



Quelle place pour le maïs en CIVE d'été ?

Les CIVE, une ressource au service de la transition énergétique

Les scénarios de transition énergétique et de la stratégie nationale bioéconomie française (2017) s'appuient sur le développement de l'usage de biomasse agricole destinée à la méthanisation. Les cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) représentent un enjeu majeur pour l'approvisionnement de méthaniseurs (ADEME et al., 2018) et pour le développement de l'agroécologie. En effet, la valorisation des intercultures apparaît comme un moyen de combiner efficacement résilience économique des systèmes d'exploitation et durabilité de ces systèmes (Justes, 2012 ; Berti, 2015 ; Goff, 2010).

Définition des CIVE

Une Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique (CIVE) est une culture non alimentaire implantée et récoltée entre deux cultures principales d'une rotation culturale. La culture principale est définie dans le décret n°2022-1120 du 4 août 2022¹ par au moins l'une des conditions suivantes :

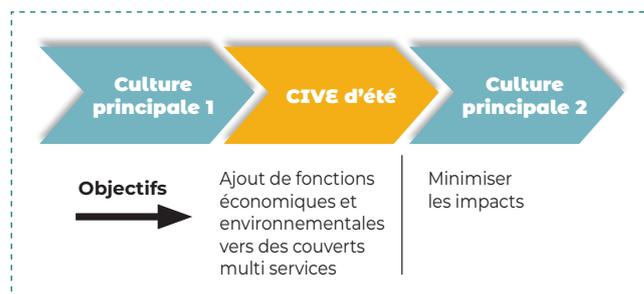
- Unique culture récoltée sur une parcelle au cours d'une année civile ;
- Culture déclarée comme culture principale dans une demande d'aide relevant d'un régime de soutien relevant de la politique agricole commune ;
- Culture récoltée sur une parcelle pour laquelle aucune demande d'aide relevant d'un régime de soutien relevant de la politique agricole commune n'a été faite pour l'année de récolte ;
- Culture présente sur la parcelle au 1er juin, ou, le cas échéant, à une autre date comprise entre le 1er juin et le 15 juin, définie par le représentant de l'Etat dans le département, au regard des spécificités climatiques et des pratiques culturales ;
- Culture pérenne mentionnée à l'article R. 411-9-11-1 du code rural et de la pêche maritime ou culture cultivée sur une parcelle sur laquelle une culture pérenne est implantée. L'unique culture récoltée sur une parcelle au cours d'une année civile.

La culture principale est limitée dans une proportion maximale de 15 % du tonnage brut total des intrants d'une ration de méthaniseur (article D. 543-292 du code de l'environnement). L'objectif d'une CIVE est donc d'assurer la continuité d'approvisionnement en substrat des unités de méthanisation, sans avoir besoin de recourir aux cultures principales et sans entrer en concurrence avec la production alimentaire.

Les CIVE ou les Cultures Intermédiaire Multiservices (CIMS) sont deux acronymes pour un même objectif : maximiser les services apportés par les intercultures et ainsi être source de plus-values économiques et environnementales pour l'agriculteur. En tant que couverts végétaux, les CIVE ont l'opportunité de remplir de nombreuses fonctions écosystémiques. Elles remplissent en effet des fonctions agronomiques et environnementales : réduction des risques de lixiviation de nitrate, lutte contre l'érosion, amélioration du bilan environnemental, allongement et diversification des rotations, gestion des adventices, stockage de carbone... (C. Launay, 2022 ; P. Kouakou et al., 2022). En outre, en tant que source d'énergie locale, les CIVE permettent une diversification du revenu et une réduction de sa variabilité tout en essayant de maintenir la production alimentaire afin de limiter les concurrences d'usages.

Selon leur période d'implantation, on distingue les CIVE d'hiver, à cycle long, et les CIVE d'été, à cycle court. Les CIVE d'été viennent s'intercaler entre deux cultures d'hiver. Les deux tiers des agriculteurs méthaniseurs disent produire des CIVE d'été, en complément des CIVE d'hiver dont la production est plus régulière et moins aléatoire (SEMENCIVE 2020, Enquêtes AAMF 2020). Ce caractère aléatoire de la production positionne les CIVE d'été comme un gisement d'opportunité pour la méthanisation.

Ces CIVE d'été doivent être implantées le plus tôt possible après la récolte des céréales ou oléoprotéagineux d'hiver. Orge et pois d'hiver sont les précédents les plus adaptés.



Quelle offre climatique pour les maïs implantés en été ?

Le choix d'une variété très précoce est indispensable

Le choix d'une variété très précoce est indispensable dans la mesure où les maïs CIVE cultivés en dérobé sont semés fin juin – début juillet, plus tard que dans un itinéraire classique en culture principale. Pour la récolte, le maïs devra avoir atteint au moins 25 % matière sèche (MS) plante entière, au plus tard fin octobre - début novembre, pour être ensilable et ne pas compromettre la culture suivante, le plus souvent une céréale à paille. Récolter à un niveau de maturité inférieure à 25 % MS plante entière rend le chantier difficilement réalisable et engendre des pertes importantes par fuites de jus au silo (Van Vlierberghe C, 2022 ; Marsac, 2021). Si la situation le permet, cumulé de températures et conditions de fin de cycle favorables, l'objectif est de récolter à 30% MS plante entière, en conservant une date limite de récolte raisonnable.

On restera par ailleurs vigilant sur la sensibilité à la verse des variétés cultivées. Même si le gabarit des maïs en CIVE n'est pas toujours très haut, les récoltes décalées vers l'automne peuvent exposer les cultures en fin de cycle à des coups de vent.

