

## FICHE CULTURE



### Culture annuelle

# Le sorgho



### Valorisation énergétique :

Le sorgho à biomasse est préférentiellement valorisé en vert, en méthanisation. Il est également candidat pour la production de biocarburant de 2<sup>ème</sup> génération. Dans le sud de la France exclusivement, la récolte de paille des sorghos grain est possible.

Combustion	Méthanisation	Biocarburant de 2 <sup>nd</sup> e génération
Récolte de paille possible exclusivement dans le sud de la France	Récolte en ensilage en fin d'été ou à l'automne	



Valorisation(s) envisagée(s) la plus probable



Valorisation difficile

## 1. Présentation de la culture

### 1.1 Généralités

Les sorghos (*Sorghum bicolor* (L) Moench, famille des *Poaceae*) sont des graminées d'origine tropicale présentant une grande variabilité génotypique et phénotypique. Cette plasticité a permis de sélectionner des types différents : sorgho grain, sorgho fourrager, sorgho fibre.

Le sorgho est une plante annuelle d'été. Elle dispose d'un métabolisme en C4 lui conférant une bonne efficacité photosynthétique. Selon le type et la variété elle peut atteindre des hauteurs importantes à la floraison (de mi-août à mi-septembre) : de 1 m à 1,5 m de haut pour les sorghos grains, à 3 m de haut pour les sorghos fourrager mono-coupes, et plus pour les sorghos fibre.

## ATOUTS ET CONTRAINTES

### Atouts principaux

- + **potentiel de production élevé** en situation pédoclimatique favorable
- + **bonne faculté d'extraction de l'eau et des éléments minéraux du sol** qui permet une adaptation aux conditions séchantes
- + culture **annuelle** facile à insérer dans les rotations

### Contraintes principales

- **exigences thermiques élevées**
- sensibilité à la **verse**
- **peu de variétés de sorgho fibre** développées, d'où une faible adaptation à des conditions pédoclimatiques variées
- **masse volumique faible** du produit en vrac

## 1.2 Description de la culture et de son cycle

Depuis 2010, un catalogue officiel est créé pour les variétés de « sorghos fourragers mono-coupe », aux côtés des catalogues officiels des variétés de « sorghos grains » et des variétés de « sorghos fourragers multi-coupes ». En 2014, une classification des sorghos fourragers mono-coupe est mise en place, pour faciliter le choix variétal dans cette catégorie qui regroupe en fait des sorghos type « sucrier » et des sorghos type « fibre ». Cette classification est basée sur la valeur énergétique de la variété :

- les **sorghos fourragers mono-coupe ensilage**. Ce sont des variétés de bonne valeur énergétique et de bonne productivité. Ils sont utilisés en plante entière ensilée pour l'alimentation du bétail.
- les **sorghos fourragers mono-coupe double usage**. Ce sont des variétés avec un bon potentiel de rendement, une bonne tenue de tiges, mais avec une valeur énergétique intermédiaire. Ils sont utilisés soit en ensilage pour l'alimentation du bétail (avec une performance énergétique moyenne) ou pour des transformations industrielles.
- les **sorghos fourragers mono-coupe biomasse**. Ce sont des variétés de très bonne productivité, mais de faible valeur énergétique. Ils sont bien adaptés pour la méthanisation, les biomatériaux, ...

Pour la production de biomasse, les variétés utilisées appartiennent aux deux dernières catégories de sorghos fourragers mono-coupe. Les sorghos fourragers **multi-coupes** sont moins productifs. Ils ont la capacité de repousser après une exploitation et sont exploités en fauche, en affouragement en vert ou en pâture. Toutefois leur cycle de végétation court leur confère un **intérêt en culture dérobée**.

## 2. Adaptation au milieu



Floraison du Sorgho

Le sorgho valorise très bien l'eau et les éléments minéraux du sol. Son origine tropicale en fait une plante exigeante en température, même si la sélection permet de proposer des variétés plus précoces qui pourraient être cultivées plus au nord que sa zone de culture traditionnelle.

