

PRAIRIES

Prairies de fauche : bien choisir son mélange d'espèces p. 3

Mélanges de semences fourragères : un nouveau guide pour bien composer sa prairie p. 6

MAÏS

Maïs fourrage : les étapes clés de la récolte p. 8

Ensilage de maïs riche en amidon : trouver le bon équilibre de la ration p. 11

SORGHO

Diversifier les ressources fourragères avec le sorgho p. 14

Ensilage de sorgho monocoupe : un fourrage bien valorisable dans la ration des bovins p. 16

OLÉO-PROTÉAGINEUX

Colza et tournesol : des économies pour les éleveurs grâce aux tourteaux p. 18

Protéagineux : une source d'énergie et de protéines compétitive p. 20

Soja métropolitain : de nouveaux débouchés en alimentation animale p. 22

Fourrages et tourteaux : de nouvelles voies pour les valoriser



Bien choisir son mélange d'espèces

Des essais de prairies multi-espèces, associant graminées et légumineuses, ont été conduits en vue d'améliorer l'autonomie fourragère et protéique des élevages. Les résultats de ces essais apportent des réponses à cet enjeu.

Économie de fertilisation azotée, production bien répartie sur l'année, valeur alimentaire équilibrée, ingestion améliorée, adaptation à l'hétérogénéité des sols, ou encore, aux évolutions du climat sont autant d'objectifs pour lesquels les prairies ont un rôle à jouer.

Trois essais ont été réalisés en agriculture biologique, entre 2000 et 2013, à la ferme expérimentale des Bordes à Jeu-les-Bois (36), par ARVALIS - Institut du végétal, en partenariat avec l'OIER des Bordes (1), pour mettre au point des prairies multi-espèces de fauche adaptées à la région herbagère séchante du nord du Massif Central. Ces essais ont été conduits en fauche exclusive, sans fertilisation azotée, sur des sols sablo-limoneux peu profonds et drainés.

Une prairie multi-espèces se distingue des autres

Deux essais de 3 années chacun, comprenant 4 associations et 3 prairies multi-espèces, ont été menés de 2000 à 2002 et de 2003 à 2005 (tableau 1). Un effet année a fortement marqué ces deux essais. La production de matière sèche (MS) à l'hectare est élevée dans le premier essai (11,2 à 12,7 t MS/ha) avec 3 années favorables à l'herbe, mais plus faible dans le second (5,5 à 8,3 t MS/ha), en raison des années 2003 et 2005 très sèches. La prairie multi-espèces associant trois graminées, dactyle, fétuque élevée et RGA diploïde (variétés tardives) et deux légumineuses, luzerne et trèfle violet, s'est montrée la meilleure sur les 2 essais. Sa production de MS s'est élevée à 10,3 t MS/ha en moyenne, soit 22 % de plus que l'association dactyle

Après onze années d'essais, des préconisations de mélanges peuvent aujourd'hui être établies.



Prairies multi-espèces : davantage de MS et de protéines par hectare

	Graminées		Légumineuses		t MS/ha	t MAT/ha
	Espèce(s)	Dose (1)	Espèce(s)	Dose (1)		
Associations (1 graminée + 1 légumineuse)	RGH	20	Trèfle Violet	10	9,73	1,14
	Dactyle	17	Trèfle Violet	10	9,80	1,26
	Dactyle	12	Luzerne	15	8,40	1,09
	Fétuque élevée	20	Trèfle Violet	10	10,16	1,28
Prairies multi-espèces (au moins 3 espèces)	Dactyle	8	Trèfle Violet	10	9,94	1,20
	Fétuque élevée	10				
	Dactyle	4	Luzerne	10	10,27	1,37
	Fétuque élevée	5				
	RGA diploïde	5				
	Dactyle	4	Lotier	10	10,13	1,26
Fétuque élevée	5					
RGA diploïde	5					

(1) en kg/ha

Tableau 1 : Composition et productions moyennes de MS et de MAT des 7 prairies de fauche communes aux 2 essais de 3 ans à Jeu-les-Bois (36). Source : ARVALIS - Institut du végétal, OIER des Bordes.

