


Culture pérenne

Le switchgrass


Valorisation énergétique :

Le switchgrass 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(les) plus probable(s)
- Valorisation à valider

1. Présentation de la culture

1.1 Généralités

Le switchgrass ou panic érigé (*Panicum virgatum* L., famille des *Poaceae*) est une graminée originaire d'Amérique du Nord, où elle est cultivée pour la production de fourrage et pour la lutte contre l'érosion. Sa forte productivité en biomasse et sa rusticité ont conduit à son implantation et son étude aux Etats-Unis d'Amérique et plus récemment en Europe dans le cadre des recherches sur les bioénergies. Il existe plusieurs variétés, les plus testées en France sont *Kanlow* et *Cave-in-Rock*.

Sources : [1] [3]

ATOUTS ET CONTRAINTES

Atouts principaux

- + **potentiel de productivité** important
- + **bonne adaptation** à une très large gamme de sols et de climats
- + **culture pérenne** (10 à 20 ans)
- + **besoins en fertilisation modérés**
- + **peu de protection phytosanitaire**
- + **pas de matériel spécifique** pour le semis et la récolte
- + **peu d'interventions** sur la culture en pleine production
- + présence d'un **couvert au cours de l'hiver**

Contraintes principales

- **implantation délicate** (difficultés de germination et de levée)
- forte **sensibilité à la concurrence des adventices en 1^{re} année**
- entrée en **pleine production dès la 2^{ème} année** suivant l'implantation
- nécessité d'une **bonne portance de la parcelle** pour la récolte en 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 switchgrass

1.2 Description de la culture et de son cycle

Le switchgrass est une **plante pérenne issue d'une graine** qui développe ensuite un **rhizome non invasif**. Elle dispose d'un métabolisme photosynthétique de type C4 contribuant à sa forte productivité.



Épiaison du switchgrass



Graine de switchgrass

Les différentes variétés sont fertiles et se reproduisent par graines. Cependant, on ne connaît **pas de cas de dissémination naturelle** de la plante par graines en Europe.

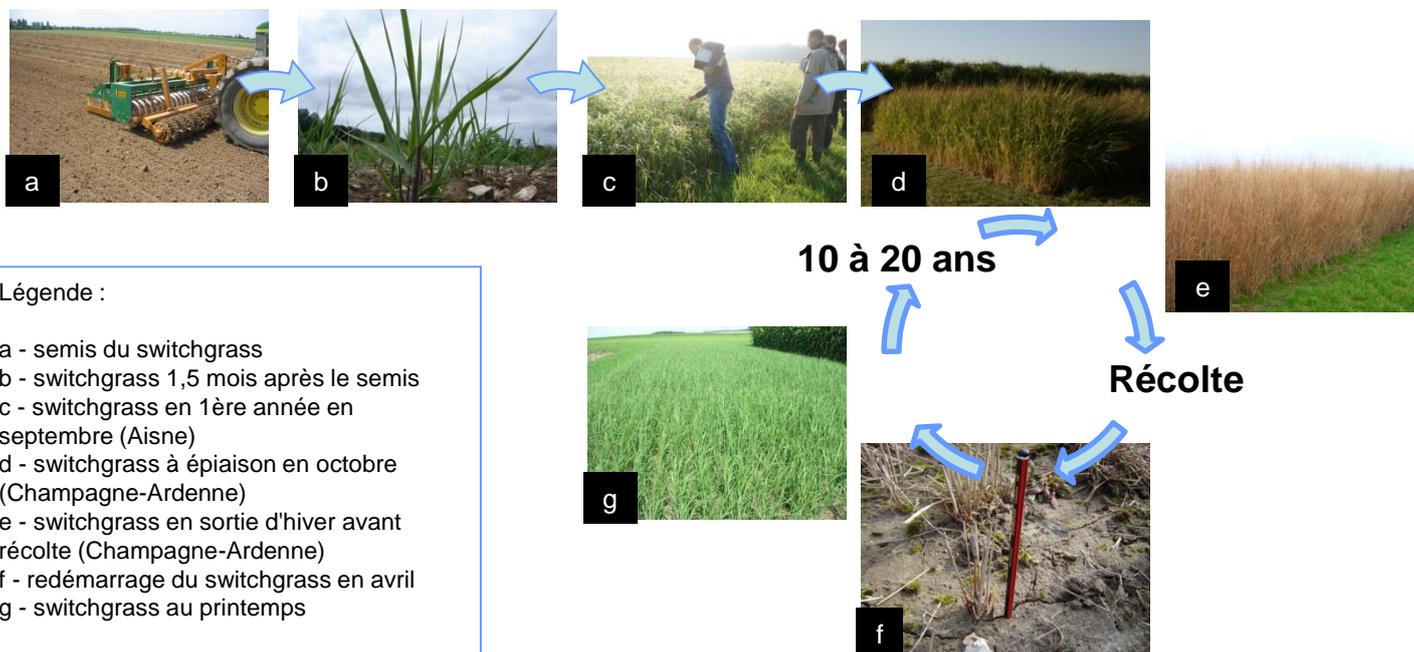
La plante pousse d'avril à septembre et peut atteindre **2 à 3 m de hauteur en fin de cycle** (à partir de la deuxième année). Au cours de l'hiver, une partie des feuilles tombe au sol et une partie des éléments nutritifs des parties aériennes migre vers les rhizomes.