¹ - <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=rXQS7WM8FLrTwIzZ6y9HFh4u-HRVjXIEYRGdfMtYc0x8=>

Besoins en températures des variétés

de maïs fourrages Ultra Précoces et Très Précoces

| | Besoins en sommes de températures (base 6-30) | | | Indice FAO (estimation) |
|--------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| | Semis à floraison | Floraison à 25 % MS plante entière | Semis à 25 % MS plante entière | |
| Ultra-Précoces | 750 à 850 dj | 350 à 400 dj | 1 150 à 1 200 dj | < 180 |
| Très Précoces (S0) | 790 à 850 dj | 420 à 470 dj | 1 200 à 1 275dj | 180- 250 |

dj = degrés-jour

La précocité d'une variété de maïs se définit par ses besoins en sommes de température du semis à un stade donné. Les sommes de températures sont exprimées en base 6-30°C, cela revient à comptabiliser uniquement les températures moyennes journalières comprises entre ces 2 bornes. Au niveau international, on utilise également l'indice FAO pour caractériser la précocité des maïs. Plus une variété est tardive, plus son indice est élevé.

Méthode de calcul des besoins en températures d'un maïs CIVE

Les besoins en degrés jours (base 6 – 30) pour atteindre au moins 25 % MS plante entière à la récolte du maïs CIVE ont été définis selon les données suivantes :

- . Du semis à 32% MS, pour une variété maïs fourrage très précoces (S0) 1340 dj
- . Variété Ultra Précocce - 80 dj
- . Semis en conditions sèches + 50 dj
- . De 32 % MS à 25 % MS* - 160 dj
- Besoin en degrés-jour = 1150 dj base 6-30

**Pour gagner un point de MS, il faut compter environ 25 degrés-jour (dj) de 20 à 25 % MS plante, 23 à 25 degrés-jours entre 25 et 30 % MS et de 19 à 21 degrés-jours entre 30 et 35 % MS.*

Méthode de construction des cartes

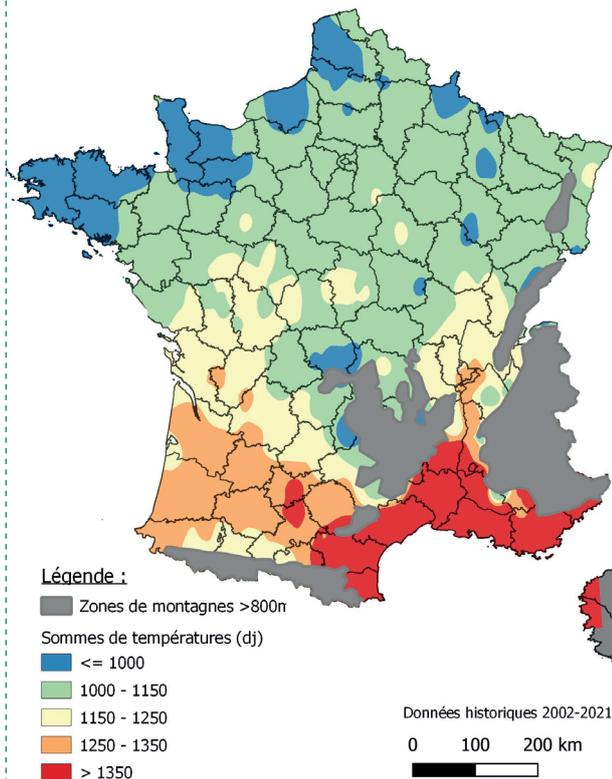
L'ensemble des cartes sont construites à partir des données de 415 stations météo, disponibles sur 20 ans (2002 à 2021), présentes dans la base de données Arvalis-Institut du végétal- Météo France. Le décile 2 représente les conditions les moins favorables : les valeurs et les dates observées sont atteintes au moins 8 années sur 10. Attention, pour les données de pluviométrie, le maillage de station ne permet pas de prendre en compte toutes les pluies orageuses qui s'abattent au cours de la période estivale et qui expliquent bien souvent le succès ou l'échec d'un couvert d'été.

Cette évaluation ne tient pas compte d'un éventuel stress hydrique ou retard à la levée. La levée est considérée proche du semis.



1

Somme de températures (base 6-30°C) entre le 1er juillet et le 30 septembre, décile 2



Quelle offre en températures pour un semis de début d'été ?

Le cumul de températures (en base 6-30°C) entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre, sur la carte 1, permet d'évaluer l'offre disponible sur la période estivale en décile 2, c'est-à-dire pour les années les plus froides. Sur cette période la moitié sud de la France, la vallée du Rhône et le Poitou-Charentes dépassent les 1150 dj qui permettrait à un maïs ultra-précoce d'atteindre les 25% de MS.

Semis – Récolte : quelles possibilités ?

