont donc calibrés sur des tarifs ETA.



#### **Exemple métha 1 (CIVE hiver)**

**Puissance de l'unité** : 180 Nm<sup>3</sup>  
**Traitement de déchets agricoles et de l'industrie agro-alimentaire** : 24 000 t  
**Quantité de CIVE valorisée** : 1700 t  
**Stockage** : sur site  
**Distance moyenne entre les parcelles et l'unité** : 7 km

#### **Exemple métha 2 (CIVE été)**

**Puissance de l'unité** : 200 Nm<sup>3</sup>  
**Traitement de déchets agricoles et de l'industrie agro-alimentaire** : 18 500 t  
**Quantité de CIVE valorisée** : 9 250 t  
**Stockage** : sur site  
**Distance moyenne entre les parcelles et l'unité** : 7 km





## Coût de production de la CIVE d'hiver (Métha 1) <sup>46,47</sup>

Coûts de production main d'œuvre comprise

Retour des digestats à valeur zéro : seuls les coûts d'épandages sont pris en compte

**TOTAL :**  
**524 €/ha**  
 76,40 €/tMS  
 0,023 €/kWhPCS  
 En injection

Charge en mécanisation	Par ha
Déchaumage superficiel	25 €
Semis simplifié	35 €
Epandage digestat solide* (6 kgN/tonne)	40 €**

### Coût à l'implantation

Coût en intrants	Par ha
Semences fermières de seigle (80 kg/ha)	28 €

Coût en moyenne des semences fermières :  
**0,35 euros/kg**

**Sous total :**  
**128 €**

### Avant Récolte

Le transport du digestat est assuré par **2 tonnes à lisier** supplémentaires de **12 m<sup>3</sup>** avec un caisson tampon à la parcelle

Charge en mécanisation (cf. <a href="#">fiche fertilisation</a> )	Par ha
Epandage à la tonne à lisier (16 m <sup>3</sup> ) et pendillards sans enfouisseur, sortie d'hiver digestat liquide (4 kgN/m <sup>3</sup> )	75 €**

\*\* : coût calculé avec le calculateur du projet Teplis<sup>48</sup>

**Sous total :**  
**75 €**

Charge en mécanisation (cf. <a href="#">fiche récolte</a> )	Par ha
Passage de fauche	30 €
Ensileuse avec pick-up (500 ch)	117 €
Transport pour une parcelle à 7 km (6 attelages nécessaires)	140 €

### Récolte

**Sous total :**  
**287 €**

Charge en mécanisation (cf. <a href="#">fiche stockage</a> )	Par ha
Tassage (2 tracteurs au silo)	20 €
Bâche (0,50€/m <sup>2</sup> )	14 €

### Stockage

**Sous total :**  
**34 €**

**Perte de rendement culture suivante**  
 (à intégrer si retard de la date de semis de la culture suivante : voir fiche n° 4)

**Sous total :**  
 -



# Expression du coût de production de la CIVE d'été<sup>29,46,49</sup>

Coûts de production main d'œuvre comprise

Retour des digestats à valeur zéro : seuls les coûts d'épandages sont pris en compte

**TOTAL :**  
**555 €/ha**  
 85,40 €/tMS  
 0,027 €/kWhPCS  
 En injection

## Coût à l'implantation

Les **semences fermières** permettent de **diminuer de 30%** en moyenne le coût<sup>50</sup>.

Charge en mécanisation	Par ha
Semis direct	30 €
Epandage digestat brut avec enfouisseur (3,5 kgN/tonne) Sinon même logistique d'épandage que pour les CIVE d'hiver	56 €

Coût en intrants	Par ha
Semences commerciales	50 €

**Sous total :**  
**136 €**

## Avant Récolte

En cas d'irrigation, ajouter **200€/ha** (90 mm)<sup>51</sup> hors main d'oeuvre

Charges de mécanisation	ha
Dans l'exemple retenu, nous avons considéré que les CIVE n'étaient pas irriguées	

**Sous total :**  
**0 €**

## Récolte

Charges de mécanisation (cf. fiche récolte)	Par ha
Ensileuse avec bec (500 ch)	152 €
Transport pour une parcelle distante de 7 km (6 attelages)	168 €

**Sous total :**  
**320 €**

## Stockage

Charges de mécanisation (cf. fiche stockage)	Par ha
Tassage (2 tracteurs au silo)	20 €
Bâche (0,50€/m <sup>2</sup> )	11€

**Sous total :**  
**31 €**

NB : Pour prendre en compte **le risque d'échec de la CIVE on peut faire le choix d'ajouter à ce total l'impact des coûts d'implantation des années sans récolte.** (hypothèse de réussite 2 année sur 3) **soient + 68 €** à ajouter au montant total<sup>11</sup>. Ce sera le cas dans les zones 1 et 2 (voir zonage CIVES d'été). Dans les autres zones 3, 4, 5 et 6, nous estimons que l'agriculteur ne prendra pas le risque de faire une CIVE d'été tous les ans.

**Sous total :**  
**68 €**



## Quelques remarques sur les modalités de calcul d'un coût de production

- Ces tarifs ont été calculés avec l'aide du barème ENTRAIDE 2019<sup>5</sup> et d'enquêtes de terrain. Le coût de la main d'œuvre, le carburant, les frais d'entretiens sont intégrés au calcul des coûts de récolte. Ils peuvent varier en fonction du matériel, des tarifs appliqués en fonction des régions, etc.
- La charge **en main d'œuvre** n'est pas toujours prise en compte par les agriculteurs. Pourtant elle intègre bien le coût de revient. Il faut compter au minimum **20 €/h** par personne.
- S'il existe un stockage intermédiaire avant acheminement à l'unité de méthanisation, le **transport** de l'exploitation à l'unité doit être **comptabilisé**. Par contre, la parcelle se situera très probablement à moins de 7 km du stockage intermédiaire : il faudra aussi en tenir compte.
- Dans les règles contractuelles qui lient l'exploitation agricole apporteuse de CIVE à l'unité de méthanisation, les différentes charges peuvent être affectées pour partie à l'exploitation et pour l'autre partie à l'unité de méthanisation. Le coût de production global n'est pas obligatoirement le coût supporté par l'exploitation agricole.
- Lorsque la clé d'échange CIVE – digestat permet à l'apporteur de récupérer plus d'éléments fertilisants que les besoins de la CIVE, l'échange abouti à d'autres gains que la seule vente de la CIVE.
- Avant de produire une CIVE, l'agriculteur avait un CIPAN qui ne réalisait de chiffre d'affaire, et la charge CIPAN est devenue une charge en moins.

CIPAN	Par ha
<b>total</b>	<b>123 €</b>
Implantation	90 €
Destruction mécanique (1 déchaumage spécifique)	<b>33 €</b>

CIVE	Par ha
<b>total</b>	<b>524 €</b>
Implantation	128 €
Avant Récolte	75 €
Récolte	287 €
Stockage	34 €

- **Marsac, S. Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H. Quod, C., Sanner, E-A : Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation. 2019 ; 73 pages.** [En ligne] Disponible sur : [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque)

[Retour au sommaire](#)

### Contact

**Hubert GUERALT** - conseiller énergie,  
[hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:hubert.guerault@pl.chambagri.fr)





# Fiche n°10 : La Récolte des CIVE

## La récolte : une part importante des dépenses

La récolte est un poste important. C'est le premier poste de charge : elle peut constituer plus des  $\frac{3}{4}$  du coût total de production. Il faut une qualité de récolte suffisante pour préserver la qualité de la production : il faut donc choisir le bon itinéraire technique, la bonne période, faire attention aux conditions pédoclimatiques...