Ainsi les **variétés précoces** actuelles pourraient être **cultivées dans la plupart des régions françaises de grandes cultures**, mises à part quelques zones du nord-ouest et du nord-est. Le choix de la variété devra se faire en fonction de la région et de la valorisation envisagée.

Dans la plupart de ces situations la floraison n'interviendra qu'en septembre voire courant octobre et la **conservation** devra s'orienter **vers l'ensilage**. En effet le séchage naturel du sorgho après récolte exige des conditions contraignantes difficilement réunies en automne.

Dans le cas d'une **récolte sous forme de paille**, la date limite de récolte devient une contrainte très forte dans la recherche des zones de cultures permettant une bonne dessiccation du produit. Au delà de fin août, les risques d'avoir des dessiccations lentes et difficiles augmentent rapidement ce qui donne un produit de moins bonne qualité. Ainsi la zone potentielle de culture des variétés précoces actuelles récoltées sous forme de paille se situe exclusivement sur le **pourtour Méditerranéen, la basse vallée du Rhône et de la Garonne**.

Les sorghos ne semblent pas avoir d'exigences particulières vis-à-vis du type de sol. Toutefois, préférer les **sols se réchauffant rapidement** et les **sols profonds** (surtout si la culture est conduite sans irrigation). Par ailleurs éviter les sols sensibles à la battance (culture peu vigoureuse au départ) et les parcelles très sales en graminées adventices, en particulier panic faux-millet et sorgho d'Alep.

Sources : [1] [3] [4]

## 3. Éléments de conduite de la culture

### 3.1 Semis

Le semis s'effectue en **avril-mai** dès que la température du sol est supérieure à 12° C. La date de semis doit être suffisamment précoce pour permettre un cycle de développement suffisamment long, mais ne doit pas être trop précoce pour ne pas entraîner de difficultés au démarrage du sorgho fibre . On utilisera **un semoir monograine** exclusivement (à l'exception des sorghos fourragers).

Les pertes à la levée sont souvent importantes (de 10 à 50% selon les cas). L'objectif est l'obtention d'une densité de peuplement **de 150 000 à 200 000 plantes/ha**, qui permet un bon compromis entre la recherche d'une productivité élevée, d'une bonne qualité, et d'un risque de verse minimisé.

La petite taille des graines, de faible pouvoir germinatif, et la faible vigueur des plantules (jusqu'au stade 5-6 feuilles) font du sorgho **une plante exigeante vis-à-vis des conditions de levée**.

Sources : [1] [3] [4]



Plantule de sorgho

### 3.2 Désherbage

Le sorgho est **très sensible** à la concurrence des adventices notamment au cours des **premières semaines qui suivent le semis**.

La stratégie de désherbage est la même que pour un sorgho grain : les interventions se positionnent en post levée précoce, à partir du stade 3 feuilles de la culture.

ARVALIS - Institut du Végétal publie tous les ans un dépliant qui fait le point sur la sélectivité et l'efficacité des matières actives des produits homologués sur la culture.

Sources : [1] [3] [6] [7]

### 3.3 Fertilisation

Le sorgho dispose de **bonnes facultés d'extraction des minéraux du sol**. Dans de nombreux cas, la culture pourra être conduite **sans fertilisation azotée**, les besoins du sorgho pouvant être couverts par la fourniture du sol. Cependant une fertilisation de **80 à 100 unités d'azote** peut permettre de ne pas mobiliser tout l'azote du sol pour la culture suivante.

Pour la fertilisation phosphatée et potassique, les apports devront couvrir les exportations de la culture, soit en sol correctement pourvu de l'ordre de **40 unités de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha** et **100 unités de K<sub>2</sub>O**.

Sources : [1] [3] [4]

### 3.4 Irrigation

Les **besoins en eau** sont plus faibles que le maïs, de l'ordre de **400 mm** sur la période de croissance (réserve du sol + pluie + irrigation éventuelle). Le sorgho présente une meilleure tolérance à la sécheresse que le maïs. Toutefois en région sèche une irrigation d'appoint peut être nécessaire, elle sera alors très bien valorisée.