La **récolte** est réalisée **annuellement, 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 est assez peu documenté.

Une fois implantée, la culture semble pouvoir être exploitée durant 10 à 20 ans selon les premiers travaux conduits. En fin de culture, la destruction des plantes pour remobiliser la parcelle est à prévoir.

Sources : [1] [3] [4] [5] [6]

Cycle du switchgrass



2. Adaptation au milieu

Le switchgrass peut se cultiver sur une large gamme de sols, hormis les sols hydromorphes, caillouteux et les sols de craie superficiels. Néanmoins, le type de sol reste un élément déterminant de la production. Avec son enracinement profond, le switchgrass valorisera les **sols profonds et bien alimentés en eau**. Il semble plus tolérant aux terres séchantes que le miscanthus. Par ailleurs, l'accessibilité à la parcelle devra être compatible avec le chantier de récolte.



Système racinaire du switchgrass la première année (Eure)

On distingue deux types de variétés présentant des propensions à s'adapter à des pédoclimats variés :

- Les types « Lowland » (par exemple *Cave-in-rock*) sont des variétés adaptées aux sols humides, de grande taille et épais. Elles se développent plus rapidement que les Uplands.
- Les types « Uplands » (par exemple *Kanlow*) préfèrent des sols secs, sont plus petits et fins.

Le switchgrass a un zéro de végétation compris entre 8 et 12°C. Selon les variétés, il peut être **sensible aux fortes gelées en hiver et au printemps**.



Absence de repousse au printemps suite au gel, générant des pertes de pieds dans la parcelle (Marne)

3. Éléments de conduite de la culture

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

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

3.1 Préparation du sol

En raison de la faible taille des semences, l'implantation du switchgrass est délicate et représente donc une étape clé pour la réussite de la culture. L'implantation doit s'effectuer sur un **sol propre** pour limiter la concurrence précoce des adventices et plusieurs faux semis préalables peuvent être nécessaires.

On utilisera une **préparation du sol comparable au semis de prairie** : sol fin et ré-appuyé en surface, sans discontinuité en profondeur.

3.2 Semis

Sources : [1] [3] [5] [7]



Semis du switchgrass

Le semis est réalisé à **faible profondeur entre 0.5 et 1 cm**, avec un semoir à céréales classique suivi d'un roulage.

Il a lieu de manière générale au **mois de mai**, lorsque la température du sol atteint 15°C et que l'humidité du sol est encore suffisante. Le choix de la date de semis doit donc être raisonné en fonction du lieu en tenant compte de ces deux contraintes.

En condition très sèche, une irrigation peut permettre de favoriser une levée rapide.

A titre indicatif, le semis peut avoir lieu légèrement plus tard que celui du maïs.