Pour cette opération, les unités de méthanisation et les exploitants agricoles font appel préférentiellement à des Entreprises de Travaux Agricoles (ETA) ou des Coopératives d'Utilisation de Matériels Agricoles (CUMA).

## Les différents itinéraires de récolte des CIVE et leur coût

Le meilleur stade de récolte se situe entre l'épiaison et la floraison de la graminée pour les CIVE d'hiver. Il revient à l'agriculteur de faire le compromis entre le rendement méthanogène (potentiel) et le rendement de la culture suivante (cf. [fiches potentiel méthanogène des CIVE](#) et [rendement biomasse des CIVE](#)). Il faut piloter le chantier de récolte en s'appuyant sur l'indicateur taux de MS (entre 25 et 35%). Ce dernier conditionne la bonne conservation de la CIVE (cf. [fiche stockage](#)).

### 1) Récolte des CIVE d'hiver

Les CIVE d'hiver sont généralement récoltées entre mi avril et début mai en Pays de la Loire. Pour la récolte plusieurs techniques sont possibles : coupe directe ou coupe + préfanage, ensileuse + bennes ou autochargeuse.

Le choix du matériel va dépendre de plusieurs facteurs décrits ci-dessous.

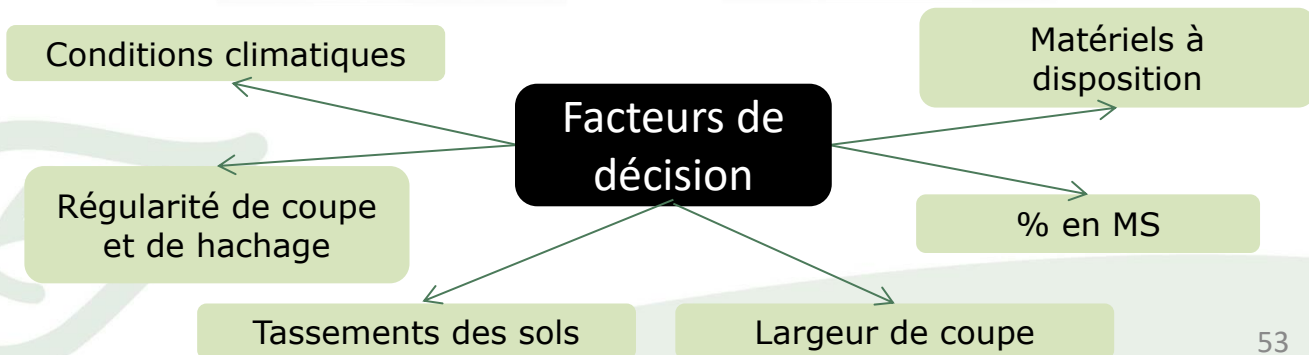


Pré fanage puis ramassage au pick up

OU



Coupe directe



Un des premiers critères de décision est la disponibilité du matériel. Si une faucheuse et une ensileuse avec un pick-up sont déjà disponibles, est-ce la peine d'investir dans une coupe directe qui ne sert qu'à l'ensilage ? La question doit être prise en compte selon les objectifs et le type de projet de méthanisation.

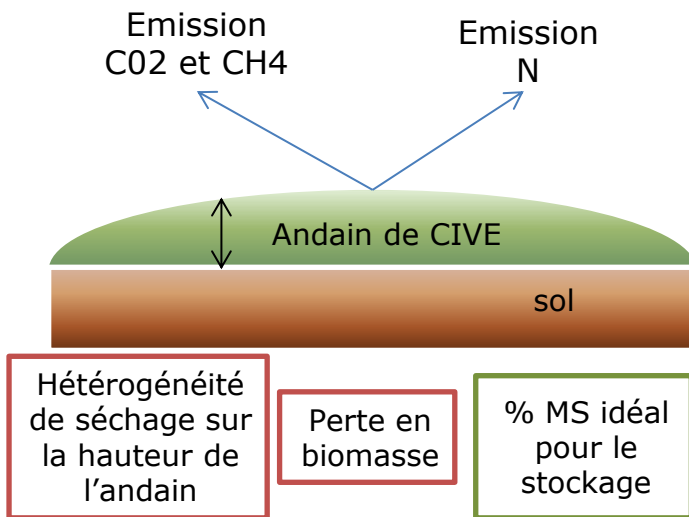


Schéma des conséquences du préfanage avant passage de l'ensileuse avec pick up

Si on a le choix entre les 2 chaînes de récolte, alors le pourcentage de MS combiné aux conditions climatiques peuvent être les facteurs de décision. Pour un faible pourcentage de MS (inférieur à 20-25%) et si les conditions climatiques le permettent, après la fauche, un temps de pré fanage plus ou moins important (maximum 2 jours)<sup>53</sup> peut être nécessaire. Mais il s'accompagne d'une perte en biomasse et une baisse du potentiel méthanogène peut être observée<sup>54</sup>. Il convient d'adapter la période et le temps de pré fanage le plus finement possible pour atteindre les 30% de MS sans trop impacter le rendement méthanogène de la culture.

Pour un taux de MS supérieur (à partir de 25-30%), la coupe directe peut être suffisante et permet d'économiser un ou deux passages supplémentaires (fauche ou fauche et andain) limitant ainsi les effets de tassement du sol. De plus la régularité de coupe et de hachage serait plus avantageuse avec la deuxième méthode facilitant le tassage et la digestibilité des CIVE. Cependant, la largeur de coupe est généralement plus petite que celle pour un passage de fauche. Il y a donc plus d'aller-retour et le débit de chantier s'en trouve diminué<sup>55</sup>.



Différence de largeur de coupe en fonction du matériel utilisé  
\*peut être différent de la largeur entre les andains, avec ou sans regroupeur

## CONCLUSION

En réalité, il n'y a pas de méthode parfaite pour la récolte. La chaîne de récolte mise en œuvre est le résultat de compromis, fonction des envies, de choix et des contraintes des exploitants ou des unités de méthanisation.

## 2) Récolte CIVE été

Pour les CIVE d'été, la récolte s'effectue idéalement **avant le 1<sup>er</sup> octobre**.

Pour le sorgho et le tournesol, une ensileuse à bec guide et maintient les tiges de leur coupe jusqu'aux rouleaux d'alimentation<sup>57</sup>.



## 3) Les coûts des chantiers de récolte

Photo d'une ensileuse avec bec à maïs pendant la récolte

Les résultats ci-après sont calculés à partir des données suivantes pour les CIVE d'hiver :

- **Distance avec le stockage** : 10 km (distance limite acceptable observée lors des enquêtes)
- **Rendement** : 25 tMB/ha à 25% de MS
- **Capacité moyenne des bennes de transport** : 40 m<sup>3</sup>
- **Vitesse réglementaire des attelages** : 25 km/h
- **Surface en CIVE** : 60 ha
- **Espèce** : seigle

Les résultats ci-après sont calculés à partir des données suivantes pour les CIVE d'été :

- **Distance avec le stockage** : 10 km (distance limite acceptable observée lors des enquêtes)
- **Rendement** : 30 tMB/ha à 25% MS
- **Capacité moyenne des bennes de transport** : 40 m<sup>3</sup>
- **Vitesse réglementaire des attelages** : 25 km/h
- **Surface en CIVE** : 60 ha
- **Espèce** : sorgho

Tableau récapitulatif des différents coûts de chantier de récolte

	Ensileuse en Coupe directe (500 ch)	Ensileuse avec pick up (500 ch)	Autochargeuse 40 m <sup>3</sup>	Ensileuse en coupe directe avec bec 6 rangs (500 ch)
Débit (ha/h)*	2,5	3	0,4	2,5
Coût de la partie récolte par ha**	140 €	117 € (+30 € avec la fauche)	100 € (+30€ avec la fauche)	152 €
Besoin en nombre d'attelages	6	8		8
Coût du transport par ha**	168 €	187 €	167 €	224 €
<b>TOTAL par ha</b>	<b>308 €</b>	<b>304 €</b>	<b>267 €</b>	<b>376 €</b>
<b>TOTAL par tMS</b>	<b>49,30 €</b>	<b>48,60 €</b>	<b>42,70 €</b>	<b>50,10 €</b>
Durée du chantier (h)	24	20	150	30

\* : Les débits sont variables en fonction de la puissance du matériel et du rendement.

