



Culture pérenne


Le Miscanthus



Valorisation :

Combustion	Méthanisation	Biocarburant de 2 ^{de} génération
Récolte « en sec » en sortie d'hiver		Récolte « en vert » À l'automne

 Valorisation(s) envisagée(s) la plus probable

 Valorisation difficile

1. Présentation de la culture

1.1 Généralités

Le miscanthus est une graminée (famille des *Poaceae*, genre *Miscanthus*) originaire d'Asie du sud-est. 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 FACTEURS LIMITANTS

Atouts principaux

- + **potentiel de productivité important** en situation pédoclimatique favorable
- + **récolte d'un produit sec directement utilisable**
- + **culture pérenne (10 à 20 ans) sans baisse de productivité au cours du temps** (à vérifier selon le mode de récolte)
- + **besoins en fertilisation modérés peu de protection phytosanitaire ni d'irrigation** (sauf cas particuliers)

Contraintes principales

- **implantation coûteuse et délicate**, conditionnant la réussite de la culture et nécessitant un matériel spécifique
- **forte sensibilité aux adventices en première et deuxième année**
- **entrée en production 2 à 3 ans après l'implantation** et pleine production après 3 à 5 ans
- **productivité très variable** selon les conditions pédoclimatiques
- culture encore peu documentée (besoins en eau et en azote, débouchés, conditions de l'insertion dans les rotations agricoles et de destruction en fin de cycle ...)
- **nécessité d'une bonne portance de la parcelle en hiver** pour la mécanisation de la récolte
- **densité faible du produit récolté**

FICHE CULTURE

Le miscanthus

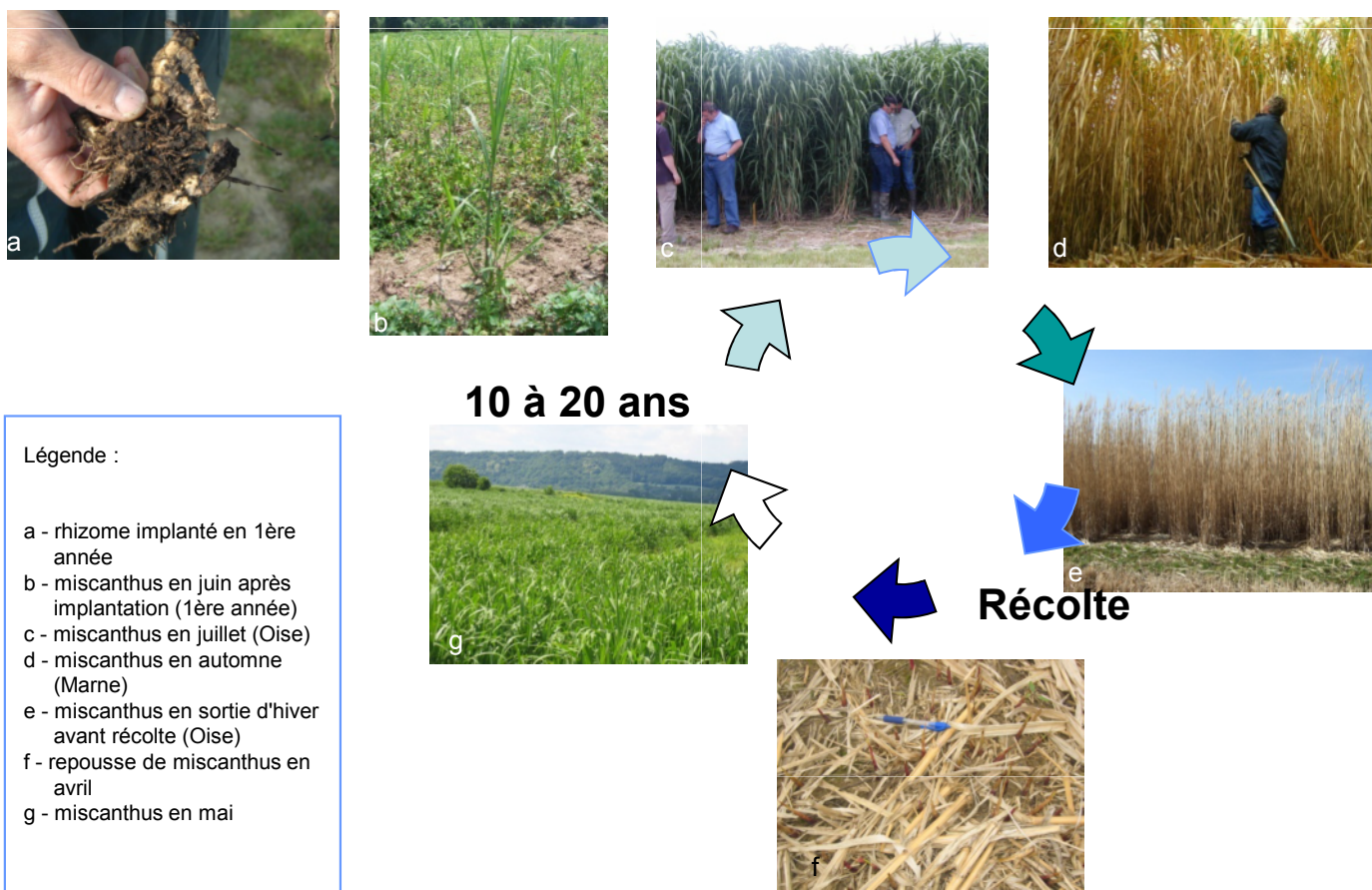
1.2 Description de la culture et de son cycle

Le **miscanthus** est une plante pérenne rhizomateuse. Elle dispose d'un métabolisme photosynthétique de type C4 contribuant à sa bonne productivité. Malgré des observations occasionnelles d'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 est précoce (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.