- luzerne qui a obtenu le moins bon résultat. Sur le plan des Matières Azotées Totales (MAT), cette prairie en a produit 1,37 t/ha, soit 26 % de plus que l'association dactyle/luzerne et 20 % de plus que l'association ray-grass hybride/trèfle violet.

Dactyle, luzerne et trèfle violet confirment leur intérêt

En vue de préciser les mélanges à privilégier pour la fauche, dont certains sont adaptés à d'autres contextes pédo-climatiques, et de mieux comprendre les facteurs d'évolution des espèces, un troisième essai a été conduit pendant 5 ans de 2009 à 2013. Douze prairies au total, comprenant 3 à 8 espèces, ont ainsi été évaluées. Les plus représentatives sont présentées dans le *tableau 2*. La prairie « T10 », composée de dactyle, fétuque élevée, ray-grass anglais diploïde, luzerne et trèfle violet, est celle qui obtient à nouveau les meilleurs résultats. Les prairies « T2 » (fétuque élevée, ray-grass anglais, trèfle hybride et lotier) et « T3 » (idem T2 avec en plus fétuque des prés et fléole) sont moins bien classées.

Production des prairies : prépondérance de la composition du mélange

Prairie	Nb	Graminées					Légumineuses					Dose totale	t MS/ha	t MAT/ha	
		Dactyle	F. El.	RGA	F. Pr.	Fléole Pr.	Luzerne	Trèfle V.	Trèfle H.	Lotier C.	Trèfle B.				Minette
		T	TT	½ T	T	½ P									
T1	3	8	10					8					26	6,41	0,678
T2	4		15	4					4	4			27	5,95	0,615
T3	6		9	4	3	3			4	4			27	6,43	0,645
T7	6	4	5	5			8		4	3			29	7,48	0,908
T8	7	5	7	3			4	2		4	1,5		26,5	7,70	0,812
T10	5	4	5	5			10	5					29	7,90	0,930
T12	4	8	6				11			3			28	7,44	0,954

Nb : nombre d'espèces, F. El. : Fétuque élevée, RGA : RGA diploïde, F. Pr. : Fétuque des prés, Fléole Pr. : Fléole des prés, Trèfle V. : Trèfle violet, Trèfle H. : Trèfle hybride, Lotier C. : Lotier corniculé, Trèfle B. : Trèfle blanc, Dose totale : dose totale au semis en kg/ha.
T, TT, 1/2T, 1/2 P : précocité d'épiaison.

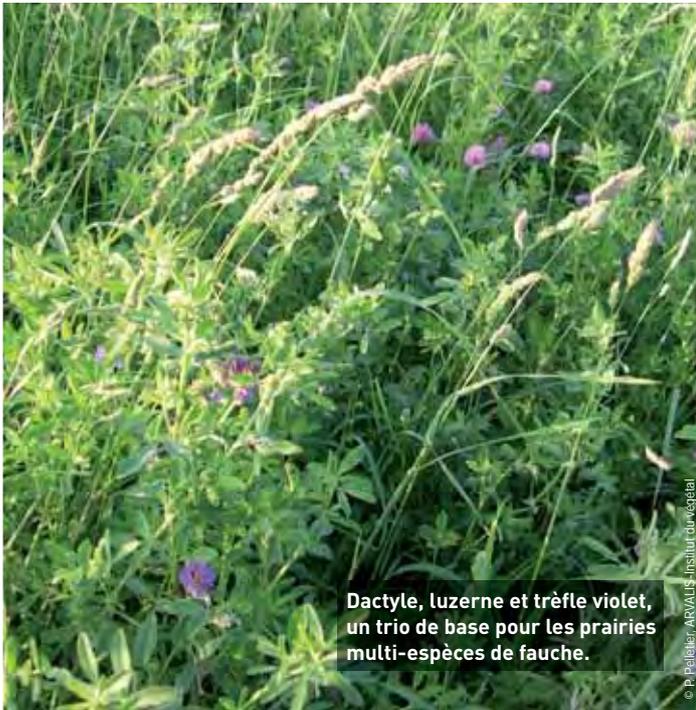
Tableau 2 : Composition et productions moyennes de MS et de MAT de 7 prairies multi-espèces de fauche étudiées de 2009 à 2013 à Jeu-les-Bois (36).