\*\* : Ces tarifs ont été calculés avec l'aide du barème ENTRAIDE 2019<sup>5</sup> et d'enquêtes de terrain,... Le coût de la main d'œuvre, le carburant, les frais d'entretiens sont intégrés au calcul des coûts de récolte.

Dans les enquêtes réalisées les coûts de récolte s'établissent entre 202€ et 397 € au maximum pour les CIVE d'hiver. Ce prix dépend des tarifs ETA en fonction du matériel utilisé, de la région ainsi que de la distance entre la parcelle et la zone de stockage.

## Témoignage



« Au début, nous effectuons la récolte des CIVE à l'aide d'une autochargeuse. Cependant elle ne permettait pas d'obtenir un hachage assez fin et régulier pour assurer un bon stockage et favoriser la digestibilité des CIVE. Maintenant nous effectuons la récolte des CIVE d'hiver à l'aide d'une ensileuse avec pick up et réfléchissons à investir dans la coupe directe.»

Vincent Guérin, associé sur la SAS Méthavert et dirigeant de la Cuma Ceres

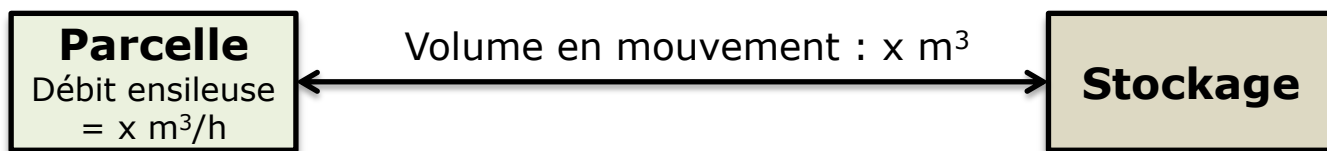
**Remarques** : Un hachage très fin permet d'augmenter les chances de bonne conservation des CIVE. Il convient aussi de choisir la hauteur de coupe adaptée pour éviter les pierres et restituer au sol une certaine quantité de biomasse sans trop impacter le rendement rendu silo. (cf. [fiche bilan carbone](#)).



- Le débit de récolte doit être adapté aux matériels disponibles pour le tassage et aux silos pour garantir la bonne continuité du chantier et un bon tassage de la culture (cf. [fiche stockage](#)).
- A prendre en compte : les pertes en biomasse avant, pendant et après le stockage.

## Ajuster le nombre d'attelages de transport à la distance et au débit de chantier

Le transport représente entre 30 et 50 % du coût total de la récolte. Son coût dépend de la distance et du type de matériels engagés. Plus la parcelle se situe loin de la zone de stockage, plus le transport va coûter cher et plus il va falloir trouver des astuces pour limiter au maximum les coûts associés. Le bon nombre d'attelages pour le transport à la récolte correspond au débit en  $m^3/h$  de l'ensileuse en mouvement entre la zone de stockage et la parcelle<sup>58</sup>.



En fonction des équipements, le coût par heure d'un attelage tracteur-benne est estimé entre 60 et 80 euros/h sur une base ETA. Le coût de revient à l'hectare dépendra principalement du débit de l'ensileuse et du nombre d'attelages engagés.

L'attelage tracteur-benne est la méthode la plus utilisée. Elle reste la plus polyvalente car cet ensemble peut fonctionner dans n'importe quelles conditions climatiques. Toutefois, cet attelage comporte des limites au niveau de son efficacité et de son prix. Ce sont des véhicules qui roulent lentement, ce qui nécessite d'augmenter leur nombre assez rapidement lorsque la distance entre la parcelle et la zone de stockage s'accroît.



**Exemple** : Parcelle qui se trouve à 5 km de la zone de stockage avec un rendement de 25 tMB/ha et une densité de 0,3 tonne/m<sup>3</sup>. L'ensileuse équipée d'un pick-up a un débit de 250 m<sup>3</sup>/h. Le matériel de transport disponible est un ensemble d'attelages tracteur-benne 40m<sup>3</sup> qui roulent à une vitesse réglementaire de 25 km/h.

On calcule le temps nécessaire par trajet :

<b>Temps de rotation des bennes (min)</b>	<b>42</b>
Chargement	9
Aller/Retour (parcelle --> stockage)	24
Manœuvre au champs	5
Vidage sur la zone de stockage	4

Temps de chargement = (capacité des bennes (m<sup>3</sup>)\*taux de remplissage (90%)/débit de l'ensileuse (m<sup>3</sup>/h))\*60

Le nombre d'attelage nécessaire correspond à : **débit de l'ensileuse (m<sup>3</sup>/h)/(capacité des bennes(m<sup>3</sup>)\*taux de remplissage(90%)/Temps de trajets A-R des bennes(h))**

**Résultat : 5 attelages nécessaires.**

## Le rendement, la capacité des bennes, la puissance de l'ensileuse,... d'autres critères d'influencent le transport

D'autres facteurs influencent le nombre d'attelages nécessaires. En effet, on remarque qu'à distance équivalente, plus le rendement par hectare est élevé et plus le nombre d'attelages nécessaires augmente.

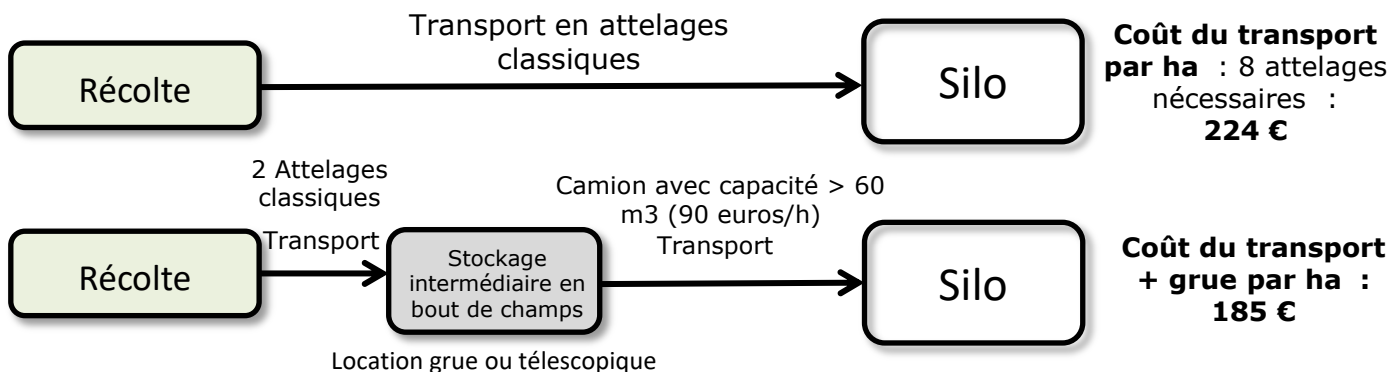
La capacité des bennes pour le transport a aussi son influence. Plus la capacité de transport est petite, plus le nombre de bennes nécessaire sera important.