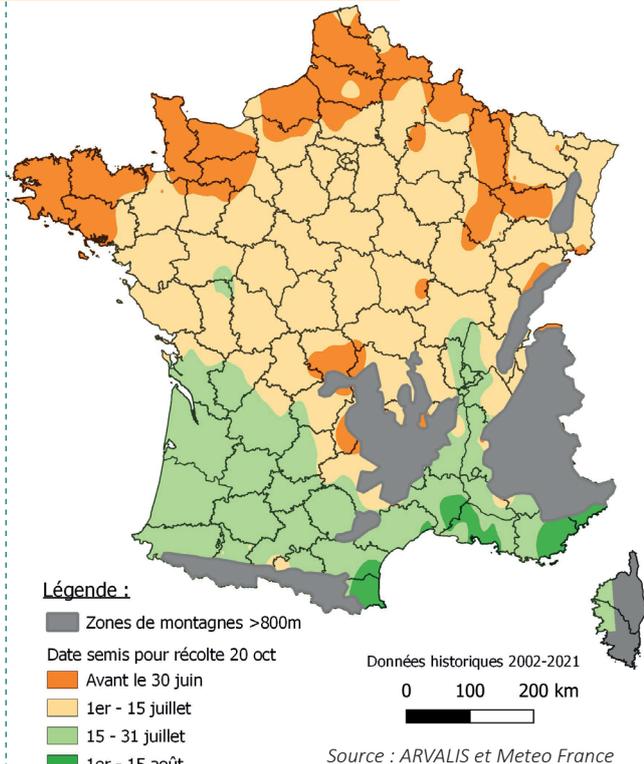
La carte 2 présente la date de semis limite, pour récolter un maïs ensilage avec un minimum de 25 % MS plante entière au 20 octobre, en année froide (décile 2). A cette date, dans la plupart des régions françaises, le semis d'une céréale à paille d'hiver est encore envisageable sans trop impacter son potentiel (Choisir & Décider blé tendre, ARVALIS, 2021).

Dans la grande moitié Nord de la France, il faut semer avant le 15 juillet, voire avant le 30 juin dans les régions plus au Nord. Au-delà de cette date les sommes de températures ne permettent pas de réaliser le cycle végétatif du maïs et d'assurer un minimum de 25 % de matière sèche à la récolte.

La carte 3 présente la date à laquelle on peut espérer récolter en ensilage, en années froides (décile 2), à au moins 25 % de matière sèche plante entière, un maïs semé au 10 juillet. Sur le Nord de la France et les massifs, pour une telle date de semis, les dates de récoltes prévisionnelles sont trop tardives. Dans certaines régions, les premiers gels peuvent même être observés avant la récolte.

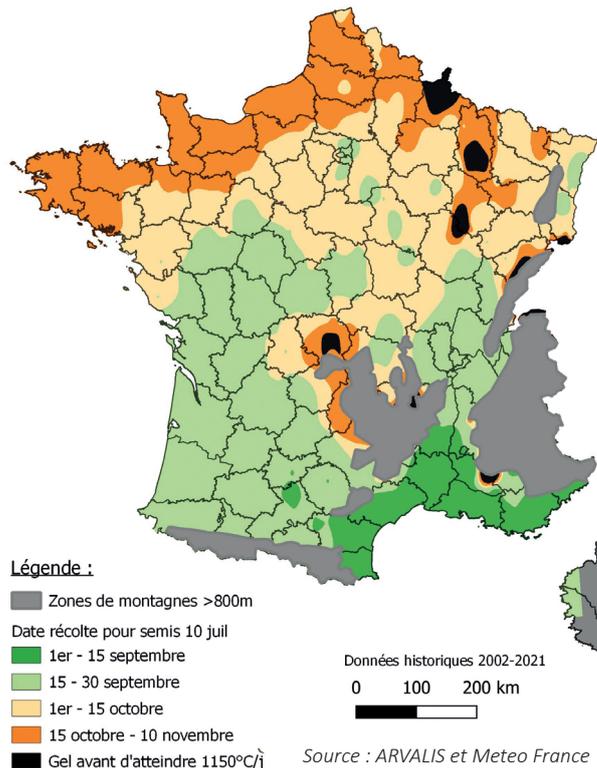
2

Date de semis pour atteindre 1150 dj pour une récolte au 20 octobre, décile 2



3

Date de récolte pour atteindre 1150 dj pour un semis du 10 juillet, décile 2



Quelles disponibilités en eau ?

La disponibilité en eau, notamment au semis, est un point essentiel à la réussite des CIVE d'été. En effet, semées entre fin juin et début juillet, ces cultures d'été font face à des aléas climatiques sévères (sécheresse et températures élevées). Les producteurs de CIVE rapportent des échecs des CIVE d'été plus 1 année sur 3, liés à un défaut de levée et aux aléas climatiques en cours de culture (Enquêtes AAMF 2020, Bio-Valo 2020, RECI-TAL 2021). Les besoins en eau du maïs sont de l'ordre de 240 l d'eau par kg MS produit, soit pour un maïs à 10 t MS/ha, environ 240 mm sur le cycle. La carte 4 montre les sommes de pluies disponibles entre le 1er juillet et le 30 septembre. Sur un cycle décalé en été et début d'automne, le manque d'humidité du sol peut être limitant au semis pour assurer une levée correcte. L'autre période sensible au déficit hydrique se situe autour de la floraison femelle (de 10 jours avant à 15-20 jours après), phase critique pour la fécondation et l'élaboration des grains.