Une fois implantée, **la culture semble pouvoir être exploitée pendant 10 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.

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. [2]

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

Les parcelles d'argile hydromorphe ou les parcelles crayeuses semblent pénaliser fortement le développement de la culture. 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.

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]

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 un œil pour pouvoir reprendre.** 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 suffisante).

Les fragments de rhizome sont implantés à raison de **10.000 à 20.000 pieds / ha**, avec un **espacement de 80 cm** environ et **une profondeur de 10 à 15 cm**. Le taux de reprise en conditions normales varie de 50 à 80%, **l'objectif de peuplement étant de 10 à 15000 pieds / ha**.



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 automatiques** ont été développées, permettant de planter jusqu'à 15 ha par jour. Les plantations réalisées avec ce matériel présentent néanmoins une répartition hétérogène des rhizomes.

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 plus régulière mais le rendement de chantier est inférieur car la plantation est manuelle.

Sources : [1] [3] [4]

3.3 Désherbage

En première année (voire deuxième année si l'implantation est difficile), le sol n'est pas couvert par le feuillage. **La concurrence des adventices peut avoir un impact fort sur le rendement des premières années de la culture et sur la vitesse d'entrée en pleine production.**



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



Un ou plusieurs désherbages seraient parfois nécessaires.

Le désherbage mécanique peut être envisagé, mais peu d'essais ont été effectués.

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

Depuis l'arrêté du 12 juin 2009 relatif aux modalités d'extension-extrapolation des autorisations de mise sur le marché de produits phytopharmaceutiques à certaines cultures présentant un caractère mineur, **les produits phytosanitaires réglementairement autorisés sont ceux admis pour le maïs. Toutefois, ceux-ci ne sont pas tous sélectifs.**

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

Sources : [2] [4] [6]



Désherbage mécanique avec une herse étrille et résultats

3.4 Fertilisation

Aucune fertilisation azotée 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 favorisera plutôt le développement des adventices. Sources : [2] [4]

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. Aucune recommandation précise ne peut être faite pour le moment.

La fertilisation en phosphore et potassium est peu référencée. **Les exportations de phosphore sont faibles, et les exportations de potassium plus importantes**.

3.5 Irrigation

Une irrigation peut être envisagée pour favoriser l'installation, le miscanthus étant sensible aux conditions séchantes au sud de la Loire. En culture installée, les études ont montré qu'une irrigation permet de maximiser les rendements. Cependant, d'un point de vue environnemental et économique, cette irrigation ne semble pas se justifier.

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 sont 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 botteuse** pour obtenir un produit plus dense.



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



On observe parfois une sensibilité du sol au tassement lors de cette récolte hivernale. La faisabilité de cette récolte en sortie d'hiver reste à confirmer en fonction des climats et des types de sol. Il faut de préférence **intervenir sur sol gelé ou ressuyé**.



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 au rhizome pose les questions de l'impact d'une récolte en vert à l'automne sur la fertilisation et sur la pérennité de la culture.

Sources : [1] [3]

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

4. Productivité, potentiel et qualité

4.1 Productivité en fonction des conditions pédo-climatiques

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 voire 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.

⇒ Cas d'une récolte en fin d'hiver

La productivité attendue est de l'ordre de 10 à 15 t MS / ha (avec des pointes à 20 t MS/ha et plus). Le taux de matière sèche (MS) est de 70 à 85 %. L'objectif est l'obtention d'une matière première utilisable directement ou stockable pour conservation sans séchage (taux de MS de 80 à 85 %). La perte de rendement entre la production de matière sèche mesurée à l'automne et la production récoltable en fin d'hiver est d'environ 1/3.



Ballots de miscanthus



Miscanthus ensilé en vrac



Stockage en boudin du miscanthus ensilé

⇒ Cas d'une récolte en fin d'automne

La productivité est maximale (25 à 35 t MS / ha) avec un taux de MS de l'ordre de 40 %. La récolte automnale nécessite une valorisation rapide, le séchage de la matière récoltée en cas de taux de MS inférieur à 80% n'étant pas économiquement envisageable.

Le tableau ci-après présente la productivité attendue en situation favorable et en situation limite.

⇒ **Productivité du miscanthus**

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 limite est essentiellement définie par des conditions d'alimentation hydrique déficientes. Elle est comprise entre la situation favorable et les limites d'exclusion qui sont : sols d'argile lourde hydromorphe, sol crayeux avec un pH supérieur à 8.5 ou sol sableux très superficiel. La culture est également limitée par la portance de la parcelle en hiver (mécanisation de la récolte).