*Tableau décrivant le nombre d'attelages nécessaires en fonction de différentes situations.*

Distance avec le stockage (km)	Rendement (tMB/ha)	Puissance ensileuse pick up	Débit (ha/h)	Capacité des bennes	Nombre d'attelages nécessaire
3	25	400	3	40	<b>4</b>
3	25	400	3	30	<b>5</b>
3	35	400	2,5	40	<b>5</b>
6	35	400	2,5	40	<b>7</b>

## La récolte à 3 temps adaptée pour du stockage éloigné

Schéma comparatif de deux chantiers d'ensilage pour une parcelle de 5 ha à 10 km et rendement 30 tMB/ha, débit de l'ensileuse 2,5 ha/h, capacité des bennes 40 m<sup>3</sup>



Le modèle de récolte à trois temps a été étudié et comparé avec celui en parallèle. Il serait plus avantageux en termes de temps avec 1,9 MOh/ha de moins sur une parcelle de 5 ha à 10 km du stockage. A partir de 7,5 km, l'usage d'un camion permet de transporter plus de volume par heure et peut devenir économiquement plus avantageux<sup>59,60</sup>. Néanmoins l'exigence de la logistique reste élevée pour ce type de méthode<sup>61</sup>.

### A retenir

- L'autochargeuse n'est pas conseillée pour la récolte des CIVE.
- Le choix entre la coupe directe et le préfanage tient compte d'une multitude de facteurs (disponibilité, % en MS, conditions climatiques,...) pour un coût à l'hectare similaire.
- Les moyens de transport réunis doivent être le plus précisément possible adaptés aux modalités de récolte : distance, débit, rendement.

### Pour en savoir plus

- Michel Sez nec, 2018. La chaîne de transport a aussi son importance pour réussir son ensilage. Magazine Entraid'
- Pascal Bordeau et Nassim Hamiti. 2021. [Combien coûte un chantier d'ensilage. Magazine Rayon X. \[En ligne\] Disponible sur : https://www.entraid.com/articles/cout-de-chantier-ensilage-mais](https://www.entraid.com/articles/cout-de-chantier-ensilage-mais)

[Retour au sommaire](#)

### Contact

**Hubert GUERULT** - conseiller énergie,  
[hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:hubert.guerault@pl.chambagri.fr)



# Fiche n°11 : Le stockage des CIVE

## Introduction

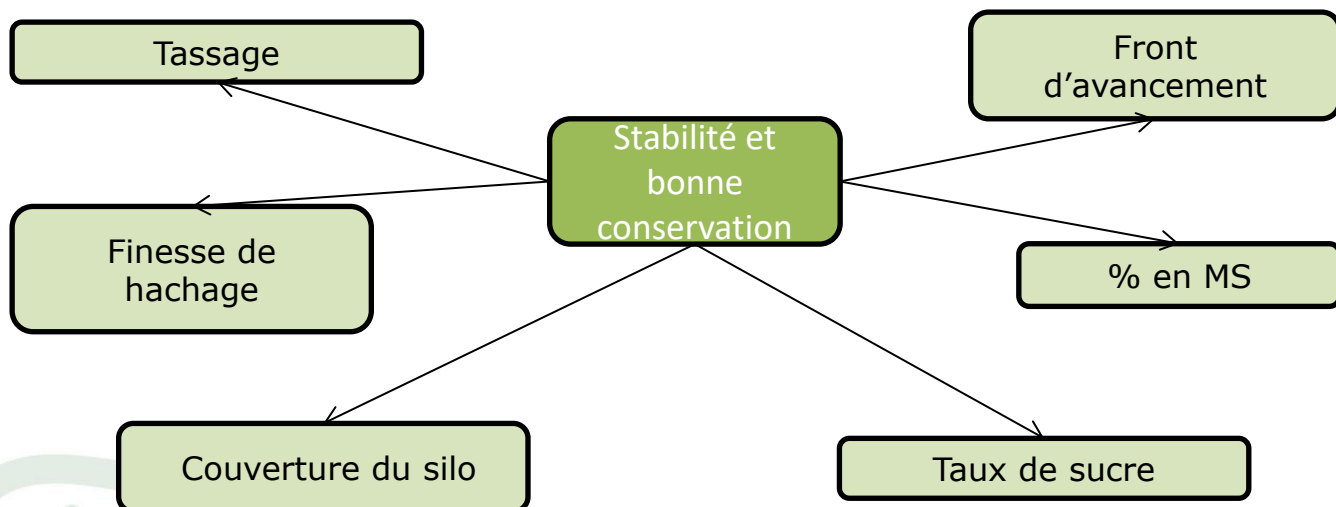
La saisonnalité des CIVE d'hiver et d'été implique de les conserver pendant une certaine durée avant leur utilisation en méthanisation. Pour éviter les pertes en matière organique et en production de méthane, il est nécessaire de bien conserver ces CIVE. L'ensilage est une méthode de conservation humide déjà utilisée pour les fourrages. La biomasse végétale est alors conservée en conditions acides dans un milieu anaérobie.



Le lieu ainsi que la méthode de stockage peuvent avoir leur importance sur les coûts d'investissement et de logistique (cf. [fiche récolte](#)).

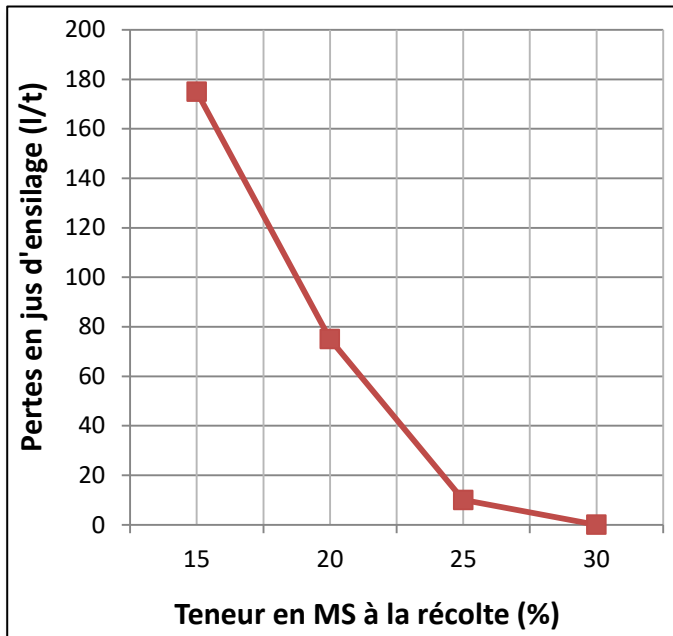
## Pourquoi adopter des bonnes pratiques de stockage ?

Chaque tonne de MS perdue au stockage a coûté en moyenne 85 euros (cf. [fiche coût de production](#)). Les facteurs cités dans le schéma ci-après conditionnent la stabilité de l'ensilage et en conséquence la conservation du potentiel méthanogène de la CIVE (cf. [fiche potentiel méthanogène des CIVE](#)).



Le taux de sucre nécessaire au bon déroulement de la fermentation est facilement atteignable. Ce taux doit être supérieur à 2,5% par tonne de matière brute. Contrairement à une utilisation en alimentation animale, les acides butyriques et acétiques ne sont pas des contraintes et seraient mêmes utiles au désilage pour inhiber les moisissures<sup>62</sup>.