Les **périodes les plus sensibles** sont le **semis** (pour assurer une bonne levée en zone sèche) et la **période d'élongation des tiges**.



### 3.5 Maladies et ravageurs

Une fois installé, le sorgho fibre est peu vulnérable aux maladies et aux attaques de ravageurs en cours de végétation. Le problème de fonte des semis est maîtrisé par le traitement des semences. Pour le reste (charbon, fusariose, sésamie, ...) aucune intervention ne se justifie. En cas de pucerons, un produit spécifique céréale peut être utilisé.

Le sorgho est très sensible à la verse, pour les variétés fibres comme pour les sorghos sucriers ou fourragers. Cette verse peut être précoce (fin juillet, début août) et importante.

Sources : [1] [3] [4]



Sorgho versé en septembre en Haute-Marne

### 3.6 Récolte

Pour les **sorghos biomasse**, une **récolte en ensilage** est envisageable dès l'épiaison en fin d'été et se prolonger, si nécessaire, jusqu'au début du remplissage des grains. Durant cet intervalle de temps d'environ un mois, la quantité et la qualité de la matière première évoluent faiblement.

Pour les **sorghos fourragers multi-coupes**, la récolte peut avoir lieu à l'épiaison dès la mi-juillet pour des semis à date normale (fin avril à mi-mai).

Pour des semis plus tardifs (culture dérobée derrière une céréale récoltée tôt), la récolte peut avoir lieu environ 60 à 80 jours après.



Ensilage du Sorgho



Sorgho épié en fin d'été

## 4. Productivité, potentiel et qualité

### 4.1 Productivité en fonction des conditions pédo-climatiques

Pour les **sorghos biomasse**, les potentiels varient de **10 t MS/ha à plus de 20 t MS/ha** selon les conditions d'alimentation hydrique.

Les potentiels des **sorghos fourragers multi-coupes** sont plus faibles (10 à 15 t MS/ha en plusieurs coupes) mais les valorisations possibles sont multiples et ils offrent une plus grande souplesse d'exploitation.

Pour le **sorgho fibre**, les différents essais menés en France n'ont pas mis en évidence d'impact identifié du type de sol sur la productivité. En revanche les conditions climatiques après la date de semis semblent avoir un impact important sur le développement.

Les **situations favorables** sont les parcelles à **sols profonds** avec une **bonne alimentation en eau** et les zones où l'humidité et les **températures sont optimales à la levée** et pendant le développement de la culture.

La fraîcheur au démarrage de la culture, la durée du cycle, le stress hydrique ou la faiblesse du peuplement sont les conditions limitantes de la culture du sorgho.

Sources : [1] [3] [4]

### ⇒ Productivité du sorgho

	Délai d'entrée en production	Période de récolte	Taux de MS (%)	Rendement
<b>Situation favorable :</b>				
- sorgho fourrager mono-coupes	5 à 6 mois	Fin Août à fin Septembre	20 à 35 %	15 à 20 t MS/ha
- sorgho fourrager multi-coupes	3 mois	Plusieurs coupes, la première pouvant avoir lieu dès la mi-juillet à épiaison	30 à 35 %	10 à 15 t MS/ha
<b>Situation limitante :</b>				
- sorgho fourrager mono-coupes	5 à 6 mois	Fin Août à fin Septembre	20 à 35 %	5 à 15 t MS/ha
- sorgho fourrager multi-coupes	3 mois	Plusieurs coupes, la première pouvant avoir lieu dès la mi-juillet à épiaison	30 à 35 %	3 à 10 t MS/ha

Ces données de productivité sont issues d'expérimentations réalisées depuis quelques années en France, et sont données à titre indicatif. Les rendements atteignables en grandes parcelles seront inférieurs à ces chiffres.

