



## Cultiver du maïs grain à sécher en suivant un itinéraire technique adapté

La culture de maïs grain connaît un essor important dans notre pays. Les surfaces y sont passées en 10 ans de 28.217 à 59.430 hectares soit plus d'un doublement de la superficie.

Trois formes de récolte sont possibles : le MKS ou épi broyé, le grain utilisé à l'état humide et le grain à sécher

Les sommes de températures plus élevées généralement enregistrées depuis une quinzaine d'années ont contribué à donner plus de sécurité à cette dernière forme de valorisation. En 1998, la culture de maïs grain à sécher représentait 29 % de la totalité. Actuellement, cette production couvre 50 % de l'emblavement maïs grain.

D'autre part, lorsque l'année est peu favorable au maïs grain à sécher, les rendements maïs fourrage sont souvent moins élevés et il y a une demande pour combler le déficit de production nécessaire à l'alimentation des vaches laitières principalement.

La culture de maïs est une de celles qui offre les rendements les plus réguliers d'une année à l'autre. Peu soumise à la pression des maladies lorsque quelques précautions (choix variétal, travail du sol...) ont été prises et nécessitant peu d'interventions en cours de culture, il s'agit d'une culture considérée assez facile.

Lorsque le champ est semé, tout est pratiquement joué pour la production, seul le mode de valorisation et les conditions de séchage s'il s'agit de maïs grain peuvent encore être influencés.

Le principal désavantage de la culture de maïs grain à sécher est sa teneur en humidité à la récolte qui oblige à passer par un séchage coûteux en énergie.

### 1. Le choix variétal et de la date de semis.

La translocation vers l'épi des sucres solubles produits par la photosynthèse s'effectue jusqu'au stade 35 % d'humidité du grain environ. Par la suite, apparaît le « point noir » qui marque la transition entre remplissage et dessiccation. Dans le choix variétal, il faut veiller à ce que les besoins en températures des variétés pour atteindre la maturité physiologique soient compatibles avec les disponibilités en températures du lieu et la date de semis. Au vu des températures disponibles en Belgique et des exigences en température des variétés (Tab 1), la culture de maïs grain à sécher peut être conduite de manière optimale dans toute les régions de Basse et Moyenne Belgique avec des variété d'indice FAO entre 200 et 230. Pour le maïs grain humide dans cette même région, on peut utiliser des variétés d'indice FAO jusqu'à 250 voire 260 dans les zones les mieux exposées

**Tab 1 Besoins en température d'un maïs grain pour atteindre 35% d'humidité**

Indice FAO	$\Sigma$ températures base 6 °c	Exemple de variétés	Destination maïs
K 200	1590	Ladifference	Grain à sécher, CCM et MKS
K 220	1615	Arabica	Grain à sécher, CCM et MKS
K 230	1627	Patrick	Grain à sécher, CCM et MKS
K 240	1640	Sileno	CCM et MKS
K 250	1665	Amelior	CCM et MKS
K 260	1690	DKC3745	CCM et MKS

17 – 20°C  $\Sigma$  t° base 6 supplémentaires pour maïs denté  
 En dessous de 35 % : 1% = +/- 30°  $\Sigma$  t° base 6 supplémentaires

## 2. Le choix de la parcelle et la date de semis.

Le maïs grain peut être considéré comme une tête de rotation. Il valorise bien des fumures organiques et laisse après lui 8 à 10 tonnes de tiges – feuilles – rachis –spathes qui peuvent contribuer à redresser un niveau d'humus. Le maïs s'accommode mal de parcelles détériorées lors de la récolte d'une culture précédente.

Vu la réduction des surfaces de betteraves sucrières et la faible évolution des surfaces de colza, les surfaces de têtes de rotations sont peu importantes et occuper une partie de ces parcelles avec du maïs semble une évidence d'autant qu'il faudra compenser par un fourrage riche en énergie le déficit de production de pulpes surpressées.

