

FICHE CULTURE



Culture pérenne

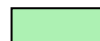
Le miscanthus



Valorisation énergétique :

Le miscanthus est utilisé en sec pour la combustion. Son utilisation en vert pour la méthanisation reste à valider. C'est aussi un candidat pour la production de biocarburant de 2nde génération.

Combustion	Méthanisation	Biocarburant de 2 nd e génération
Récolte « en sec » en sortie hiver	Récolte « en vert » en l'automne	

 Valorisation(s) envisagée(s) la plus probable

 Valorisation à valider

D'autres valorisations sont possibles : utilisation comme litière pour les animaux, paillage horticole ou à l'étude : utilisation dans des bétons pour la construction ou dans des plastiques pour l'industrie automobile.

1. Présentation de la culture

1.1 Généralités

Le miscanthus est une graminée (famille des *Poaceae*, genre *Miscanthus*) originaire d'Asie (Chine, Japon). Sa forte productivité en biomasse a conduit à son implantation et son étude en Europe depuis les années 1980 dans le cadre des recherches sur les bioénergies.

Le génotype utilisé pour la production de biomasse est *Miscanthus x giganteus*., hybride stérile entre deux espèces naturelles (*Miscanthus sinensis* et *Miscanthus sacchariflorus*). Le miscanthus est parfois désigné à tort sous le nom d' "herbe à éléphant", terme qui désigne en réalité le Napier (*Pennisetum purpureum*, originaire d'Afrique). Le nom "roseau de Chine", plus restrictif, désigne l'espèce *Miscanthus sinensis*.

ATOUS ET CONTRAINTES

Atouts principaux

- + **potentiel de productivité important** en situation pédoclimatique favorable
- + **récolte d'un produit sec** en fin d'hiver directement utilisable en **combustion**
- + **culture pérenne (au moins 15 ans)** (sans perte de productivité au cours du temps pour une récolte en fin d'hiver)
- + **besoins modérés de fertilisation** (azote, phosphore et potassium)
- + **peu de protection phytosanitaire** (les interventions de désherbage se font au cours des deux premières années)
- + **stockage de carbone** dans les rhizomes
- + **présence d'un couvert en hiver**

Contraintes principales

- implantation coûteuse** (rhizomes et main d'œuvre), nécessitant un matériel spécifique et conditionnant la réussite de la culture
- **très sensible aux adventices en 1^o et 2^o année**
- entrée en **production 2 à 3 ans après l'implantation**
- **productivité** très liée aux **conditions pédoclimatiques**, avec une assez forte sensibilité au stress hydrique
- nécessité d'une bonne **portance de la parcelle** pour la récolte de fin d'hiver
- **masse volumique faible** du produit en vrac
- **destruction et remise en état de la parcelle** à prévoir en fin de culture