Le risque d'échec à la levée

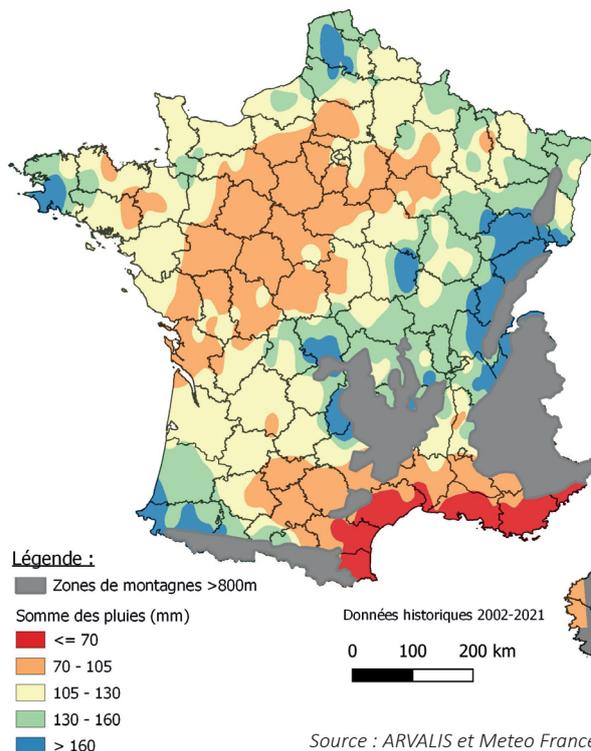
La carte 6 montre la somme des pluies entre j-5 jours et j+10 jours autour d'un semis du 10 juillet, en années sèches (décile 2). Les trois quarts de la France cumulent moins de 10 mm sur cette période de trois semaines. Ce faible cumul est considéré comme insuffisant pour assurer une bonne levée. Cependant, cette période peut aussi être favorable à des orages localisés qui peuvent être des opportunités à saisir pour semer ces couverts.

L'offre hydrique autour de la floraison

La carte 5 présente le déficit hydrique exprimé en cumul de pluie moins évapotranspiration potentielle (P-ETP) sur une période de 30 jours centrée sur la date de floraison femelle estimée pour un semis du 10 juillet, en années sèches (décile 2).

4

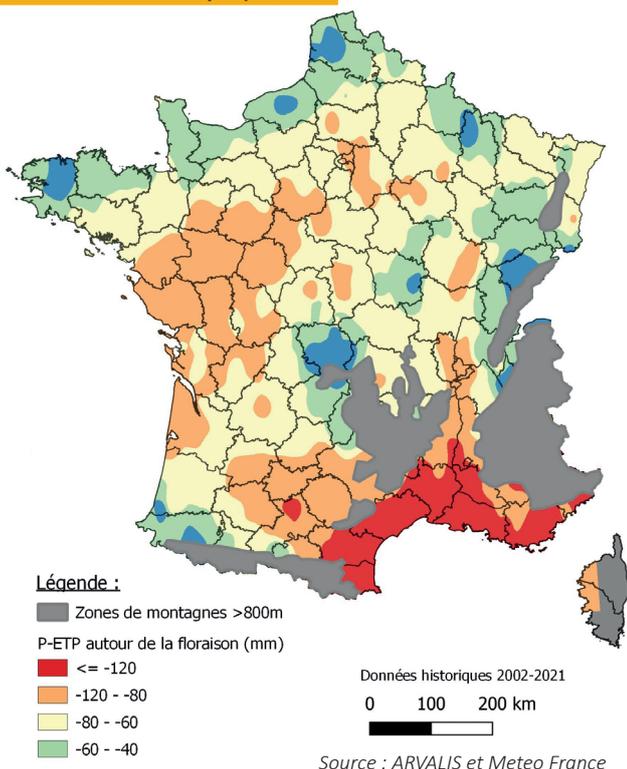
Somme des pluies entre le 1er juillet et le 30 septembre, décile 2



Le Centre-Ouest et le Sud de la France peuvent être soumis à un déficit hydrique sur cette période sensible à l'élaboration du rendement du maïs.

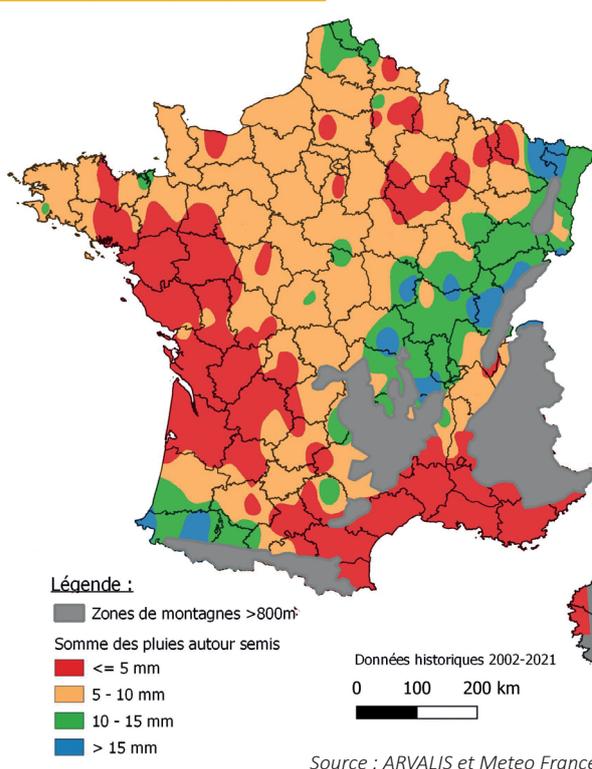
5

P-ETP autour de la floraison entre 25/08 et le 25/09 pour un semis du 10/07, décile 2



6

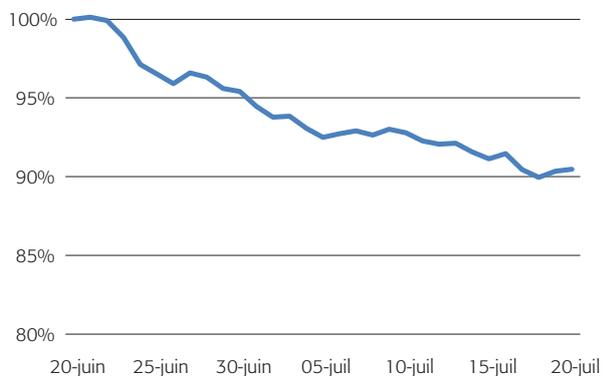
Somme des pluies autour d'un semis du 10/07 (-5 + 10 jours), décile 2



Rayonnement : un autre facteur limitant du rendement

La production de matière sèche est fortement corrélée à la quantité de rayonnement lumineux intercepté par le couvert. Or, l'offre en rayonnement est liée la durée du jour. Au début de l'été, en période de durée du jour décroissante, la date de semis est un levier important pour préserver le potentiel de rendement.