La succession de culture de céréales et de maïs risque donc de devenir plus fréquente encore. Si du point de vue limitation de l'érosion et piégeage des nitrates, le froment après maïs est une bonne solution, quelques restrictions apparaissent quant au risque de développement de fusariose sur épis en froment et de production de mycotoxines qui peuvent en découler.

Le semis sera effectué impérativement sur une terre bien ressuyée. Un semis à partir du 20 avril est généralement conseillé. Depuis quelques années, les semis réalisés une semaine plus tôt ont également bien réussi et particulièrement l'an dernier (T° élevées et temps sec fin avril favorable au démarrage des premiers semis).

Un pH<sub>KCl</sub> de 6,5 à 7 ( 5,5 à 6 sur sol sablonneux) constitue un optimum. La fumure doit être bien calculée. Des excès de fumure peuvent affecter le rendement en grain et sa maturité.

Généralement, un apport de 30 T de fumier de bovin ou 30.000 l de lisier au printemps suivi de 60 à 80 u N constitue un optimum pour l'azote. Vu que le maïs grain est semé tôt, une période où les nuits restent froides, l'apport d'une fumure starter peut être bénéfique pour son démarrage surtout s'il s'agit d'une parcelle préparée sans labour ce qui peut en ralentir le réchauffement et le prélèvement de phosphore en début de croissance.

### 3. Choisir ses variétés attentivement.

Le choix variétal est essentiel. Une douzaine de variétés peuvent actuellement prétendre au titre de très bonne variété pour maïs grain à sécher. En cas de récolte pour grain humide, on peut y ajouter une dizaine dont l'humidité au niveau du grain peut être un peu plus élevée mais qui peuvent apporter quelques pourcents de rendements en plus.

Une densité de semis de 100.000 grains constitue généralement un optimum pour un semis de fin avril. Sur des sols sableux la densité peut être diminuée de 5 à 10.000 grains. Un traitement au Mesurool des semences offre une sécurité en cas de risques d'attaques de corneilles ou de mouche de semis ( après couvert hivernal).

Si un couvert végétal précède le maïs grain durant l'hiver, il est conseillé de le détruire avant le 15/3 afin de limiter l'exportation d'eau.

Le désherbage sera réalisé en préémergence ou sur adventives pas trop développées (4 – 5° feuilles du maïs) afin d'éviter toute concurrence par les adventices.

### 4. Développement de fusariose en maïs.

#### ***Quelques précautions élémentaires réduisent fortement les risques !***

En maïs fourrage, la récolte des parcelles entre 30 et 35 % de matière sèche présente généralement peu de risques si on choisit des variétés décrites peu sensibles ou résistantes. Chaque année, le CIPF examine plante par plante les variétés testées dans le réseau de base ou probatoire et leur attribue une cotation sur ce critère. Généralement les variétés demi-précoces à demi-tardives présentent peu d'attaques de fusariose des tiges. En 2006, aucune attaque n'était observée et en 2007, hormis une variété fortement touchée (Maikada) dans plusieurs sites, les autres variétés s'étaient bien comportées. Les très précoces et précoces sont parfois récoltées à des teneurs plus élevées ce qui peut augmenter les risques mais il est également possible de choisir dans cette catégorie des variétés très peu sensibles à la fusariose des tiges. En 2007, bon nombre de variétés ont obtenu une cotation maximum de 9 sur ce critère. Celle-ci était établie sur les relevés de 5 sites tant pour les 2 réseaux. Lors de la récolte en maïs grain, les plantes ont atteint un niveau de sénescence plus avancé. La fusariose se développe dans les tiges lorsque la teneur en sucres solubles diminue et que la plante s'affaiblit. L'évolution est donc sensible en passant du stade maïs fourrage au stade grain humide puis au stade grain à sécher. En observant les plantes de maïs de semaine en semaine du 20 octobre au 10 novembre, on se rend compte que le nombre de variétés qui résistent bien se réduit fortement. Il est donc conseillé de choisir des variétés qui dessèchent rapidement au niveau du grain en fin de saison plutôt que de choisir des variétés plutôt adaptées pour grain humide et espérer abaisser leur humidité en prolongeant trop loin dans le courant de novembre voire de décembre leur séjour sur le champ.