Faible PMG du switchgrass

La graine de switchgrass est de petite taille (PMG = 0,9 à 1,9 g selon les variétés). La densité de semis peut varier de **10 à 12 kg/ha de graines viables selon les variétés** et les conditions de semis. Une densité trop forte augmente le risque de verse.

Sources : [1] [3] [5] [7]



A droite, partie de parcelle plus dense, sujette à la verse (Aisne)



Switchgrass versé en février (Eure)

La levée lente (environ 3 semaines) est une raison supplémentaire pour inciter à prendre le plus grand soin dans la réalisation de l'implantation.

La réussite de celle-ci est un atout supplémentaire pour concurrencer les adventices.

FICHE CULTURE

Le Switchgrass

3.3 Désherbage



Faible couverture du sol par le switchgrass les premières années, d'où une forte pression des adventices

Au cours de la **1^{re} année**, il est impératif de contrôler l'enherbement : les **jeunes plants** de switchgrass sont **peu compétitifs** et risquent de se faire étouffer par les adventices.

Plusieurs désherbages sont parfois nécessaires.

Compte-tenu du faible écartement entre rangs le désherbage mécanique n'est pas envisageable.

Plusieurs désherbants chimiques ont été testés sans dégâts apparents sur le switchgrass mais beaucoup ont occasionné des phytotoxicités.

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.

Sources : [1] [8]

3.4 Fertilisation

Aucune fertilisation n'est nécessaire la première et la deuxième année après le semis. Les besoins de la culture sont faibles, et une fertilisation azotée l'année du semis 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 **80 u N/ha** pour une récolte en fin d'hiver. Il existe un risque de verse en cas de densité trop élevée et de disponibilités en azote forte.

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 30 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 : [1] [4]

3.5 Irrigation

Une irrigation peut être envisagée pour favoriser l'installation en cas de fin de printemps très sec. Une fois installé, les études ont montré qu'une irrigation permet de maximiser les rendements.

3.6 Maladies et ravageurs

Le switchgrass semble peu sensible aux maladies et ravageurs.

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 **faucheuse et une botteleuse** pour obtenir un produit dense, soit une **ensileuse**.

La faisabilité d'une récolte hivernale, à partir de début mars, en fonction des climats et des types de sol reste à confirmer. Il faut de préférence intervenir sur sol gelé ou ressuyé.



Fauchage du switchgrass



Pressage du switchgrass



Ensilage du switchgrass

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 entraîne des adaptations de fertilisation voire de désherbage et pourrait réduire la pérennité de la culture.

Sources : [1]

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. Le switchgrass s'avère plus sensible que le miscanthus à la destruction mécanique et peu de repousses sont donc attendues après ce passage.

En cas 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 d'un désherbant total de type glyphosate, en lieu et place du passage de rotavator, a donné des résultats équivalents.

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. **L'entrée en production** réelle dépend de la qualité d'implantation et des conditions pédoclimatiques. Elle est attendue **en 2^{ème} année**. Le maximum de productivité semble atteint entre la 2^{ème} et la 4^{ème} années de production.

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

La situation favorable pour une productivité maximale est définie assez largement comme une parcelle en sol relativement profond, avec une bonne alimentation en eau (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 déficiente. Elle est comprise entre la situation favorable et les limites d'exclusion qui sont : sols crayeux avec pH supérieur à 8,5 et des 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



Switchgrass ensilé en sortie d'hiver

La **récolte en fin d'hiver** démarre lorsque le switchgrass est bien desséché 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 switchgrass 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 47 à 88 % de la biomasse récoltée en fonction de la quantité de feuilles tombées au cours de l'hiver.

Entre l'automne et la fin d'hiver, une partie des 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 25% de la production de matière sèche mesurée en automne.

Productivité du switchgrass en fin d'hiver

	Taux de MS (%)	Rendement 1 ^{ère} année	Rendement 2 ^{nde} année et suivantes
Situation favorable	70 à 80 %	1 à 3 t MS/ha Broyage et restitution au sol	10 à 20 t MS/ha
Situation limitante	70 à 85 %	1 t MS/ha Broyage et restitution au sol	7 à 12 t MS/ha

⇒ 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 (15 à 25 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 switchgrass en automne

	Taux de MS (%)	Rendement 1 ^{ère} année	Rendement 2 ^{nde} année et suivantes
Situation favorable	35 à 50 %	1 t MS/ha Broyage et restitution au sol	15 à 25 t MS/ha
Situation limitante	35 à 50 %	1 t MS/ha Broyage et restitution au sol	10 à 20 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 10 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 à 1,1 t MS/ha pour 10 cm de tiges.