	Taux de MS (%)	Rendement 1 ^{ère} année	Rendement 2 ^{nde} année	Rendement 3 ^{ème} année et suivantes
Potentiel de rendement en conditions favorables (récolte en sec en fin d'hiver)	70 à 80 %	1 à 2 t Broyage et restitution au sol	10 à 15 t MS / ha	15 à 25 t MS / ha
Potentiel de rendement en conditions favorables (au maximum de production à l'automne)	45 à 50 %	2 à 3 t MS / ha	15 à 25 t MS / ha	25 à 35 t MS / ha
Potentiel de rendement en conditions défavorables (récolte en sec en fin d'hiver)	70 à 85 %	Broyage et restitution au sol	5 à 10 t MS / ha	7 à 12 t MS / ha
Potentiel de rendement en conditions défavorables (au maximum de production à l'automne)	40 à 50 %	1 à 3 t MS / ha	7 à 15 t MS / ha	10 à 18 t MS / ha

Ces données de productivité sont issues d'expérimentations réalisées depuis quelques années en France, et sont données à titre indicatif. En grandes parcelles, les rendements pourraient différer en fonction des conditions d'implantation.

Sources : [2] [3] [4]

4.2 Qualité, productivité énergétique et données physico-chimiques

	Données physiques		Données énergétiques		Analyse élémentaire					
	Humidité	Masse volumique	PCI anhydre	PCS	Carbone (C)	Hydrogène (H)	Oxygène (O)	Azote (N)	Soufre (S)	Chlore (Cl)
Unité	%	kg/m ³	MJ.kg ⁻¹	MJ.kg ⁻¹	%	%	%	%	%	%
Miscanthus plante entière récolté "sec"	30	Ensilé : 120 kg/m ³	18,5	19,726	49,6	5,74	43,9	0,52	0,08	-

	Analyse chimique				Cendres	
	Lignine	Cellulose	Hémicellulose	Volatiles	% de Cendres	T° fusion
Unité	%	%	%	%	%	°C
Miscanthus plante entière récolté "sec"	17,9	47,9	23,4	82,6	3,60	840°C (première fusion)

Le miscanthus étant encore peu étudié, peu d'éléments chiffrés sont disponibles. Les recherches sur ces aspects énergétiques sont en cours, notamment au sein du programme REGIX et du RMT Biomasse.

Sources : [1] [2] [3]

4.3 Éléments économiques

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

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.

Coût de la récolte : environ 300 € / ha chaque année à partir de la troisième année

Prix de vente

En l'absence d'une organisation de marché, il n'existe pas de barème de prix.

⇒ **Le coût d'implantation s'amortit sur la durée de la culture.
 Les facteurs de variation à prendre en compte seront l'évolution du prix de vente
 du miscanthus et le coût de la récolte pour un produit récolté de densité faible.**

Sources : [1] [5] (valeurs en 2007 en région Champagne-Ardennes)

4.4 Impacts environnementaux

Les impacts environnementaux des cultures énergétiques, notamment les cultures pérennes telles que le miscanthus, sont encore mal connus. Le miscanthus ne présente pas de risque de propagation : **l'hybride *Miscanthus x giganteus* est stérile et non invasif, et se reproduit par bouturage du rhizome.**

Des études sont en cours afin de déterminer les indicateurs pertinents pour évaluer les impacts environnementaux.

Bibliographie

- [1] Fiche culture : le Miscanthus, étude AGRICE, ARVALIS / ADEME, 1998
- [2] 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
- [3] Rapports de résultats d'essais du réseau REGIX (2006 – 2007) – A paraître.
- [4] Planting and growing miscanthus, best practices guideline, DEFRA, July 2007
- [5] Fiche culture Miscanthus, programme LIDEA, 2007
- [6] Arrêté du 12 juin 2009 relatif aux modalités d'extension-extrapolation des autorisations de mise sur le marché de produits phytopharmaceutiques à certaines cultures présentant un caractère mineur, publié au Journal Officiel le 25/06/09

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 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
Emeline Défossez	Pour les Chambres d'Agriculture	03 22 33 69 33
Stéphane Cadoux	INRA	03 22 85 75 15

Coordination du RMT Biomasse pour toute information complémentaire :

Emeline Défossez	Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie	03 22 33 69 33
------------------	---	----------------

Le contenu de ces fiches est fourni par le RMT Biomasse (www.rmtbiomasse.org), dont les travaux sont soutenus par le CasDAR au niveau national.



Les partenaires du RMT Biomasse sont :



CENTRE
 CHAMPAGNE -
 ARDENNE
 NORMANDIE
 PICARDIE
 POITOU -
 CHARENTES
 ASSEMBLEE
 PERMANENTE

© Bande 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 ; épilaison = Johann Barthélémi (JB)/CDA 27 ; a-d-e-g = BD/CRACA ; b-f = JB/CDA 27 ; 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/CRAP ; 5 = JB/CDA 27. Page 5 : 1 et 2 = BD/CRACA ; 3 et 4 = PW/CDA 51. Page 6 : BD/CRACA