Parmi les variétés qui ont fait preuve d'un bon comportement vis-à-vis de la fusariose des tiges au cours des 2 dernières années, on peut citer : Patrick, DKC2960 et Lafortuna. Cette dernière donne de

bon rendement mais est plus sensible au manque d'eau. Parmi les nouveautés qui ont fait preuve d'un excellent comportement à la fusariose des tiges, on peut citer parmi les variétés performantes Padrino, Amball, Softi et DKC 2870.

## 5. Les risques de mycotoxines peuvent être fortement atténués.

Les mycotoxines sont des produits de métabolisme de champignons que peuvent être libéré dans des conditions bien spécifiques à chacune d'elles. Ces mycotoxines lorsqu'elles infectent les maïs peuvent influencer sur le développement des animaux d'élevage qui l'ingèrent. A ce titre, le porcelet est le plus sensible. En Belgique, elles sont essentiellement dues à deux champignons de type fusarium. Il s'agit de *Fusarium graminearum* pour la production de DON et Zéaralénone et *Fusarium moniliforme* pour la fumonisine. La contamination par le *Fusarium graminearum* s'opère généralement pendant la floraison du maïs lors de pluies abondantes. La croissance du champignon aussi bien que la production de mycotoxine peut se faire entre la floraison et la récolte. Toutefois, seule une faible corrélation existe entre attaque fongique visible et teneur en toxine mesurée. Des épis bien infestés peuvent monter de faible teneur en mycotoxine mais l'inverse est également vrai. Selon Arvalis, on peut hiérarchiser les principaux facteurs de risque de leur développement. Le climat apparaît toujours comme le facteur de 1<sup>er</sup> ordre pour chacun des champignons producteurs et leurs toxines associées. Puis, pour le DON, zéaralénone et les fumonisines, la date de récolte, le stade de maturité, la sensibilité variétale et enfin la gestion des résidus des précédents culturaux forment les facteurs prépondérants par ordre d'importance décroissante. Pour la production de fumonisines, à ces 4 paramètres vient s'ajouter la présence d'insectes foreurs (pyrale, sésamies) qui dans nos contrées ne sont heureusement pas présentes mais qui peuvent par les blessures qu'ils infligent au maïs provoquer d'importantes productions de cette toxine en France. La date de récolte a une influence cruciale sur la teneur en mycotoxine. En effet, des études allemandes ont montré qu'il existait une relation exponentielle entre les sommes de températures accumulées par le maïs et les teneurs en toxine. Dans cette étude, pour l'année 2006, les valeurs mesurées de mycotoxine restaient sous la limite réglementaire jusqu'à une somme de température de 1900°C. Par la suite, on assistait à une tendance exponentielle fortement dépendante de l'itinéraire technique mais également de l'année. Depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2007, un nouveau règlement européen fixe des limites maximales pour les 3 mycotoxines de *Fusarium* pour le maïs et ses dérivés à base de maïs destiné à l'alimentation humaine (Tab 2 a). Par ailleurs, des valeurs recommandées ont également été publiées en août 2006 pour l'alimentation animale (Tab 2 b)

Tableau 2a  
Limites maximales réglementaires pour le maïs et les dérivés à base de maïs destinés à l'alimentation humaine (en µg/kg)

	DON	Zéaralénone	Fumonisines B1 + B2
Maïs brut	<b>1750</b>	<b>350</b>	<b>4000</b>

Tableau 2b  
Recommandations de teneurs en mycotoxine pour l'alimentation animale