Source : ARVALIS – Institut du végétal, OIER des Bordes.

Un effet « composition de la prairie »

Un écart significatif de 1,95 t MS/ha (-25 %) est observé sur la production annuelle moyenne des 5 années entre la meilleure prairie (T10) et la moins productive (T2). La prairie multi-espèces T10 confirme ainsi les bonnes performances déjà observées. Les 3 espèces, dactyle, luzerne et trèfle violet, assurent des gains importants de productivité pour les prairies de fauche dans les conditions pédo-climatiques du nord Massif Central. La prairie T12 produit le plus de MAT/ha sur les 5 ans, T8 est la 2^e prairie la plus productive en MS/ha (*tableau 2*).

Le coût des semences à l'implantation pour la prairie T10 oscille entre 220 et 230 € HT/ha (2013) pour une durée de 5 ans, soit 44 à 46 € HT/ha/an. Il est conseillé d'inoculer la



**Dactyle, luzerne et trèfle violet,
un trio de base pour les prairies
multi-espèces de fauche.**

© P. Pallier, ARVALIS - Institut du végétal

luzerne au semis pour faciliter son implantation, en particulier dans les sols à tendance acide ($\text{pH} < 6$) et ceux n'ayant pas eu de culture de luzerne depuis plusieurs années.

Évolution dans le temps des espèces semées

L'évolution des espèces semées a été mesurée chaque année, au 2^e cycle, par tri pondéral dans le troisième essai. Les deux espèces qui se développent le plus, dans les prairies qui en contiennent au semis, sont le dactyle, dont la part atteint 38 % de la MS produite en moyenne sur les 5 ans (de 25 à 56 % selon les prairies) et la luzerne avec 50 % de la MS produite (de 36 à 65 %). Le trèfle violet est surtout présent pendant deux ans et représente 19 % de la MS produite sur 5 ans (de 12 à 30 %). Le trèfle hybride, quant à lui, disparaît rapidement au bout d'un an. La fétuque élevée est présente, mais contribue peu à la production de MS. Le ray-grass anglais permet une couverture rapide du sol à l'installation et disparaît au bout d'un an.

[1] : Chambres d'Agriculture de l'Indre, du Cher, de la Creuse et de la Haute-Vienne

Pour en savoir plus

Retrouvez l'ensemble des résultats des essais lors de la journée technique du 26 septembre 2014 « *Produire de la viande bovine en valorisant ses fourrages* » à la ferme expérimentale des Bordes à Jeu-les-Bois (36) et sur www.arvalis-infos.fr.

ISSN n°2266 - 6753
Dépôt légal à la parution
Réf: 14110

Impression :
Corlet Roto [53]

Ont collaboré à ce document :
les équipes d'ARVALIS-Institut du végétal et du CETIOM

Imprimé sur du papier 100 % recyclé
Document imprimé par une entreprise Imprim'Vert

Photos de couverture :
ARVALIS-Institut du végétal, N. Cornec et CETIOM

Un encart Editions ARVALIS est jeté dans ce numéro.



Avec la participation financière du Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural (CASDAR), géré par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire.

Un nouveau guide pour bien composer sa prairie

Les mélanges pour prairies se développent et permettent une multitude de combinaisons. Les expériences régionales menées en France et les expertises techniques sont dorénavant regroupées dans un guide.



L'expertise française mise en commun

L'AFPF s'est appuyée sur ses 4 membres fondateurs, le GNIS, ARVALIS – Institut du végétal, l'Institut de l'Élevage et l'INRA, en collaboration avec l'Union Française des Semenciers, le Bureau Technique de Promotion Laitière et les Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire, pour initier en 2012 et coordonner un travail de synthèse sur les mélanges prairiaux. L'objectif était de recenser les connaissances acquises en recherche et développement depuis une quinzaine d'années sur les prairies multi-espèces et de mettre en commun cette expertise. Le guide technique issu de ce travail a pour vocation d'orienter les utilisateurs dans leurs choix, afin de constituer un mélange prairial en cohérence avec les contraintes du milieu (sol, climat) et les modes d'exploitation des prairies.