## 1) Le taux de MS



Graphique : évolution des pertes en jus d'ensilage en fonction du pourcentage de MS à la récolte (adapté d'ADEME, 2020)

Le taux de MS à la récolte est important pour assurer une bonne qualité de tassage et limiter la production des jus d'ensilage (voir graphique). La production de jus varie en fonction de la hauteur du tas<sup>63</sup>. Entre 25 et 30% de MS, celle-ci est négligeable.

En deçà de 25 % de MS, ces jus ne sont plus contiennent une quantité non négligeable de matière organique, d'azote et de phosphore<sup>63</sup>. Leur composition leur confère des propriétés proches voire supérieures à celles des lisiers (entre 16 et 80 DCO\* g/L et entre 3 à 5g d'azote total/L)<sup>62</sup>.

Pour une CIVE à 20% de MS rendue silo, les jus représentent une perte de matière méthanogène qui est estimée entre 3 et 9%. C'est pourquoi il convient de récupérer ces jus, non seulement du point de vue de la réglementation environnementale, mais aussi dans l'intérêt de l'unité de méthanisation.

Au-delà de 35 % de MS, la CIVE, trop sèche, ne permettra pas d'assurer un bon tassage. Le tas ne sera pas assez dense et de l'air risque de pénétrer dans le tas, perturbant ainsi la fermentation lactique anaérobie, avec des risques d'échauffement du tas<sup>27</sup>.

\*DCO : quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans l'eau ou l'effluent. Elle est un indicateur de la concentration en matière organique dans un liquide<sup>61</sup>.

## 2) Le hachage

Le hachage de la matière doit être le plus fin possible. Plus il est fin, plus il facilite le tassage et augmente la densité au sein du silo, diminuant ainsi les risques de pénétration de l'air. Le hachage favorise également l'activité des bactéries pour la dégradation des sucres lors de la fermentation lactique anaérobie en début de stockage. Le bon déroulement de cette fermentation permet de garantir la stabilité de la CIVE et contribue à préserver ses propriétés méthanogènes<sup>27</sup>.



Au maximum entre 2 et 5 cm selon les cultures<sup>4</sup>

## 3) Le tassage

Bien réalisé, le tassage permet d'obtenir une densité assez importante (en général entre 700 et 800 kg MB/m<sup>3</sup>)<sup>4</sup> pour favoriser un environnement anaérobie. Les bonnes conditions de tassage sont favorisées par un hachage fin, une bonne période de récolte pour avoir un taux en MS convenable et du matériel adapté à un bon tassage.

Les consignes d'un bon tassage sont les mêmes que celles à destination de l'alimentation animale : mobiliser au minimum 1/3 du poids sur le tas par rapport à la masse en MS/heure qui est livrée, accentuer le tassage sur les bords du silo, travailler par strate de 20 cm, adopter une conduite souple, ...<sup>65</sup>.

# Les bonnes pratiques de stockage des CIVE



## 1) Le dimensionnement et le lieu de stockage

Le lieu de stockage doit être réfléchi en amont du projet de méthanisation et en accord avec les logistiques engagées.

Dans un projet individuel, les structures déjà existantes peuvent être valorisées sachant qu'un silo destiné à la méthanisation ne peut se situer à côté d'un silo destiné à l'alimentation animale<sup>66</sup>. Si les silos ne sont pas existants ou si les silos sont trop éloignés du site, il faudra privilégier la construction de silos à proximité du digesteur pour limiter les frais de transport (cf. [fiche récolte](#)) et de manutention.

Dans un projet collectif, il faut déterminer au préalable les logistiques d'intégration des matières végétales dans le méthaniseur (coût et organisation).

Tableau des pratiques d'ensilage existant en méthanisation avec leurs avantages et leurs inconvénients <sup>67,68</sup>

Silos	Avantages	Inconvénients
<p>Silo couloir (méthode la plus pratiquée)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu coûteux à l'investissement (40 à 50 €/m<sup>3</sup>)</li> <li>- Méthode connue et maîtrisée</li> <li>- Souplesse du volume stocké (rendement supérieur ou inférieur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tassage, désilage et recouvrement contraignants</li> </ul>
<p>Taupinière</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le moins cher à l'investissement (nécessite peu de matériaux)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème d'étanchéité (tassage compliqué)</li> <li>- Reprise difficile : sur sol meuble formation d'ornières en condition humide.</li> </ul>

## 2) La couverture des silos

Afin de limiter les pertes de pouvoir méthanogène, il convient de recouvrir le plus hermétiquement possible son silo. La méthode de couverture la plus utilisée est la bâche maintenue par des pneus usagés ou des sacs de lestage. Les pneus visent à disparaître, leur manipulation est difficile et ne favorisent pas une bonne intégration paysagère. Les boudins bien que plus onéreux (environ 1 euro/boudin vide) sont plus maniables.

La bâche coûte dans les environs de 0,5 euros/m<sup>2</sup> sans compter la main d'œuvre à la confection du silo et au désilage. Plus le tas est grand en surface, plus le besoin en main d'œuvre est important à la confection du silo.



## Couverture végétale des silos : une alternative ?

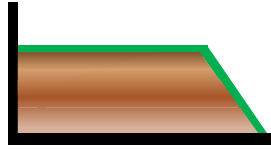


Schéma d'un silo avec un toit végétal

### Coût des semences \*:

- Fermière 0,35 euros/kg
- Commerciale 1,35 euros/kg

### Densité de semis :

- 0,5 à 3 kg / m<sup>2</sup><sup>69</sup>

\* : prix à titre indicatif pour du seigle

**Le toit végétal** : couverture végétale obtenue après ensemencement d'une céréale (orge, avoine, blé, seigle,..) au dessus du silo. Cette couverture meurt en fin d'hiver et forme une couche de 10-15 cm d'ensilage dégradé digestible<sup>27</sup>. Le principal avantage de cette méthode est le temps de main d'œuvre<sup>68</sup>. Néanmoins, les pertes sont plus élevées qu'avec une couverture totalement hermétique et le bilan économique pourrait rester à l'avantage du silo bâché. Un travail approfondi d'évaluation de cette technique reste à faire.

## 3) Valorisation des jus de silo

La pic production des jus de silo a lieu dès la fermeture du silo et dure quelques semaines<sup>27</sup>. Ils doivent être maîtrisés et deux types de traitements sont envisageables.

- Une valorisation au champ (effluent type II) mais il faut créer une capacité de stockage dédiée.
- Une valorisation en méthanisation au moyen d'un système de récupération des jus et de renvoi au méthaniseur en direct ou après passage en pré-fosse d'incorporation.