FICHE CULTURE

Le miscanthus

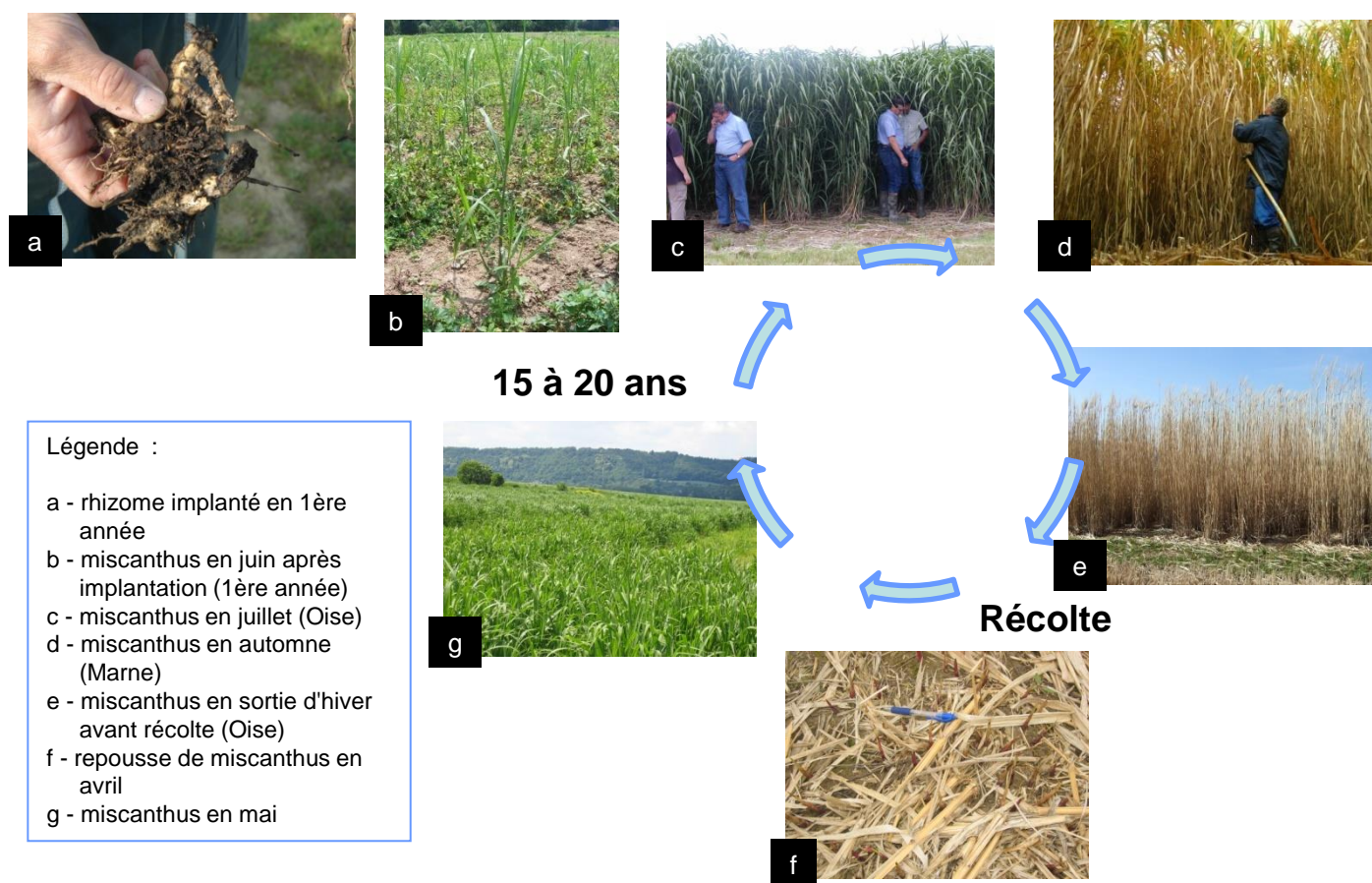
1.2 Description de la culture et de son cycle

Le miscanthus est une plante pérenne rhizomateuse. Elle dispose d'un métabolisme photosynthétique de type C4 contribuant à sa bonne productivité. Bien que l'on puisse observer des inflorescences, l'hybride *Miscanthus x giganteus* est stérile et non invasif, et se reproduit par bouturage du rhizome.



Panicule de Miscanthus

Cycle du miscanthus



La plantation a lieu en début de printemps (mars-avril). La plante pousse d'avril à septembre, elle peut atteindre 2 à 4 m de haut en fin de cycle. Au cours de l'hiver, une partie des éléments nutritifs des parties aériennes migre vers les rhizomes et les feuilles tombent au sol.

La récolte est réalisée une fois par an, à partir de la deuxième ou troisième année, en fin d'hiver pour obtenir un produit sec (70-85% MS). Une récolte en automne pourrait s'envisager pour obtenir un produit vert et un maximum de matière mais ce mode de récolte reste très peu documenté. Il semblerait toutefois que la productivité du miscanthus diminue.

Une fois implantée, la culture semble pouvoir être exploitée pendant 15 à 20 ans selon les premiers travaux conduits (peu de références sont disponibles sur des cultures menées jusqu'à cet âge en Europe). En fin de culture, la destruction des rhizomes pour remobiliser la parcelle est encore peu renseignée. Des expérimentations réalisées dans le programme LIGNOGUIDE (CasDAR 2009) montrent qu'il est possible de détruire mécaniquement la culture à partir de juin et de mettre en place une céréale en automne.

2. Adaptation au milieu



Système racinaire du miscanthus la première année

Le miscanthus montre une préférence pour les sols **profonds et bien alimentés en eau** (500 à 600 mm de précipitations nécessaires d'avril à novembre).