Sources : [1] [3] [4]

## 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.

### Sorgho, plante entière, récolté immature (grain laiteux pâteux)

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 <sup>3</sup>	kg MS/m <sup>3</sup>	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS
Effectif	5	-	-	2	2	2	5	2	4	4	4
Moyenne	74,5	100 à 130	170 à 200	45,9	5,8	41,6	1,0	0,05	0,3	1,2	1,1
Écart-type	2,9	-	-	0,6	0,1	0,3	0,1	0,03	0,07	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 <sup>-1</sup> MS	MJ.kg <sup>-1</sup> MS	% MS	°C	°C	°C	°C	
Effectif	9	9	9	2	2	11	1	1	1	1
Moyenne	10,4	31,5	20,0	16,858	18,120	6,2	737	891	1145	1196
Écart-type	2,0	3,0	1,7	0,141	0,154	0,7	-	-	-	-

Sources : [1] [2]

La culture du sorgho pour la production de biomasse est encore peu étudiée, ce qui explique le nombre restreint d'échantillons analysés lors du projet REGIX.

Pour la méthanisation, nous nous appuyons sur les références utilisées par Méthasim. La référence concerne du sorgho fourrager en vert. Le pouvoir méthanogène est donné en m<sup>3</sup> de méthane pour une tonne de matière sèche.

**Sorgho fourrager en vert (26% M.S.) : 325 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t M.S.**

Sources : [8]

### 4.3 Éléments économiques

Le coût d'implantation est faible, les facteurs de variation à prendre en compte sont le coût de la récolte pour un matériel de densité faible avec un fort taux d'humidité.

Le tableau ci-dessous propose des charges (opérationnelles et spécifiques).

Charges opérationnelles : (semences, engrais, protection phytosanitaire)	271 €/ha	Source : Estimations réalisées dans LIGNOGUIDE à partir d'itinéraires techniques type
Charges spécifiques (travaux réalisés par entreprise)	278 €/ha	

Sources : [3] [4]

### 4.4 Impacts environnementaux

#### ⇒ Impacts sur l'eau : quantité

La consommation en eau du sorgho n'est pas connue précisément. En conditions pluviales, elle est probablement du même ordre de grandeur que celle d'autres cultures annuelles de printemps comme le maïs.

#### ⇒ Impacts sur l'eau : nitrate

Les pertes en nitrate liées à la culture du sorgho dépendront de sa conduite (fertilisation), de son insertion dans la rotation et du contexte pédoclimatique.

#### ⇒ Impacts sur l'eau : molécules phytosanitaires

Le niveau d'intrants phytosanitaires du sorgho est plus élevé que pour les cultures ligno-cellulosiques pérennes et proche de celui du maïs. L'IFT et le potentiel de transfert des matières actives vers les eaux de profondeur indiquent une **pression modérée** avec notamment un **IFT de 1.8** (calculs réalisés à partir des itinéraires techniques élaborés dans LIGNOGUIDE).

#### ⇒ Production et consommation d'énergie

La production du sorgho est plus **consommatrice d'énergie** par rapport à d'autres cultures ligno-cellulosiques notamment pérennes, en raison de son caractère annuel et de ses **besoins en fertilisant azoté**. La **production d'énergie est nettement supérieure à cette consommation**.

#### ⇒ Emissions de gaz à effet de serre (GES)

Les émissions de GES du sorgho sont **proches de 1 400 kg eq. CO<sub>2</sub>/ha** (d'après les calculs réalisés dans LIGNOGUIDE). La majorité de ces émissions est liée à la fertilisation azotée.

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 sorgho, étude AGRICE, ARVALIS / ADEME, 1998
- [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] Sorgho grain : culture et utilisation. ARVALIS – Institut du Végétal, GNIS, Prosorgho
- [7] Variétés et protection des cultures Sorghos 2013. Dépliant annuel ARVALIS– Institut du Végétal et Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.
- [8] Méthasim : Outil de simulation technico-économique pour la méthanisation. Ifip, Aile, Solagro, Trame, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITAVI, IDELE, ADEME, CEMAGREF, 2010

## Contacts au sein du RMT Biomasse

### Sorghos :

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