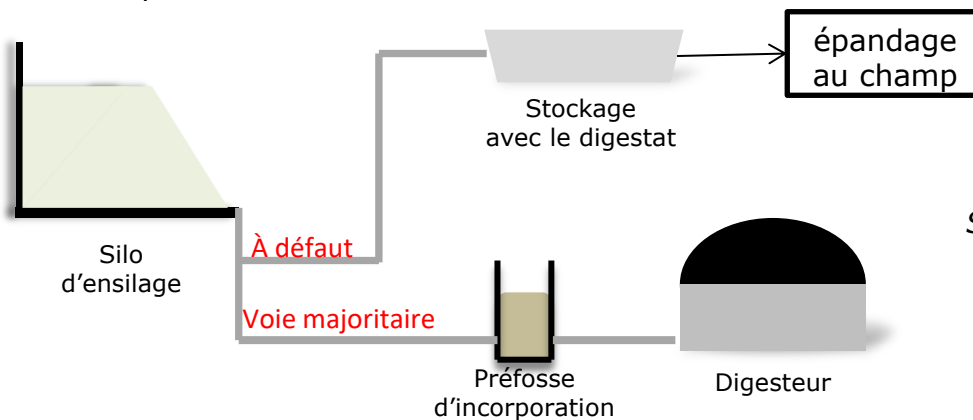
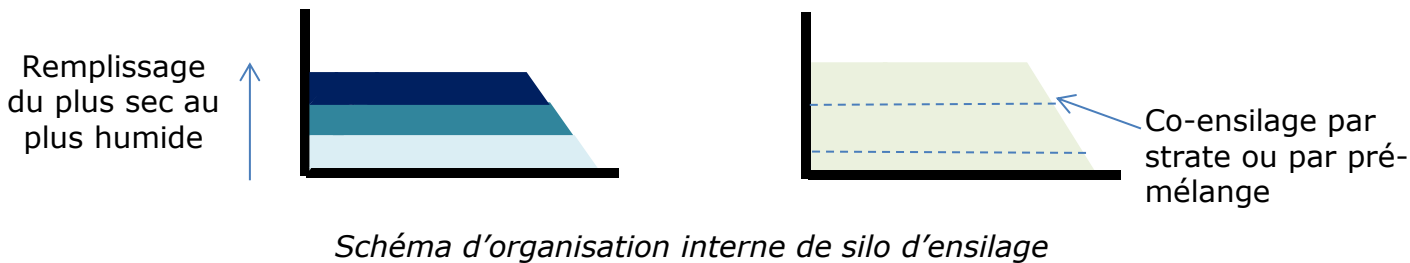


Schéma de traitement possible des jus d'ensilage

Lors de l'incorporation des jus dans le digesteur, il faut être prévenant sur l'équilibre biologique car ces jus sont acides<sup>27</sup>. L'acidité affecte également l'état des silos par corrosion. Le matériau doit donc être résistant. Le béton répond bien à ces contraintes<sup>64</sup>.

#### 4) Des techniques à l'étude pour limiter la production des jus

Pour éviter une production de jus trop importante, des essais techniques sont en cours. La solution idéale consisterait à déposer dans le fond du silo les récoltes les plus sèches et par-dessus les plus humides<sup>65</sup>. Les plus sèches limitent l'écoulement des jus en absorbant le jus des plus humides. Une autre technique est le co-ensilage avec des matières prétraitées comme du fumier ou de la paille. Cette dernière technique est également étudiée pour préserver le potentiel méthanogène de l'ensemble des substrats ensilés dans le même tas<sup>70</sup>.



#### 5) Le front d'avancement

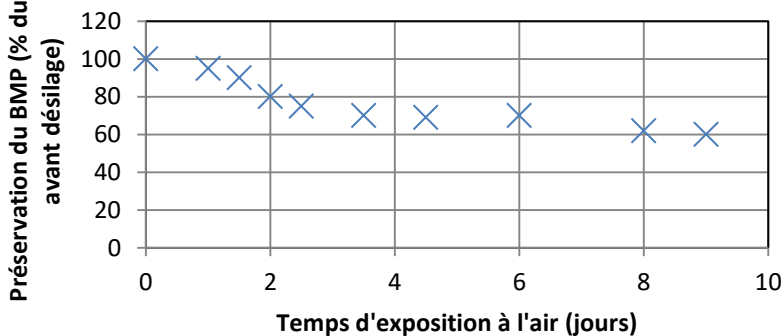
D'après les recommandations, il faut attendre au moins un mois pour que le silo soit stabilisé avant d'ouvrir le silo. Avant cette date tout le sucre n'est pas consommé par les bactéries. Ne pas attendre perturberait la stabilité du tas<sup>71</sup>.

Après l'ouverture du silo, pour limiter les pertes méthanogènes, le front d'avancement doit être d'environ 10 cm/jour en hiver et d'environ 20 cm/jour en été. Le dimensionnement du silo doit donc être en accord avec l'avancement du front<sup>27</sup>.

En effet, le contact du silo avec l'air et plus précisément l'oxygène entraîne une diminution progressive du potentiel méthanogène.

Après 9 jours d'exposition à l'air<sup>72</sup>, cette perte peut représenter jusqu'à 40% du potentiel initial.

#### Cinétique de dégradation du BMP après désilage



Graphique : Pourcentage de perte de potentiel méthanogène (BMP) après désilage en fonction du temps d'exposition à l'air (adapté d'H. Zhang et al., 2018)

## Ce qu'il reste à savoir

- Influence réelle de la méthode d'ensilage sur le pouvoir méthanogène de la CIVE (augmentation, neutre ou diminution).
- Comparaison des pertes de pouvoir méthanogène entre stockage des CIVE avec toit végétal et stockage avec bâche.

## Ce qu'il faut retenir

- 6 facteurs pour une bonne préservation de la matière méthanogène:
  - un bon tassage,
  - un hachage fin,
  - un taux de sucre supérieur à 2,5%,
  - un bon taux de MS,
  - un front d'avancement adéquat,
  - un bon dimensionnement du silo.
- Avec un mauvais stockage, jusqu'à 25% de la matière récoltée peut être perdue par pourriture.

## Pour approfondir

- **Marsac, S., Dagorn, N., Stadel, M., Van Vlierberghe, C., 2020. L'humidité des CIVE à la récolte : un critère clé pour une bonne conservation ?.** [En ligne] Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/recolte-et-stockage-des-cive-l-humidite-en-question-@/view-34973-arvarticle.html>

[Retour au sommaire](#)

### Contact

**Hubert GUERULT** - conseiller énergie,  
[hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:hubert.guerault@pl.chambagri.fr)





# Références bibliographiques

- 1 : Légifrance, 2016. Décret n°2016-929 du 7 juillet 2016 pris pour application de l'article L. 541-39 du code de l'environnement.
- 2 : Eagle, A.J., Olander, L.P., 2012. Chapter Three - Greenhouse Gas Mitigation with Agricultural Land Management Activities in the United States—A Side-by-Side Comparison of Biophysical Potential, in: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 79–179. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394276-0.00003-2>
- 3 : Renwick, L.L.R., Bowles, T.M., Deen, W., Gaudin, A.C.M., 2019. Chapter 4 - Potential of Increased Temporal Crop Diversity to Improve Resource Use Efficiencies: Exploiting Water and Nitrogen Linkages, in: Lemaire, G., Carvalho, P.C.D.F., Kronberg, S., Recous, S. (Eds.), *Agroecosystem Diversity*. Academic Press, pp. 55–73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00004-2>
- 4 : Spezzani, L., 2014. Valorisation énergétique des cultures intermédiaires et coproduits agricoles. ValBiom.
- 5 : Justes, E., Richard, G., 2017. Contexte, concepts et définition des cultures intermédiaires multi-services. *Innov. Agron.* 62, 1–15. <https://doi.org/10.15454/1.5174017785695195E12>
- 6 : Bergtold, J.S., Ramsey, S., Maddy, L., Williams, J.R., 2019. A review of economic considerations for cover crops as a conservation practice. *Renew. Agric. Food Syst.* 34, 62–76. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000278>
- 7 : Edwards, L., Burney, J., 2005. COVER CROPS, in: Hillel, D. (Ed.), *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elsevier, Oxford, pp. 311–318. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00252-6>
- 8 : Merfield, C.N., 2019. Chapter 5 - Integrated Weed Management in Organic Farming, in: Chandran, S., Unni, M.R., Thomas, S. (Eds.), *Organic Farming, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. Woodhead Publishing, pp. 117–180. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813272-2.00005-7>
- 9 : Baumhardt, R.L., Blanco-Canqui, H., 2014. Soil: Conservation Practices, in: Van Alfen, N.K. (Ed.), *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. Academic Press, Oxford, pp. 153–165. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00091-7>
- 10 : Cordeau, S., Moreau, D., 2017. Gestion des adventices au moyen des cultures intermédiaires multi-services: potentiels et limites. *Innov. Agron.* 62, 1–14. <https://doi.org/10.15454/1.5174075019109001E12>
- 11 : Marsac, Sylvain, Heredia, M., Bazet, M., Delaye, N., Trochard, R., Lagrange, H., Quod, C., Sanner, E.-A., 2019. Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation.
- 12 : ADEME, 2009. Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en co-digestion (Rapport final).
- 13 : Marsac, S., Heredia, M., Bazet, M., Cabeza-Orcel, P., 2020. Techniques de production : Optimiser la biomasse des CIVE. *Perspectives Agricoles* 42–46.
- 14 : Blanco-Canqui, H., Ruis, S.J., Proctor, C.A., Creech, C.F., Drewnoski, M.E., Redfearn, D.D., 2020. Harvesting cover crops for biofuel and livestock production: Another ecosystem service? *Agron. J.* 112, 2373–2400. <https://doi.org/10.1002/ajq2.20165>
- 15 : Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, 2018. Synthèse régionale des expérimentations en grandes cultures : Récolte 2017. Chambre d'Agriculture Pays de la Loire.
- 16 : GIEE MAGELLAN, 2019. Semis direct: du couvert annuel ... au couvert permanent (Guide Magellan).