L'enracinement est profond et peut atteindre 2 mètres. [5]

Très sensible au stress hydrique de juin à septembre, il présente une faible affinité pour les sols légers, caillouteux ou superficiels. A l'opposé, le miscanthus est également sensible aux excès d'eau hivernaux et à l'eau stagnante. On évitera donc les sols hydromorphes et les terrains inondables.

Le miscanthus a un zéro de végétation compris entre 6 et 10°C. Toutefois, il peut être **sensible aux fortes gelées de printemps l'année de l'implantation**. Une fois installé, il semble bien résister au froid hivernal.

Il conviendra de privilégier des **terres plutôt limono-argileuses**.

3. Éléments de conduite de la culture

L'implantation du miscanthus est une étape clé pour la réussite de la culture : elle conditionne fortement le délai d'entrée en production ainsi que son rendement.

Le RMT biomasse a édité une fiche spécifique « L'implantation du miscanthus » téléchargeable sur www.rmtbiomasse.org

3.1 Préparation du sol

La plantation doit s'effectuer sur un **sol propre** (nettoyage mécanique et/ou désherbage chimique) pour limiter la concurrence précoce des adventices. **La préparation du sol doit être fine sur une grande profondeur**, comparable à celle de la pomme de terre.

Sources : [1] [3] [4]

3.2 Plantation

La plantation s'effectue en mars-avril, **dès que le sol est ressuyé et que les risques de fortes gelées sont passés**. Il faut attendre de préférence une température de sol supérieure à 8-10°C.

Le matériel végétal utilisé est un fragment de rhizome. Des fragments de trop petite taille (inférieurs à 20 g) pénalisent le taux de levée. **Le fragment de rhizome doit comporter au moins 3 bourgeons** pour assurer une bonne reprise.

Le rhizome est très sensible au dessèchement, il impose une **plantation rapide après arrachage et un bon contact terre-rhizome**. Un stockage temporaire est possible (température inférieure à 5°C avec une hygrométrie élevée).

L'**objectif de peuplement** est compris **entre 10 à 15000 pieds / ha**. Compte tenu d'un taux de reprise en conditions normales de 50 à 80%, les fragments de rhizome sont implantés à raison de **10000 à 20000 pieds / ha**, avec un **espacement entre rangs de 80 cm** environ et à **une profondeur de 10 à 15 cm**



Plantation du miscanthus avec une planteuse à poireau dans l'Oise

La plantation doit être un compromis entre rendement de chantier et régularité des plants. Des **planteuses spécifiques semi-automatiques** ont été développées, permettant d'atteindre des débits de chantier importants (**1h/ha** y compris le temps de préparation et de réapprovisionnement).

L'alternative à cette plantation en prestation est l'utilisation d'une planteuse à pomme de terre ou d'une planteuse maraîchère adaptée : la plantation est en général plus régulière mais le rendement de chantier est inférieur car la plantation est manuelle (6 à 7 h/ha).

Sources : [1] [3] [4] [8]

3.3 Désherbage

La 1^{re} année (voire 2^{ème} année si l'implantation est difficile), le sol n'est pas couvert par le feuillage. La concurrence des adventices peut avoir un impact fort non seulement sur l'installation de la culture mais aussi sur le rendement des premières années et sur la vitesse d'entrée en pleine production.

Plusieurs désherbages sont souvent nécessaires.



Concurrence avec les adventices les premières années, alors que le feuillage du miscanthus ne couvre pas le sol



Plusieurs désherbages sont souvent nécessaires.

Le désherbage mécanique peut être envisagé en 1^o année. Les quelques essais réalisés montrent une sélectivité acceptable.

Différents essais ont montré que le désherbage chimique après implantation était possible sans dégâts apparents sur le miscanthus.



Désherbage mécanique avec une herse étrille et résultats

Les produits phytosanitaires réglementairement autorisés sont ceux autorisés pour le maïs (arrêté du 12 juin 2009) . Toutefois, ceux-ci ne sont pas tous sélectifs. Se reporter à la **fiche spécifique « Le désherbage du miscanthus et du switchgrass »** téléchargeable sur www.rmtbiomasse.org

A partir de la 2^{ème} ou de la 3^{ème} année, dans la plupart des situations, aucun désherbage ne sera nécessaire.

Sources : [4] [9]

3.4 Fertilisation

Aucune fertilisation n'est nécessaire pour les deux à trois premières années : les études montrent une absence de réponse de la culture à la fertilisation azotée, qui favoriserait plutôt le développement des adventices.