Evolution de l'offre en rayonnement : cumul du semis à la date de récolte à 25% MS plante entière (station d'Orléans, 2002 - 2021, médiane)



Potentiel mesuré au champ

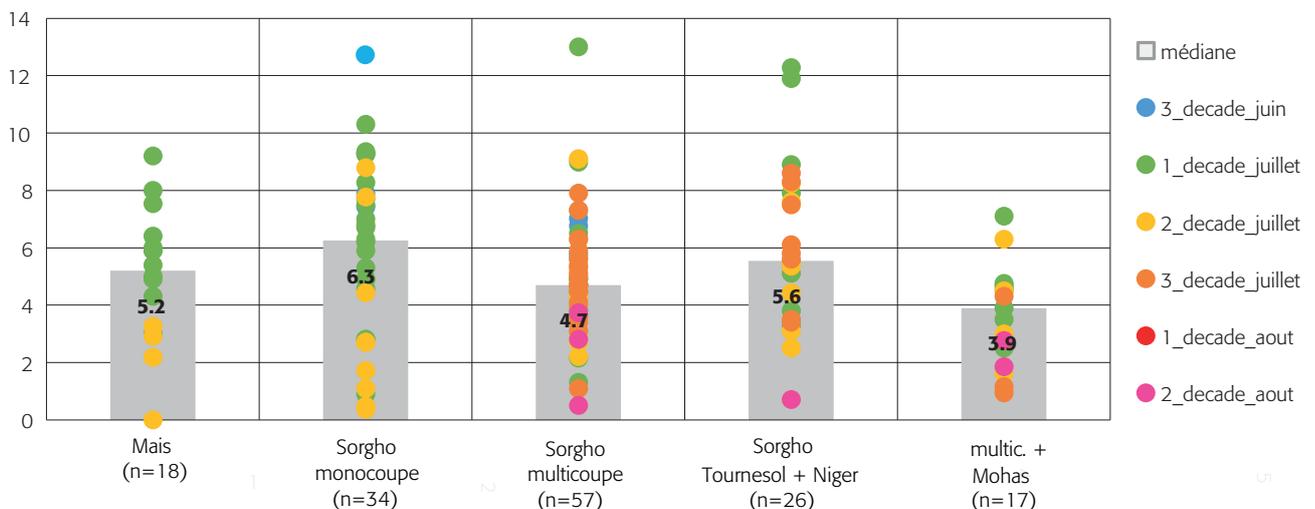
Quel est le potentiel de rendement du maïs par rapport aux autres espèces ?

Le projet RECITAL a permis de compiler des résultats d'essais à l'échelle de la France. La diversité de contexte pédoclimatique permet de mettre en avant la très forte variabilité des rendements pour l'ensemble des espèces et mélanges de CIVE d'été. Cette variabilité est accentuée par le fait que ces résultats regroupent des essais avec des itinéraires variés, notamment au niveau de la date de semis, de la fertilisation (de 0 à 100 kg N/ha) et de l'alimentation hydrique (avec ou sans irrigation). Les niveaux de rendement obtenus sont relativement proches d'une espèce à l'autre, et pour le maïs comme pour les autres espèces, la réponse du rendement à la date de semis est très importante.

Pour exemple, les rendements de maïs CIVE les plus élevés ont été obtenus en condition peu limitantes comme en 2020, sur la station de Montardon près de Pau. En effet, les potentiels de biomasse ont atteint 8 t MS/ha à 20.5 % MS pour un maïs précoce (LG30215), semé le 08 juillet à 100 000 graines/ha. Les conditions de culture étaient peu limitantes avec une fertilisation de 60 kg N/ha, une réserve utile du sol de 150 mm et 2 tours d'eau de 25 mm et 40 mm. A l'inverse, des rendements très faibles ont été observés sur le plateau de Bourgogne, dans un contexte pédoclimatique très différent, sols argilo-calcaires à faible réserve utile (44 mm). Seuls des mélanges multi-espèces composés notamment de sorgho multicolore, tournesol, moha ou millet ont été testés, mais ces couverts n'ont jamais dépassé les 2 t MS/ha en 3 ans d'essais de 2019 à 2021.

Rendement et date de semis des CIVE d'été tous itinéraires techniques confondus

Rendement mesuré (tMS/ha)



Recital

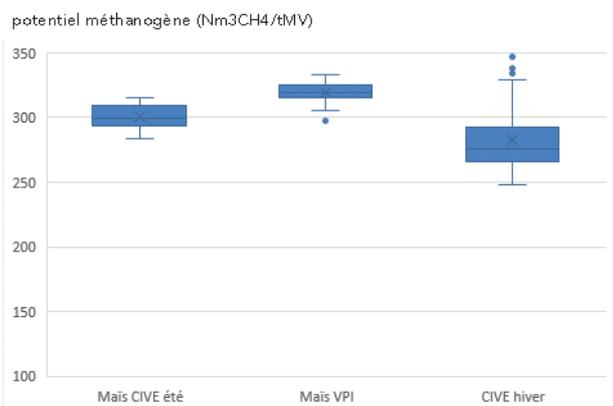
Rendements mesurés en essais (microparcelles, bandes ou parcelles agriculteur) pour différentes espèces, tous itinéraires techniques confondus (date de semis, récolte, irrigation, fertilisation), données de 2017 à 2021. Sources : projet RECITAL, avec la contribution de : OXYANE, CAVAC, OCEALIA, ARVALIS, réseau d'essai AURA (avec CA01, CA38) et données publiées de la CRA Centre-IDF.