<b>Exploitations agricoles</b>								
↓								
<b>Stockeurs, agriculteurs et négoce</b>								
↓								
<b>1<sup>ère</sup> commercialisation</b>								
↓								
<b>DON</b>			<b>Zéaralénone</b>			<b>Fumonisines</b>		
Sous produits de maïs			Sous produits de maïs			Maïs et produits à base de maïs		
5 000			3 000			60 000		
↓								
<b>Fabricants d'aliments pour le bétail</b>								
↓								
<b>DON</b>			<b>Zéaralénone</b>			<b>Fumonisines</b>		
Aliments complémentaires et complets	Sauf porc	Sauf veaux, agneaux et chevreau x	Porcelets et jeunes truies	Truies et porc d'engraisement	Veaux, bétail laitier, ovins	Porc	Volaille, veaux	Ruminants adultes
		x						
5000	900	2000	100	250	500	5 000	20 000	50 000

Afin de déterminer maitriser de manière optimale ces risques, Arvalis a proposé une grille d'évaluation permettant d'identifier et de classer les itinéraires techniques selon un gradient de risque croissant d'apparition de mycotoxine.

Date de récolte	Sensibilité des variétés à F moniliforme /F graminearum	Gestion des résidus	Classe de risque *
< 15/10	Autres variétés	suffisante	A
		insuffisante	A
	Les plus sensibles	suffisante	B
		insuffisante	B
15 au 31/10	Autres variétés	suffisante	B
		insuffisante	B
	Les plus sensibles	suffisante	C
		insuffisante	C
1 au 15/11	Autres variétés	suffisante	B
		insuffisante	B
	Les plus sensibles	suffisante	C
		insuffisante	C
> 15/11	Autres variétés	suffisante	B
		insuffisante	C
	Les plus sensibles	suffisante	C
		insuffisante	D

Risque ; de A, risque le plus faible, à E, risque le plus élevé. Source : Arvalis

Au vue de cette grille, quelques principes de prévention peuvent être établis pour diminuer les risques de fusariotoxines:

- Choisir des dates de semis et des précocités des variétés qui permettent une récolte avant le 10-15 novembre.
- Réaliser un enfouissement ou un broyage efficace des résidus de culture précédente qui sont un potentiel infection important.

## 6. Du point de vue économique.

Sous les conditions climatiques belges, le maïs grain destiné au séchage est récolté à une humidité comprise entre 25 % dans les meilleures conditions et 38 % en situations moins favorable. Le produit récolté humide ne peut être stocké sous cette forme mais doit être séché rapidement préalablement. Cet étape gourmande en énergie surtout en ces temps de flambée des cours du pétrole peut devenir un piège économique. Par conséquent, il peut être intéressant d'évaluer si la culture de maïs grain à sécher est économiquement rentable par rapport aux autres cultures céréalières non soumises au séchage. Lorsqu'un producteur livre 100 kg de maïs à 30 % d'humidité, le calcul mathématique indique qu'il devrait être payé sur base de 82,35 kg de maïs sec aux normes.

La formule appliquée est la suivante :

100 kg de grain de maïs frais à 30 %  
humidité donne après séchage à 15 % :  
 $( 100 - 30 ) / ( 100 - 15 ) \times 100 = 82,35$   
kg de maïs à 15 %

Chaque pourcent d'eau livré signifie une perte de poids de 1,176 kg/100 kg théoriquement par point d'humidité au-delà de 15 %. Cependant, ce raisonnement théorique ne tient compte que de la perte mathématique d'eau par évaporation. En effet, les choses sont plus complexes. Dans la pratique, on constate une diminution de poids supplémentaire ( freintes) due à des pertes de matière à la suite du séchage et des diverses manipulations subies par le grain entre la livraison et la vente. La freinte est presque négligeable aux faibles humidités, mais elle augmente progressivement au-delà de 25 % de teneur en eau. C'est compréhensible dans la mesure où les pertes dues aux poussières de farine et aux brisures s'élèvent avec le taux de grains cassés. Généralement, les négociants se basent en Belgique sur les barèmes Synagra qui incluent donc dans leurs réfections des pertes échelonnées ainsi que des impuretés et freintes. En pratique, selon l'acheteur, on peut s'attendre à obtenir pour 30 % d'humidité entre 78,5 et 79,75 kg de grain sec à partir de 100kg de grains humides.