Pour les années suivantes **les besoins en azote sont faibles**. La fertilisation azotée doit tenir compte de la fourniture du sol, les doses apportées seront modestes de l'ordre de **40 u N/ha** pour une récolte en fin d'hiver.

Les mesures réalisées lors du programme LIGNOGUIDE, permettent de proposer des doses correspondant aux exportations pour une récolte en fin d'hiver : **10 kg P₂O₅/ha et 100 kg K₂O/ha**.

Les apports de fertilisants sont réalisés en une seule fois au printemps dans un délai de 1 à 1,5 mois après l'émergence.

Sources : [2] [3] [4]

3.5 Irrigation

Une irrigation peut être envisagée pour favoriser l'installation, le miscanthus étant sensible aux conditions séchantes au sud de la Loire. Une fois installée, les études ont montré qu'une irrigation permet de maximiser les rendements.

3.6 Maladies et ravageurs

Le miscanthus est peu sensible aux maladies et ravageurs. Des attaques ponctuelles de pyrales ou de sésamies ont été observées dans le sud de la France, sans que l'impact sur le rendement ait pu être mesuré. En première année, des dégâts de lapins et de sangliers ont été observés.

Des attaques de taupins ont été constatés dans des parcelles à risque (retournement de prairie), les dégâts sur la culture peuvent être importants.

3.7 Récolte

Le mode de récolte préférentiel est la récolte en sec en fin d'hiver notamment pour un débouché en combustion. Le matériel utilisé est, soit une **ensileuse**, soit une **faucheuse et une presse** pour obtenir un produit plus dense.



On observe parfois une sensibilité du sol au tassement lors de cette récolte hivernale. La faisabilité de cette récolte en sortie d'hiver est liée aux climats et aux types de sol. Il faut intervenir **sur sol ressuyé**.

Ensilage / pressage du miscanthus en sortie d'hiver (Champagne-Ardenne)



Une récolte en vert à l'automne (ensilage) est également possible. Cette méthode de récolte automnale est peu étudiée. L'absence de retour des feuilles au sol et des nutriments vers le rhizome entraîne des adaptations de fertilisation voire de désherbage et pourrait réduire la pérennité de la culture.

Sources : [1] [3]

Lors d'une récolte « en vert » à l'automne, les feuilles ne retournent pas au sol.

3.8 Destruction et remise en culture de la parcelle

La destruction s'effectue de juin à août. La première étape consiste à récolter ou **broyer la biomasse aérienne** vers la **mi-juin**. L'objectif est d'épuiser les réserves du rhizome, qui sont à leur plus faible niveau mi-juin. Dès le redémarrage des rhizomes, il est préconisé d'opérer mécaniquement en utilisant un rotavator qui permet de détruire les repousses et de fractionner le rhizome. Un double passage de rotavator permet de dessécher ou épuiser les rhizomes puis laisse un sol bien nivelé et peu de repousses sont observées sur la parcelle en été.

Après l'apparition de nouvelles repousses (**fin juillet/août**), on poursuit la destruction mécanique avec 1 à 2 passages de chisel, afin de **remonter les fragments de rhizomes à la surface du sol**. Peu de repousses sont observées à l'automne. Un semis de céréales pourra alors s'envisager après un léger nivellement à l'aide de disques et en utilisant un semoir direct.

L'**utilisation unique d'un désherbant** total de type glyphosate n'a pas donné de meilleurs résultats, il peut par contre venir compléter le désherbage mécanique en cas de repousses à l'automne.

4. Productivité, potentiel et qualité

4.1 Productivité en fonction des conditions pédoclimatiques

Après implantation, la productivité de la culture augmente au cours des premières années puis se stabilise. On considère une **entrée en production réelle à partir de la deuxième ou de la troisième année**, quand la productivité atteint les **10 t MS/ha**. Le maximum de productivité semble atteint à partir de 3 à 5 ans, cette durée étant liée à la qualité de l'implantation.

La productivité du miscanthus dépend de la situation de la parcelle.

La situation favorable pour une productivité maximale est définie comme une parcelle en sol profond, avec une alimentation en eau adaptée (forte RU et / ou pluviométrie régulière sur la période de végétation), avec un pH compris entre 5,5 et 8.