Quinze combinaisons typent de sol/mode d'utilisation

Le guide s'attache à décrire les principales espèces prairiales, leur adaptation en fonction du type de sol et de l'utilisation de la prairie, ainsi que leur intérêt en mélanges, en particulier pour les prairies de longue durée (plus de 3 ans). Parmi une quinzaine de graminées et de légumineuses possibles, une dizaine d'entre elles présentent un intérêt majeur dans un mélange prairial. Elles apportent productivité, résistance aux stress (sécheresse, hydromorphie...), appétence et protéines. Leur place dans le mélange est toutefois à raisonner selon le type de sol (5 types ont été définis) et le mode d'utilisation prin-

Un travail de synthèse, coordonné par l'Association Française pour la Production Fourragère (AFPF), avec la participation d'ARVALIS – Institut du végétal, a permis de rassembler les connaissances et les expériences françaises sur les mélanges prairiaux. À l'issue de ce travail, un guide technique, recensant les préconisations agronomiques pour les mélanges de semences pour prairies en France, a été publié début 2014 (*en-cadré*). Il s'agit du premier document de référence à l'échelle nationale.

Des ventes en augmentation

La commercialisation des mélanges de semences pour prairies est autorisée en France depuis 2004. Les mélanges de semences fourragères disponibles sur le marché n'ont cessé de se développer depuis la première campagne de commercialisation. En 2012-

2013, ils représentent 21 % du total des ventes de semences pour prairies d'après le GNIS. Parallèlement, en vue de répondre aux demandes d'information de plus en plus nombreuses, les connaissances sur les prairies multi-espèces progressent et les expériences locales se développent dans la plupart des régions françaises.

Pour en savoir plus

Le guide « *Préconisations agronomiques pour les mélanges de semences pour prairies en France – 2014* » est téléchargeable gratuitement sur www.afpf-asso.org (rubrique Outils). Une version imprimée est disponible auprès de l'AFPF - Centre INRA - Bâtiment 9 - RD 10 - 78026 Versailles CEDEX - France
Tél. : +33 (0)1 30219959
afpf.versailles@gmail.com

Choix des espèces : une solution adaptée à chaque situation

Espèces	Sol	Sain et profond			Alternance hydrique			Hydromorphe			Séchant acide			Séchant calcaire			Intérêts dans un mélange :
		Fauche	Mixte	Pâturage	Fauche	Mixte	Pâturage	Fauche	Mixte	Pâturage	Fauche	Mixte	Pâturage	Fauche	Mixte	Pâturage	
Espèces majeures	RGH *	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Productivité à l'installation, limitation du salissement
	RGA précoce à ½ tardif	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Qualité, appétence, engazonnement, vitesse d'installation, pâturage
	RGA tardif à très tardif	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Protéines, potentiel de production, en particulier estival, pérennité
	Dactyle	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Potential, production estivale, pérennité, fibres
	Fétuque élevée	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Qualité, appétence
	Fétuque des prés	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Aptitude au fanage, résistance au froid
	Fléole	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Qualité, appétence, fixation azote, aptitude pâturage
	Trèfle blanc	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Rapidité d'installation, énergie et protéines, fixation d'azote, appétence, production 1 ^{res} années
	Trèfle violet *	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Protéines, production notamment estivale, fibres, fixation d'azote
	Luzerne	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Légumineuses non météorisantes, tannins, résistance au sec, fixation azote
Espèces mineures avec intérêt fourrager	Sainfoin	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Fixation azote, production précoce	
	Lotier	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Engazonnement	
	Trèfle hybride	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Engazonnement	
Espèces mineures avec moins d'intérêt fourrager	Pâturin des prés	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Fixation azote	
	Fétuque rouge	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Engazonnement	
	Minette	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Engazonnement	

■ Espèce à privilégier avec une forte contribution à la production fourragère
■ Espèce d'accompagnement dont on attend un autre rôle que strictement productif
■ Espèce moins bien adaptée au sol et/ou à l'utilisation

(1) Très variable selon les variétés - (2) Avec chaulage fréquent et inoculation.
 *: Espèces de courte durée (3 ans) pouvant présenter un intérêt dans la phase d'installation.