Afin d'évaluer la rentabilité économique d'un séchage, il paraît utile de comparer les marges brutes des différentes céréales avant séchage. A cette fin, trois cultures ont été comparées : le maïs grain à sécher, le froment d'hiver et l'escourgeon. Trois niveaux de production de maïs ont été choisis entre 8 et 11 T/ha. De la même manière, des frais variables pour une production de 9 T/ha de froment d'hiver et 8,5 T/ha d'escourgeon ont été déterminés (Tab 3).

Afin d'effectuer différentes simulations de marges brutes variantes en fonction du prix du marché, une fourchette de prix entre 175 et 245 €/T a été prise en considération.

La marge brute du maïs grain n'incluant pas de frais de séchage, il est possible de déterminer la marge de manœuvre possible pour les frais de séchage. Le tableau 5 nous montre les frais maximum de séchage qui peuvent être appliqués au maïs à 15 % d'humidité pour être compétitif par rapport aux autres céréales testées .

**Tab 3 Frais variables pour la production du maïs grain, froment et escourgeon en €/ha**

Culture	Maïs grain	Froment	Escourgeon
Semences	145	70	63
Produits phytosanitaires	100	180	153
Engrais	125 (120 uN)	191 (185 uN)	155 (150 uN)
Frais machine semis, pulvé, engrais et récolte	310	257	249
Σ frais variable €/ha hors séchage	680	698	620

Prix : Nitrate 27 % : 280 €/T

**Tab 4 Comparaison des frais variables et marges brutes du maïs grain avant séchage, froment et escourgeon en fonction de différents niveaux de rendement et de prix du marché.**

	Maïs grain à sécher quintal/ha			Froment	Escourgeon	
	8	9,5	11			
Coût variable €/ha	680	680	680	698	620	
Marge brute €/ha						
Prix du marché €/T	170	680	935	1190	832	825
	185	800	1078	1355	967	953
	200	920	1220	1520	1002	1080
	215	1040	1363	1685	1237	1208
	230	1160	1505	1850	1372	1335
	245	1280	1648	2015	1507	1463

**Tab 5 Frais maximal de séchage du maïs grain humide livré en €/tonne en fonction des différentes marges brutes du maïs grain sans séchage, froment et escourgeon**

		Froment d'hiver (9 T/ha)			Escourgeon (8,5 T/ha)		
		Rendement maïs grain sec (T/ha)			Rendement maïs grain sec (T/ha)		
Prix maïs	Prix froment ou escourgeon	8	9,5	11	8	9,5	11
230	245	-43,4	- 0,2	31,2	- 37,4	4,5	35,2
	230	- 26,5	14	43,5	- 21,9	17,9	46,8
	215	- 9,6	28,2	64,5	- 5,9	31,3	67,6
	200	7,3	42,4	78,7	10	44,7	81,1
200	230	- 56,5	- 16	13,5	- 51,9	- 12,1	16,8
	215	- 39,6	- 1,8	25,7	- 35,9	1,3	28,4
	200	- 22,8	12,4	44	- 20	14,7	46,3
	185	- 5,9	26,6	58,2	- 4,1	28,2	59,7
	170	11	40,8	72,4	11,9	41,6	73,2
170	200	- 52,8	- 17,6	9,3	- 50	- 15,3	11,6
	185	- 35,9	- 3,4	23,5	- 34,1	- 1,8	25
	170	- 19	10,8	37,7	- 18,1	11,6	38,4

En 2007, les frais de séchage ont été très élevés suite à la faible dessiccation des grains dus aux faibles températures d'octobre et décembre. A la récolte, les teneurs moyennes en humidité des grains oscillaient entre 30 et 35 % ce qui représentait un coût qui variaient entre 28,5 € et 38,06 € par tonne pour un maïs humide selon les barèmes Synagra. Cependant, ce tarif est un prix maximal. En effet, certaines sociétés disposant de séchoir proposent des prix bien plus bas. Néanmoins, l'inconvénient de ce type de vente est peut-être que le prix payé à l'agriculteur est le cours affiché le lendemain matin de la livraison suppléé d'une prime. Dans cas le producteur n'a plus l'occasion de vendre sa production lorsque les marchés pourraient éventuellement lui être plus favorables. Le tableau ci-dessous montre un exemple de frais de séchage variant suivant l'organisme sécheur.