La situation limitante est essentiellement définie par des conditions d'alimentation hydrique déficientes. Elle est comprise entre la situation favorable et les limites d'exclusion qui sont : les sols d'argile lourde hydromorphes, des sols sableux et les sols très superficiels. La culture est également limitée par la portance de la parcelle en hiver (mécanisation de la récolte).

⇒ Cas d'une récolte en fin d'hiver

La récolte en fin d'hiver démarre lorsque le miscanthus a perdu l'essentiel de ces feuilles et que le **taux de matière sèche (M.S.)** est au environ de **70 à 85%**. C'est en général le cas à partir de **début mars**.

L'autre condition à respecter est la portance du sol qui peut limiter, à cette période, le nombre de jours disponibles pour la récolte. Les récoltes devraient être terminées au moment où le miscanthus redémarre (début avril) pour éviter que les engins de récolte n'écrasent les jeunes bourgeons.

Un taux de MS de 80 à 85 % est nécessaire pour assurer une bonne conservation sans séchage. On peut noter que les tiges représentent 85 à 95 % de la biomasse récoltée.



Ballots de miscanthus



Miscanthus ensilé en vrac



Stockage en boudin du miscanthus ensilé

FICHE CULTURE

Le miscanthus

Productivité du miscanthus en fin d'hiver

	Taux de MS (%)	Rendement 1 ^{ère} année	Rendement 2 nd e année	Rendement 3 ^{ème} année et suivantes
Situation favorable	70 à 80 %	1 à 2 t MS/ha Broyage et restitution au sol	10 à 15 t MS/ha	15 à 25 t MS/ha
Situation limitante	70 à 85 %	Broyage et restitution au sol	5 à 10 t MS/ha	7 à 12 t MS/ha

Entre l'automne et la fin d'hiver, les feuilles et une partie des panicules chutent et les éléments minéraux migrent vers les rhizomes, ce qui se traduit par une perte de biomasse aérienne : celle-ci atteint 31% de la production de matière sèche mesurée en automne.

⇒ Cas d'une récolte en cours d'automne

En automne, la récolte peut débuter dès que les feuilles commencent à se dessécher. La productivité est maximale (25 à 35 t MS/ha) avec un taux de MS de l'ordre de 40 %. L'ensilage est la seule technique de conservation de la matière récoltée à cette période.

Productivité du miscanthus en automne

	Taux de MS (%)	Rendement 1 ^{ère} année	Rendement 2 nd e année	Rendement 3 ^{ème} année et suivantes
Situation favorable	45 à 50 %	2 à 3 t MS/ha	15 à 25 t MS/ha	25 à 35 t MS/ha
Situation limitante	40 à 50 %	1 à 3 t MS/ha	7 à 15 t MS/ha	10 à 18 t MS/ha

Les rendements atteignables en grandes parcelles seront inférieurs aux rendements biologiques indiqués dans les tableaux ci-dessus. La hauteur de coupe joue un rôle déterminant sur le rendement récolté. Une hauteur de coupe à 15 cm semble être un bon compromis entre le « maximum » de biomasse et le fait de laisser au sol le mulch de feuilles qui s'accumule d'année en année. Des mesures réalisées sur les parcelles de LIGNOGUIDE donnent une quantité de biomasse d'environ 1 t MS/ha pour 10 cm de tiges.

Sources : [1] [4] [5]

4.2 Qualité, productivité énergétique et données physico-chimiques

Les données des tableaux ci-dessous sont issues de la base de données qualité, réalisée lors du programme REGIX.

Miscanthus, plante entière, récoltée "sec"

Unité	Données physiques			Analyse élémentaire							
	Humidité	Masse volumique		Carbone (C)	Hydrogène (H)	Oxygène (O)	Azote (N)	Soufre (S)	Chlore (Cl)	Potassium (K)	Silicium (Si)
		en vrac broyé	pressé en balle								
	%	kg MS/m ³	kg MS/m ³	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS
Effectif	18	-	-	4	4	4	21	10	19	19	19
Moyenne	26,2	100 à 130	170 à 200	48,9	5,8	42,7	0,2	0,03	0,07	0,3	0,5
Écart-type	9,0	-	-	0,7	0,1	0,4	0,06	0,01	0,03	0,2	0,2