Le maïs a-t-il un meilleur potentiel méthanogène ?

Pour les biomasses d'origine végétale (paille, cultures dédiées, CIVE...), le potentiel varie de 230 à 361 Nm³ CH₄/t MV (il y a 95 à 97 % de MV dans une tonne de MS de ce type d'intrant). Pour les effluents d'élevage, il varie de 203 à 526 Nm³ CH₄/t MV (selon des simulations réalisées à partir de l'outil MethaSim), avec des fractions de matière organique plus faibles (5 à 20 % de MV pour 1 t MF) et des humidités beaucoup plus élevées. Les analyses menées durant plusieurs campagnes, majoritairement en laboratoire, sur plusieurs maïs, cultivés en tant que CIVE ou en cultures principales, montrent un panel de variation de 284 à 334 Nm³/t MV. Ce potentiel est de 319 Nm³/t MV en moyenne pour les échantillons de maïs issus d'essais variétés du réseau VPI (n=22) et de 300 Nm³/t MV pour tous les maïs CIVE issus de grandes parcelles (avec un effectif plus faible, n=9).

Pour une meilleure discrimination des espèces et variétés, un très grand nombre d'analyse serait nécessaire. La gamme de potentiel pourrait toutefois être masquée par la conduite du méthaniseur, selon les temps de séjour et les co-substrats utilisés. Les enjeux résident plus dans la production biomasse que dans cette discrimination de potentiel méthanogène.

Potentiel méthanogène de CIVE d'hiver et de maïs



Sources : projet RECITAL, projet OPTICIVE pour les essais CIVE d'hiver, ARVALIS et partenaires FNPSMS et UFS, pour les essais variétés maïs (2019, Bretagne et Picardie) et parcelles agriculteurs de maïs CIVE (2019, Bretagne et Seine et Marne).

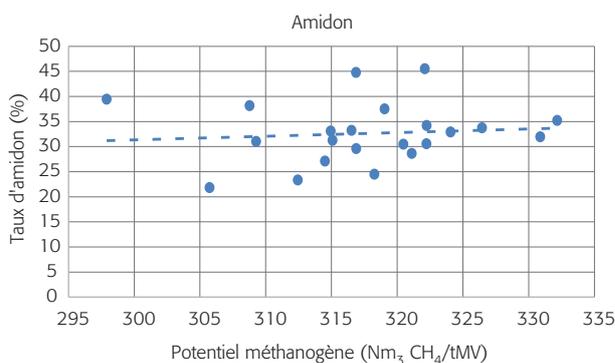
Le potentiel (ou pouvoir) méthanogène, d'acronyme BMP pour Biochemical Methane Potential, est la quantité de méthane produite par quantité de matière. Celui-ci s'exprime en litres CH₄/kg ou m³ CH₄/t ou Nm³/t. L'unité couramment utilisée est le normomètre cube (Nm³) de méthane par tonne de matière « fraîche » (MF), de matière sèche (MS) ou de matière volatile (MV, équivalent de la fraction organique de la matière). Pour mesurer le BMP, la méthode de référence en laboratoire consiste à mélanger un échantillon à un inoculum (flore microbienne) et à l'incuber en condition anaérobie mésophile (35-40°C) ou thermophile (55-60°C) pour reproduire les conditions d'un méthaniseur. Le gaz émis par l'échantillon sera analysé durant 60 jours en moyenne jusqu'à déterminer le potentiel maximal. Certains laboratoires proposent maintenant des analyses rapides par Infra-Rouge, ou BMP flash, comme le laboratoire INRAE-LBE de Narbonne. Comme toute mesure indirecte, la précision de ces analyses rapides est dépendante de la qualité de la calibration réalisée par le laboratoire.

La formule de Rath, oui mais...

Pour le maïs, il existe une équation qui permet d'estimer le BMP, la formule de Rath (Rath, 2013 ; Rath, 2014). Cette formule permet, à partir d'une analyse de composantes biochimiques (hémicellulose, matière grasse, sucres solubles, ADL...), de prédire le potentiel biogaz (CO₂ + CH₄) et non de biométhane. Pour connaître le BMP, il faut appliquer une correction variable de 40-45 % du potentiel biogaz. Le calcul du BMP par la formule de Rath a donc une incertitude de mesure plus élevée que la méthode de référence.

D'autre part, la formule de Rath est fortement corrélée avec la teneur en amidon du maïs ensilage, alors qu'il n'y a pas de corrélation entre la valeur du BMP mesuré par la méthode de référence et le taux d'amidon (graphique ci-dessous).