# Références bibliographiques

- 17 : Chambre d'agriculture Pays de la Loire, 2017. Semis de prairies sous couvert de céréales d'hiver pour sécuriser l'implantation.
- 18 : Caillat, H., Fatet, A., Jost, J., 2017. Journée technique Cap'Vert. 2ème édition. Lusignan, p. 32.
- 19 : Alléazard, V., Huyghe, C., Vertès, F., Arranz, J.-M., Haristoy, M., Lamy, M., Dupic, G., Faure, P., Lacour, C., Violleau, S., Carrère, P., Theau, J.P., Leray, F., Thenard, V., Jost, J., Choisis, J.P., Magne, M.-A., Cloarec, M., Serpossian, E., 2014. The wealth of innovative ideas in agriculture a few examples of new initiatives in grass-based farming systems. Fourrages, L'innovation en systèmes fourragers et élevages d'herbivores : un champ de possibles 37-46
- 20 : PISLOR, E., 2016. Etude au champ des potentiels agronomiques, méthanogènes et environnementaux de cultures intermédiaires à vocation énergétique.
- 21 : Chambre d'agriculture des Landes, 2017. Essai de production de CIVE (cultures intermédiaires à vocation énergétique) en interculture du maïs en vue de l'alimentation d'un méthaniseur, Résultats des expérimentations Grandes cultures 2017.
- 22 : Arvalis, 2020. CIVE d'hiver : Récapitulatif des essais 2019-2020.
- 23 : Marsac, S., Bodilis, A.-M., 2020. Produire des CIVE pour la méthanisation et valoriser les digestats.
- 24 : Vrignaud, G., 2020. L'agronomie au service de la méthanisation ou la méthanisation au service de l'agronomie N. AE&S, Agronomie et méthanisation 10, 11.
- 25 : Kulichkova, G.I., Ivanova, T.S., Köttner, M., Volodko, O.I., Spivak, S.I., Tsygankov, S.P., Blume, Y.B., 2020. Plant Feedstocks and their Biogas Production Potentials. Open Agric. J. 14. <https://doi.org/10.2174/1874331502014010219>
- 26 : Herrmann, C., Idler, C., Heiermann, M., 2016. Biogas crops grown in energy crop rotations: Linking chemical composition and methane production characteristics. Bioresour. Technol. 206, 23-35. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.058>
- 27 : Teixeira Franco, R., Buffière, P., Bayard, R., Peyrelasse, C., Lalanne, M., Pouech, P., 2017. Stockage avant méthanisation : modalités et bonnes pratiques pour la conservation du pouvoir méthanogène des fumiers et des CIVE, in: Journées Recherche Industrie Biogaz et Méthanisation. Beauvais, France.
- 28 : Decaux, S., Quenesson, A., Lamerre, J., 2021. Produire de la biomasse et du méthane dans les Hauts de France avec la double culture dédiée à la biomasse (Rapport d'étude FILABIOM). Agro-Transfert Ressources et Territoires.
- 29 : Gloria, C., 2021. Sécuriser la production en conditions sèches des Cive d'été. REUSSIR Gd. Cult. 24-26.
- 30 : Arvalis, 2016. Une interculture particulière pour produire de l'énergie. [En ligne] : Disponible sur <https://www.arvalis-infos.fr/une-interculture-particuliere-pour-produire-de-l-energie-@/view-26937-arvarticle.html>
- 31 : Brochier, M., Savouré, M.-L., Guy, P., Chapron, L., Deceuninck, A., 2011. OPTABIOM : Bien choisir sa dérobée.
- 32 : Chambre d'agriculture Nord pas de Calais, 2016. Produire des Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique.
- 33 : DRAAF-DREAL Pays de la Loire, Préfet de la Région Pays de la Loire Préfet de la Loire-Atlantique. Arrêté DRAAF-DREAL n° 618 du 15/10/2020 établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Pays de la Loire, Environnement.