Unité	Analyse chimique			Données énergétiques		Cendres				
	Lignine (Klason)	Cellulose	Hémi- cellulose	PCI anhydre	PCS	Taux de cendres	Température de fusion de cendre			
							T° de contraction	T° de déformation	T° d'hémisphère	T° d'écoulement
% MS	% MS	% MS	MJ.kg ⁻¹ MS	MJ.kg ⁻¹ MS	% MS	°C	°C	°C	°C	
Effectif	17	15	15	4	4	26	2	2	2	2
Moyenne	19,6	47,0	23,5	18,266	19,483	2,3	819	1058	1266	1293
Écart-type	3,4	2,3	0,8	0,257	0,245	0,6	10	14	18	17

Sources : [1] [2] [3]

Pour la méthanisation, nous nous appuyons sur les références utilisées par Méthasim. Le pouvoir méthanogène est donné en m³ de méthane pour une tonne de matière sèche.

Miscanthus ensilé à 30% M.S. : 207 m³ CH₄/t M.S.

Sources : [11]

4.3 Éléments économiques

Coût de l'implantation de la culture : environ 3 000 € / ha

C'est de loin le poste de dépenses le plus important. Ce coût intègre la préparation du sol (désherbage et fertilisation compris), la plantation mais surtout l'achat des rhizomes : **0,10 à 0,15 € pour un rhizome à raison de 15 à 20 000 rhizomes par hectare**. Beaucoup de travaux sont réalisés sur ce sujet afin de baisser ce coût.

Le tableau ci-dessous propose des charges (opérationnelles et spécifiques) calculées en amortissant le coût d'implantation sur la durée de la culture (15 ans), ainsi que le coût de remise en état de la parcelle. Les frais de récolte en fin d'hiver (en balles haute-densité) sont pris en compte à partir de la 3^e année ainsi que le manque à gagner (non récolte) des 2 premières années et de la dernière année.

Charges opérationnelles : (semences, engrais, protection phytosanitaire)	254 €/ha	Source : Estimations réalisées dans LIGNOGUIDE à partir d'itinéraires techniques type
Charges spécifiques (travaux réalisés par entreprise)	168 €/ha	

Sources : [3] [4] [7]

4.4 Impacts environnementaux

⇒ Invasivité du miscanthus

Rappelons que l'espèce utilisée en agriculture pour la production de biomasse, **Miscanthus x giganteus**, est stérile même si un panicule se développe en automne. Ne produisant pas de graine sa multiplication se fait par bouturage du rhizome. Ainsi **la plante est non invasive**.

Sources : [10]

⇒ Impacts sur l'eau : quantité

De par son développement racinaire important, sa surface foliaire élevée et son long cycle de végétation, le miscanthus pourrait avoir une consommation en eau supérieure aux cultures annuelles. Cependant, cet effet est encore mal quantifié.

⇒ Impacts sur l'eau : nitrate

De faibles pertes de nitrate en phase de production sont observées, grâce à de **faibles apports et à une bonne valorisation de l'azote du sol par la culture**. Les observations réalisées sur le réseau LIGNOGUIDE montrent en effet des reliquats d'azote à l'automne assez faibles. La majeure partie des pertes est occasionnée lors des premières années suivant l'installation du miscanthus, probablement du fait du développement réduit de la culture en première année. Des mesures préventives devront être mises en place pour limiter ces pertes (couverture du sol pendant l'automne précédant l'installation, pas de fertilisation en première année...).

⇒ Impacts sur l'eau : molécules phytosanitaires

La conduite du miscanthus comporte peu d'intrants phytosanitaires après la phase d'implantation. L'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) et le potentiel de transfert des matières actives vers les eaux de profondeur mettent en avant une pression particulièrement faible avec notamment un **IFT moyen de 0.4 sur un cycle de 15 ans de culture de miscanthus** (calculs réalisés à partir des itinéraires techniques type élaborés dans LIGNOGUIDE).

⇒ Production et consommation d'énergie

La production du miscanthus **consomme peu d'énergie**, en raison d'une moindre fertilisation, de l'absence de travail du sol annuel et de l'amortissement des opérations d'implantation et de destruction sur l'ensemble de la durée de vie de la culture. La consommation en carburant représente près de 50% des consommations d'énergie (essentiellement pour la récolte). La **production d'énergie est nettement supérieure** à cette consommation.