En étudiant le tableau 5 et 6, on peut définir 3 situations :

- Lorsque la production de maïs grain n'atteint pas ou avoisine les 8 tonnes de grains sec ( cas possible d'un maïs fourrage non adapté réorienté vers un maïs grain), il ne peut concurrencer un froment d'hiver de 9 T/ha ou un escourgeon 8,5 T/ha tant que le prix de la culture concurrente n'est pas inférieure à 30 €/Tonne par rapport au maïs.

Prenons l'exemple d'un maïs grain produisant 8T et vendu 200 €/T et un froment donnant 9 T au prix de 200 €/T, la céréale d'hiver procure un bénéfice de 22,8 € supplémentaires sans compte les frais de séchage du maïs à ajouter.

- A 9,5 tonnes de maïs grain, le maïs grain doit être 15 € plus cher pour être compétitif. A prix équivalent, le maïs grain à sécher dégage une marge brute légèrement supérieure à celle du froment d'hiver ou escourgeon. Cependant, cette différence ne permet pas de payer un

séchage. Dans notre exemple, la rentabilité du maïs avant séchage et de la céréale est équivalente.

- Au-delà de 10 tonnes de maïs grain sec, la production apporte un bénéfice supérieur aux frais de séchage par rapport au froment d'hiver ou à l'escourgeon tant que le prix de la céréale d'hiver n'est pas plus élevé de 30 € par rapport au maïs. Dans notre exemple, il reste 44 € pour sécher le maïs ce qui est largement suffisant pour un maïs à 35 % d'humidité.

**Tab 6 Exemple de frais de séchage du maïs grain à différentes humidités en € par tonne de maïs humide fourni suivant le Barème Synagra et un négociant**

Teneur en humidité du grain	Barèmes Synagra	Négociant
35 %	38,06 €	24,51 €
30 %	28,50 €	20,74 €
25 %	21,40 €	16,96 €

## 7. Conclusions.

La culture de maïs grain, outre ses propres exigences ( date de semis, choix variétal, ...), offre ces dernières années une grande régularité des rendements grain. Elle présente l'avantage de restituer au sol une importante quantité de matière organique via les tiges-feuilles mais également de très bien valoriser les fumures organiques appliquées avant culture.

La comparaison des rentabilités des différentes céréales est un exercice complexe. En effet, leur marge brute est bien sûr fortement variable en fonction du prix de vente du grain mais également des frais de séchage du maïs grain. Ce dernier poste étant le point crucial de la rentabilité de cette dernière spéculation, il est impératif de tenir compte des grandes disparités des tarifs de séchage entre organismes sécheurs et de retenir les meilleurs marché sans toutefois négliger les frais de réfaction qui y sont liés. Au vu des tableaux, on peut dire que plus les coûts de séchage sont élevés, plus les autres formes de valorisation du maïs ainsi que les autres céréales deviennent économiquement plus rentables. A prix identique et sans prise en compte de la valorisation de la paille, le maïs devient plus rentable qu'un froment d'hiver de 9 t/ha ou qu'un escourgeon 8,5 t/ha dès que sa production atteint 10 tonnes de grain sec à une humidité de 32 %.

Fabien Renard, Guy Foucart, JF Oost  
CIPF – Centre pilote en culture de maïs  
Laboratoire d'Ecophysiologie et d'Amélioration végétale  
UCL – Louvain-la-Neuve