Sources : [1] [3] [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.

Switchgrass 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								
Effectif	10	-	-	3	3	3	11	4	9	9	9
Moyenne	28,0	100 à 130	170 à 200	48,1	5,8	42,6	0,4	0,05	0,06	0,2	0,8
Écart-type	9,6	-	-	1,0	0,1	0,6	0,1	0,01	0,03	0,2	0,3

FICHE CULTURE

Le Switchgrass

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	6	3	3	3	3	11	2	2	2	2
Moyenne	17,0	42,2	27,0	17,917	19,139	3,6	817	1109	1245	1309
Écart-type	3,0	4,3	3,5	0,295	0,291	1,3	45	90	18	11

Sources : [1] [2]

Les chiffres de potentiel méthanogène du switchgrass, rencontrés dans la bibliographie sont éminemment variables sans qu'il soit possible de les relier à un stade de culture ou à un mode de conservation.

4.3 Éléments économiques

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 2^{ème} année ainsi que le manque à gagner (non récolte) de la 1^{ère} et de la dernière année.

Charges opérationnelles : (semences, engrais, protection phytosanitaire)	100 €/ha	Source : Estimations réalisées dans LIGNOGUIDE à partir d'itinéraires techniques type
Charges spécifiques (travaux réalisés par entreprise)	143 €/ha	

4.4 Impacts environnementaux

Source : [4]

⇒ Impacts sur l'eau : quantité

De par son développement racinaire important, sa surface foliaire élevée et son long cycle de végétation, le switchgrass pourrait dans certaines situations 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. Du fait du développement réduit de la culture en première année, les pertes pourraient être plus élevées la ou les premières années suivant l'installation, mais on ne dispose pas actuellement de référence pour les quantifier.

⇒ Impacts sur l'eau : molécules phytosanitaires

La conduite du switchgrass 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 0.2 sur un cycle de 15 ans de culture de switchgrass** (calculs réalisés à partir des itinéraires techniques type élaborés dans LIGNOGUIDE).

⇒ Production et consommation d'énergie

La production du switchgrass **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 40% 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 switchgrass 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 switchgrass 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 Switchgrass. Programme LIDEA, 2007.
- [4] LIGNOGUIDE - guide d'aide au choix des cultures lignocellulosiques. CASDAR, 2013.
- [5] Best practice guidelines for applicants to DEFRA'S Energy Crops Scheme. DEFRA, mars 2001.
- [6] Switchgrass as an alternative energy crop, Elbersen *et al*, 2004, et site internet www.switchgrass.nl.
- [7] Fiche : L'implantation du switchgrass, RMT biomasse 2012.
- [8] Fiche : Le désherbage du miscanthus et du switchgrass, RMT biomasse 2011.

Autres références :

The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Lewandowski et al. 2003; Biomass and Bioenergy 25 335 – 361.

The biology and agronomy of switchgrass for biofuels. Parrish et Fike, 2005. Critical reviews in Plant Science, 24 (5/6) pp 423-459.

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.

The effects of energy grass plantations on biodiversity, T. Semere & F. Slater, Cardiff University, 2005.

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

Elbersen H.W. et al.2002, Switchgrass variety choice in Europe in Final Report FAIR 5-CT97-3701 "Switchgrass". Developing Switchgrass into a Biomass Fuel Crop for the Midwestern USA, K.P. Vogel and R.A. Masters, Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture.

MARTINEZ-REYNA. J.M et al, 2001. Crop science: cell biology & molecular genetics: Meiotic Stability, Chloroplast DNA Polymorphisms, and Morphological Traits of Upland x Lowland Switchgrass Reciprocal Hybrids.

Contacts au sein du RMT Biomasse

Switchgrass :

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