# Références bibliographiques

- 34 : Barlóg, P., Hlisnikovský, L., Kunzová, E., 2020. Effect of Digestate on Soil Organic Carbon and Plant-Available Nutrient Content Compared to Cattle Slurry and Mineral Fertilization. *Agronomy* 10, 379. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030379>
- 35 : Askri, A., 2015. Valorization of anaerobic digestates in agriculture : Effects on Carbon and Nitrogen biogeochemical cycles (Theses). AgroParisTech.
- 36 : Reibel, A., 2018. Valorisation agricole des digestats : Quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement? (Revue de littérature). Groupe Energies Renouveables, Environnement et Solidarité (GERES).
- 37 : Clivot, H., Mouny, J.-C., Duparque, A., Dinh, J.-L., Denoroy, P., Houot, S., Vertès, F., Trochard, R., Bouthier, A., Sagot, S., Mary, B., 2019. Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model. *Environ. Model. Softw.* 118, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.04.004>
- 38 : Bodilis, A.-M., Trochard, R., Lechat, G., Airiaud, A., Lambert, L., Hruschka, S., 2015. Impact de l'introduction d'unités de méthanisation à la ferme sur le bilan humique des sols. Analyse sur 10 exploitations agricoles de la région Pays de la Loire. Presented at the Journées AFPP - La fertilité des sols dans les systèmes fourragers, p. 10.
- 39 : Lambert, L., 2014. L'insertion des unités de méthanisation en Pays de la Loire.
- 40 : Rasse, D.P., Rumpel, C., Dignac, M.-F., 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant Soil* 269, 341–356. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0907-y>
- 41 : Szerencsits, M., Weinberger, C., Kuderna, M., Feichtinger, F., Erhart, E., Maier, S., 2016. Biogas from Cover Crops and Field Residues: Effects on Soil, Water, Climate and Ecological Footprint. *Int. J. Environ. Ecol. Eng.* 9, 413–416.
- 42 : Lagrange, H., Marsac, S., Moureaux, B., 2020. Evolution des sols : Les CIVE contribuent aux apports de matière organique. *Perspectives Agricoles* 51–54.
- 43 : Möller, K., 2015. Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1021–1041. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0284-3>
- 44 : Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Møller, H.B., Sørensen, P., Christensen, B.T., 2013. Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biol. Biochem.* 58, 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.11.006>
- 45 : Recours, S., Ferchaud, F., Houot, S., 2016. La valorisation énergétique des biomasses peut-elle changer l'équilibre des cycles biogéochimiques dans les sols cultivés? *Innovations Agronomiques* 41–58. <https://doi.org/10.15454/1.5137734096127456E12>
- 46 : Matériels agricoles, Coûts des opérations culturales 2019 : Un référentiel pour le calcul des coûts de production et le barème d'entraide
- 47 : Agriavis. Juillet 2016. **Quels sont les prix pratiqués par les Entreprises de Travaux Agricole ? [En ligne] Disponible sur :** <https://agriavis.com/news-9005-quels+ont+les+prix+pratiqués+par+les+entreprises+de+travaux+agricole+.html>
- 48 : Fédération Départemental des CUMA. 2019. Calculateur des coûts d'épandage de lisier. [En ligne] Disponible sur : <http://www.ouest.cuma.fr/documents/calculateur-des-coûts-depandage-de-lisier>
- 49 : [Perel. Janvier 2015.](#) Fiche synthèse sur les coûts des fourrages rendus à l'auge : Sorgho Grain Ensilé. [En ligne] Disponible sur : [http://www.perel.autonomie-fourragere-des-elevages.fr/fileadmin/user\\_upload/Pays\\_de\\_la\\_Loire/092\\_Eve-perel/Couts-des-fourrages/PEREL\\_repere\\_chiffre\\_cout\\_fourrage\\_sorgho\\_grain\\_ensile.pdf](http://www.perel.autonomie-fourragere-des-elevages.fr/fileadmin/user_upload/Pays_de_la_Loire/092_Eve-perel/Couts-des-fourrages/PEREL_repere_chiffre_cout_fourrage_sorgho_grain_ensile.pdf)
- 50 : Debuire, L. Juin 2017. Semences certifiées ou fermières : faire le bon choix. [En ligne] Disponible sur : <https://www.reussir.fr/grandes-cultures/semences-certifiees-ou-fermieres-faire-le-bon-choix>
- 51 [Perel. Janvier 2015.](#) Fiche synthèse sur les coûts des fourrages rendus à l'auge : Mais ensilage conventionnel irrigué. [EN LIGNE] Disponible sur : [http://www.perel.autonomie-fourragere-des-elevages.fr/fileadmin/user\\_upload/Pays\\_de\\_la\\_Loire/092\\_Eve-perel/Couts-des-fourrages/PEREL\\_repere\\_chiffre\\_cout\\_fourrage\\_mais\\_ensilage\\_irrigue.pdf](http://www.perel.autonomie-fourragere-des-elevages.fr/fileadmin/user_upload/Pays_de_la_Loire/092_Eve-perel/Couts-des-fourrages/PEREL_repere_chiffre_cout_fourrage_mais_ensilage_irrigue.pdf)
- 52 Terre-net. Avril 2019. LA PRESTATION DE SERVICES EN AGRICULTURE : Un chantier délégué coûte moins cher à l'agriculteur. [En ligne] Disponible sur : <https://www.terre-net.fr/partenaire/deleger-ses-chantiers-pourquoi-pas-vous/article/un-chantier-delegue-coute-moins-cher-a-l-agriculteur-2926-147158.html>



# Références bibliographiques

- 53 Mounier, P. 2016. Haute-Loire Conseil Elevage. Préfaner les ensilages d'herbe pour avoir des fourrages de qualité. [En ligne] Disponible sur : <http://www.fidocl.fr/content/prefaner-les-ensilages-dherbe-pour-avoir-des-fourrages-de-qualite>
- 54 Mémento d'ensilage d'herbe. Bon silage. [En ligne] Disponible sur : [https://www.bonsilage.de/downloads/Silierfibel\\_Gras\\_fr.pdf](https://www.bonsilage.de/downloads/Silierfibel_Gras_fr.pdf)
- 55 Guillet, J. 1973 Matériels et chantiers d'ensilage d'herbe en silos couloirs.
- 56 Chambre agriculture Yonne 2015, Récolte de l'herbe /Performances comparées pour différents chantiers de récolte
- 57 Réussir machinisme. Publié en Octobre 2018. Les becs déterminants dans la qualité de travail des ensileuses.
- 58 Bordeau, P. , Hamiti, N. 2021. [Combien coûte un chantier d'ensilage. Magazine Rayon X. \[En ligne\] Disponible sur : https://www.entraid.com/articles/cout-de-chantier-ensilage-mais](https://www.entraid.com/articles/cout-de-chantier-ensilage-mais)
- 59 Gallois, V. Chambre d'agriculture de l'Yonne. Culture Intermédiaire : coût cultural, récolte et logistique.
- 60 Paysan Breton. Publié en octobre 2017. Des chantiers d'ensilage rapides même en parcelles éloignées.
- 61 Schick, M., Wagner, A. 2013. Comparaison de différents procédés d'ensilage Performance et temps de travail.
- 62 Marsac, S., Dagorn, N., Stadel, M., Van Vlierberghe, C., 2020. L'humidité des CIVE à la récolte : un critère clé pour une bonne conservation ?. [En ligne] Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/recolte-et-stockage-des-cive-l-humidite-en-question-@/view-34973-arvarticle.html>
- 63 Grebehanna, 2021. Silage effluent management: A review
- 64 Clarke, S., Hilborn, D., 2015. Bien gérer les effluents d'ensilage. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.
- 65 CUMA Pays de Loire. Confectionner son silo : les leviers
- 66 Réglementation sur les silos alimentaires et pour méthanisation.
- 67 Guérin, C. 2021. Quels silos pour stocker les ensilages ? [En ligne] Disponible sur : <https://www.agri-maker.com/actu/grandes-cultures/fourrages-quels-silos-pour-stocker-ensilages>
- 68 Scohy., D. 2017. Quel silo choisir pour mon ensilage ?; En ligne Disponible sur : <https://www.web-agri.fr/ensilage/article/129766/quel-silo-choisir-pour-mon-ensilage>
- 69 Chapuis, D., Leuthreau, A. 2009. Intérêt de la couverture végétale des silos d'ensilage de maïs en remplacement de bâches plastiques et de pneumatiques usagés.
- 70 Van Vlierberghe, C. Stockage et prétraitement des CIVEs avant leur méthanisation, thèse de doctorat en génie des procédés, thèse en préparation à Montpellier Supagro depuis octobre 2018
- 71 FERARD, A., 2016. Sous la bâche, le fourrage évolue dans le temps. [En ligne] disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/sous-la-b-che-le-fourrage-evolue-dans-le-temps-@/view-19614-arvarticle.html>
- 72 Zhang, H., Jingwei, W., Lijuan, G., Jiadong, Y., Xufeng, Y., Wanbin Z., Xiaofen, W., Zongjun, C., 2018. Aerobic deterioration of corn stalk silage and its effect on methane production and microbial community dynamics in anaerobic digestion.

## Contacts

**François BLANCHET** – Conseiller Agronomie Productions Végétales

[francois.blanchet@pl.chambagri.fr](mailto:francois.blanchet@pl.chambagri.fr)

**Hubert GUERAULT** – Conseiller Energie

[hubert.guerault@pl.chambagri.fr](mailto:hubert.guerault@pl.chambagri.fr)