Relation entre le potentiel méthanogène (méthode de référence) et le taux d'amidon du maïs ensilage



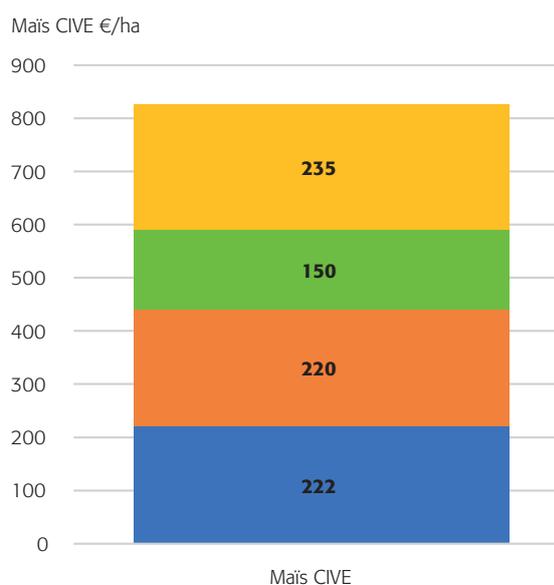
Source : ARVALIS et partenaires FNPSMS et UFS, essais variétés du réseau VPI 2019

Quelles répartitions des charges d'un maïs CIVE ?

Le coût complet d'un maïs CIVE prend en compte une fertilisation avec du digestat et est calculé rendu silo avec un transport de 5 km entre la parcelle et le silo. Les charges d'intrants (semences), les charges de mécanisation (semis, fertilisation, récolte) et les charges fixes se répartissent selon le détail présenté dans le graphique ci-dessous :

Avec ces hypothèses, le coût complet d'un maïs en CIVE non irrigué est de 827 €/ha, auquel il faut ajouter 350 €/ha pour un maïs irrigué, soit un total de 1177 €/ha. Ce coût pourrait être complété d'un impact sur la culture suivante, c'est-à-dire les pertes induites par les CIVE sur les cultures alimentaires dans la rotation. Dans le cas d'un maïs CIVE, aucune perte sur la culture suivante n'est prise en compte, en faisant l'hypothèse qu'une récolte avant la fin octobre permet de semer à suivre une culture d'hiver de type céréale à paille dans des conditions optimales.

Coût complet rendu silo d'un maïs CIVE irrigué (€/ha)



- Charges d'intrants : semences + désherbage (€/ha)
- Charges de mécanisation : semis + fertilisation digestat (€/ha)
- Charges de mécanisation : récolte (€/ha)
- Charges fixes : fermages, charges diverses, rémunération MO familiale et capitaux propres (€/ha)

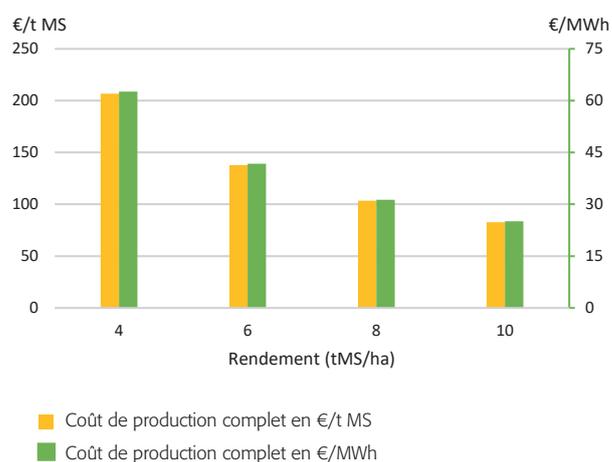
Le coût complet inclut toutes les charges de production : intrants, mécanisation, charges fixes. Il est calculé dans cette évaluation à partir de l'outil Systerre®. Les hypothèses qui ont permis cette évaluation ont été co-construites avec des groupes d'agriculteurs et de l'expertise, dans le cadre du projet RECITAL. Il a été choisi de répartir les charges fixes de façon uniforme sur chacune des cultures de la séquence, c'est-à-dire que la CIVE supporte ces charges au même titre que les 2 cultures principales qui l'entourent.

Le coût de production est un indicateur de compétitivité qui permet de comparer différentes ressources, mais aussi d'évaluer le prix de vente nécessaire pour couvrir les charges. Le coût de production est le coût complet (€/ha) divisé par le rendement de la culture (€/tMS). Le graphique suivant présente l'impact du rendement sur le coût de production complet d'un maïs CIVE non irrigué, sans impact sur la culture suivante.

Afin de faciliter la comparaison des coûts des différentes matières premières d'un méthaniseur, on peut également exprimer le coût de production en €/MWh, avec la formule suivante : $\text{Coût de production (€/t MS)} / \text{BMP} / \text{Coefficient Nm}^3 \text{ à MWh (coefficient fixe de 0.011)}$.

D'après les agriculteurs méthaniseurs, le coût des intrants d'une unité de méthanisation ne doit pas dépasser 30 % du prix de rachat du gaz. Si l'on considère un prix de rachat du gaz à 100 €/MWh et un potentiel méthanogène du maïs de 300 Nm³/t MS, la CIVE ne doit pas dépasser les 30 €/MWh. Sous ces hypothèses, il est nécessaire d'atteindre une productivité de 6 tMS/ha en pluvial ou 8 tMS/ha en irrigué pour obtenir un coût de production compatible avec les enjeux de rentabilité d'une unité de méthanisation (avec les conditions du prix du gaz avant 2022).

Ajustement des coûts de production complet du maïs CIVE



Un itinéraire technique économe pour assurer la rentabilité

Comme pour toute culture réalisée sur la période d'été et début d'automne, le résultat d'un maïs CIVE a un caractère aléatoire. Ce caractère aléatoire positionne les CIVE d'été comme un gisement d'opportunité pour la méthanisation. L'incertitude porte surtout sur la disponibilité en eau, d'abord pour faire lever la culture puis pour alimenter sa croissance et sa production de grains, autour du stade floraison, phase très sensible à un déficit hydrique. L'itinéraire technique doit prendre en compte ce risque et les choix seront guidés par la recherche d'économie sur les charges directes.