⇒ Emissions de gaz à effet de serre (GES)

Les émissions de GES au cours de l'étape de production de biomasse sont fortement liées aux intrants fossiles utilisés et en particulier à la fertilisation azotée. Grâce à ses besoins réduits en intrants azotés, le miscanthus a ainsi de **faibles niveaux d'émission de GES par hectare** (inférieurs à 1 000 kg eq. CO₂/ha, d'après les calculs réalisés dans LIGNOGUIDE). De plus, la culture de miscanthus pourrait permettre d'augmenter le stockage de carbone dans les sols. La prise en compte de ce stockage devrait encore améliorer le bilan GES.

Sources : [4]

Bibliographie

- [1] Biomasse pour l'énergie. Colloque final du programme REGIX, 2010.
- [2] Base de données qualité. REGIX, 2012
- [3] Fiche culture : le Miscanthus, étude AGRICE, ARVALIS / ADEME, 1998
- [4] LIGNOGUIDE - guide d'aide au choix des cultures lignocellulosiques. CASDAR, 2013
- [5] Etude des facteurs de rendement d'une espèce dédiée aux bioénergies : Découverte des déterminants agronomiques de *Miscanthus x giganteus*. Etude des essais de Grignon et Lusignan. Vincent VANDENDRIESSCHE, Mémoire de fin d'études ISA/INRA, septembre 2007
- [6] Planting and growing miscanthus, best practices guideline, DEFRA, July 2007
- [7] Fiche culture Miscanthus, programme LIDEA, 2007
- [8] Fiche : L'implantation du miscanthus, RMT biomasse 2012
- [9] Fiche : Le désherbage du miscanthus et du switchgrass, RMT biomasse 2011
- [10] Fiche : Aucun risque d'invasivité n'a été détecté chez les variétés tétraploïdes de *Miscanthus x giganteus* actuellement utilisées en agriculture, RMT biomasse 2013
- [11] Méthasim : Outil de simulation technico-économique pour la méthanisation. Ifip, Aile, Solagro, Trame, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITAVI, IDELE, ADEME, CEMAGREF, 2010

Bibliographie (suite)

Autres références :

Etude de l'implantation de 2 espèces dédiées aux bioénergies, switchgrass et *Miscanthus x giganteus* : effet de la température, de l'humidité et de quelques caractéristiques du matériel végétal. Charlotte Demay, Mémoire de fin d'études ISA/INRA, septembre 2008.

Potential yield and main limiting factors of *Miscanthus x giganteus* in France, identification of the needs for further research. S. Cadoux et al.; INRA, 16th European Biomass Conference and Exhibition, 2-6 June 2008, Valencia, Spain

Bioenergy chains from perennial crops in South Europe, Final Report of the Bio Energy Chains European Program, 2006

www.lille.inra.fr, dossier miscanthus

Contacts au sein du RMT Biomasse

Miscanthus :

Alain BESNARD	ARVALIS – Institut du Végétal	02 40 98 64 66
Sylvain MARSAC	ARVALIS – Institut du Végétal	05 62 71 79 39
Elodie NGUYEN	Chambre d'agriculture de Picardie	03 22 33 69 53
Fabien FERCHAUD	INRA	03 22 85 75 15
Marie-Laure SAVOURE	Agro-Transfert Ressources et Territoires	03 22 85 35 20

Coordination du RMT Biomasse pour toute information complémentaire :

Elodie NGUYEN	Chambre d'agriculture de Picardie	03 22 33 69 53
---------------	-----------------------------------	----------------

Les partenaires du RMT Biomasse



© Bandeau photo : luzerne = Corinne Lescaudron/CRAP ; fétuque = Benoît Denisart (BD)/CRACA ; sorgho = Philip Wortham (PW)/CDA 51 ; miscanthus = PW/CDA 51 ; switchgrass = BD/CRACA. Page 2 : graine = BD/CRACA ; épiaison = Johann Barthélemy (JB)/CDA 27 ; a-d-e-g = BD/CRACA ; b-f = JB/CRACA ; c = Emeline Défossez (ED)/CRAP. Page 3 : JB/CDA 27, PW/CDA 51. Page 4 : 1 et 2 = BD/CRACA ; 3 = ED/CRAP ; 4 = JB/CDA 27. Page 5 : 1 et 2 = BD/CRACA ; 3 et 4 = PW/CDA 51. Page 6 : BD/CRACA