Date de semis : le plus tôt possible au cours du mois de juin, après la récolte de la culture précédente (voir les dates limites sur les cartes, généralement avant le 10/07).

Densité de semis : entre 80 et 100 000 grains/ha selon le rendement moyen espéré. Un semis à écartement réduit (entre 40 et 60 cm) est tout à fait envisageable, sous réserve de disposer d'un matériel compatible, si un binage est envisagé.

Irrigation : Selon les possibilités réglementaires et la disponibilité en eau, cette pratique nécessite d'assurer un très bon rendement au risque d'être non rentable.

Fertilisation :

- Les besoins en azote d'un maïs sont de 14 unités d'azote/t MS produite jusqu'à 14 t MS/ha. En complément de la minéralisation de l'azote organique du sol, un apport de 50 à 60 unités

d'azote/ha au semis sera généralement valorisé. En cas d'apport sous forme organique, lisier ou digestat, l'enfouissement immédiat est indispensable pour limiter la volatilisation et les pertes d'azote, surtout pour les produits avec une forte proportion d'azote ammoniacale.

- P et K à raisonner dans la rotation (méthode Comifer) : prendre en compte les quantités d'éléments exportés par la biomasse du maïs CIVE (4.2 kg P₂O₅ et 11.9 kg K₂O/t MS produite) et déduire les éventuels apports organiques (fumiers, lisiers, digestats).

Protection contre les ravageurs : impasse possible (sauf cas particulier, parcelle connue pour un risque taupin élevé...)

Désherbage : Le maïs est sensible à la concurrence des adventices, y compris en semis d'été. Une intervention herbicide pourra suffire, en prélevée ou post-précoce, selon la flore visée et conditions climatiques (humidité du sol nécessaire pour les herbicides à mode d'action racinaire). Un désherbage mécanique nécessitera plusieurs interventions : 1 ou 2 passages de herse étrille en prélevée et stade 1-2 feuilles, puis 1 à 2 passages de bineuse.

Récolte : viser au minimum 25 % MS plante entière, à une date compatible avec l'implantation de la culture suivante (ex. semis d'une céréale à paille jusqu'à fin octobre – début novembre dans la plupart des régions françaises). Si les conditions de fin de cycle sont favorables, on peut envisager une récolte à un stade plus avancé, 30 à 35 % MS plante entière. L'enjeu rendement est compris entre 0.2 à 0.4 t MS/ha par point de MS au-delà de 30 %.



Bibliographie

- ARVALIS, 2018. Maïs fourrage, objectif qualité, du champ à l'auge. Edition ARVALIS (www.arvalis.fr)
- ADEME, GrDF, et GRTGaz. 2018. « Mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 ? » Ref. 020503. Horizons. <https://www.ademe.fr/mix-gaz-100-renouvelable-2050>.
- Berti Marisol, Russ Gesch, Burton Johnson, Yun Ji, Wayne Seames, et Alfredo Aponte. 2015. « Double- and relay-cropping of energy crops in the northern Great Plains, USA ». *Industrial Crops and Products, Advances in Industrial Crops and Products Worldwide : AAIC 2014 international conference*, 75 (novembre) : 26 34. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.012>.
- Launay C., Hermet L., Houot S., Frédéric S., Constantin J. (2022). Quels services écosystémiques rendus par les CIVEs ? Résultats d'expérimentations et de simulations. Thèse Cifre. Journées Recherche Innovation (JRI).
- Goff Ben M., Kenneth J. Moore, Steven L. Fales, et Emily A. Heaton, 2010. « Double-Cropping Sorghum for Biomass ». *Agronomy Journal* 102 (6): 1586 92. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0209>.
- Justes E., Beaudoin N., et Bertuzzi P., 2012. « Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques ».
- Marsac S., Dagorn N., Stadel M., & Van Vlierberghe C., 2021. L'humidité des CIVE à la récolte : un critère clé pour une bonne conservation ? Arvalis-Info- <https://www.arvalis-infos.fr/recolte-et-stockage-des-cive-l-humidite-en-question-@/view-34973-arvarticle.html>
- Marsac S., Dagorn N., Stadel M., & Cresson R., 2021. Quel est le potentiel méthanogène des couverts végétaux ? Arvalis-Info.Fr. <https://www.arvalis-infos.fr/quel-est-le-potentiel-methanogene-des-couverts-vegetaux--@/view-35206-arvarticle.html>
- Marsac S., Dagorn N., Stadel M., Clément Van Vlierberghe, Cresson R., Paloma Cabeza-Orcel, 2021. Cultures de biomasse : Zoom sur le potentiel méthanogène des cive, Perspectives Agricoles N°491, Septembre 2021.
- Marsac S., Heredia M., Bazet M., Delaye N., Trochard R., Lagrange H., Quod, C., & Sanner, E.-A. (2019). Rapport OPTICIVE : Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation. Rapport. 73. <https://bibliothèque.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/3993-opticive.html>
- Kouakou P., Levavasseur F. et al. 2022. Avec le soutien de l'impact des Cultures Intermédiaires Multi Service (CIMS) sur le stockage du carbone organique dans les sols agricoles, dans un contexte de méthanisation. Journées Recherche Innovation (JRI).
- SEMENCIVE, Bio-Valo en partenariat avec Arvalis, Vegeapols Valley, l'AAMF et porté par GRDF, 2020. <https://bio-valo.com/documentation/>
- Van Vlierberghe C., Carrere H., Frédéric S., Bernet N., & Escudé R. (2020). Stockage et prétraitement des CIMS avant méthanisation - Thèse Cifre. Journées Recherche Innovation (JRI).





3, rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS
www.arvalis.fr

Membre de :