Tableau 1 : Préconisations agronomiques pour les mélanges de semences pour prairies de 3 ans et plus en France.

cipal de la future prairie, décliné en 3 catégories : fauche dominante, mixte pâturage et fauche, pâturage dominant. D'autres espèces, considérées comme mineures, assurent des fonctions différentes, comme par exemple, couvrir le sol ou garantir la pérennité du couvert. Les préconisations agronomiques sont ainsi réparties selon 15 situations, obtenues en croisant les 5 types de sol et les 3 modes d'utilisation de la prairie (tableau 1). Par ailleurs, le guide préconise de limiter à six le nombre d'espèces et à huit le nombre de variétés dans un mélange. Il est aussi recommandé de ne pas dépasser une dose de 30 kg/ha au semis.

Mieux connaître le comportement des espèces

La composition des mélanges doit également prendre en compte le comportement entre elles de chacune des espèces et variétés semées. Cette notion est complexe. Elle inclut plusieurs critères, recensés et notés pour les espèces majeures aux phases clés du développement de la prairie : la vitesse d'installation, le pouvoir de concurrence au printemps - lui-même dépendant de la précocité de démarrage, du port de la plante et de la vitesse de croissance - la pousse en été et la productivité après 3 ans. En l'état actuel des connaissances sur le fon-

ctionnement des mélanges prairiaux, ces éléments restent encore à affiner.



Les étapes clés de la récolte

La récolte a pour objectif de conserver la qualité de la production avec un minimum de pertes. Pour réussir le chantier de récolte, chaque étape compte. Retour sur les paramètres qui méritent une attention particulière.

Le tamis secoueur utilisé au champ pendant le chantier est un outil efficace pour ajuster la finesse de hachage.



La réussite du chantier de récolte du maïs fourrage dépend d'une succession de décisions et de bonnes pratiques. Les évolutions climatiques, telles que les années précoces (2011) ou celles localement tardives (2012 et 2013), mettent en avant la nécessité de bien définir la date de récolte. De même, du fait de l'augmentation des débits de chantier, avec un matériel de récolte toujours plus performant et plus rapide, le tassement du fourrage au silo peut devenir un facteur limitant et ne doit pas être négligé.

Déterminer la période optimale de récolte

Le stade optimal de récolte se situe entre 32 et 35 % de matière sèche (MS) plante entière: le rendement est stabilisé, la teneur en amidon est voisine de 30-32 % de la matière sèche de la plante et, en conditions normales de végétation, la qualité des tiges et des feuilles n'est pas dégradée. Une récolte trop précoce limite le rendement, ainsi que la teneur en amidon, et entraîne des jus au silo. Une récolte tardive augmente le risque de mauvaise conservation, notamment par défaut de tassement.

La date de floraison (sortie des soies) est le premier indicateur de la précocité de la parcelle. L'observation des grains un mois après floraison permet d'anticiper la date de récolte. L'apparition de la lentille vitreuse à l'extrémité des grains des couronnes centrales de l'épi correspond au stade 23-27 % de MS. À ce stade, les besoins sont de 24 degrés jours pour gagner un point de MS. Une répartition dans le grain des trois amidons (laiteux, pâteux et vitreux) correspond au stade optimal de récolte, c'est-à-dire 31-34 % de MS selon l'état de l'appareil végétatif.

Maîtriser la finesse de hachage

Les gros morceaux (> 20 mm) sont indésirables car ils gênent le tassement du silo et provoquent des refus à l'auge entraînant une baisse de consommation des vaches. La présence de plus de 1 % de gros morceaux (soit le contenu d'un gobelet pour un seau de 10 litres) traduit un défaut de réglage ou d'entretien de l'ensileuse.

Les particules moyennes (de 10 à 20 mm) doivent représenter 10 % à l'auge. Limiter leur présence améliore le tassement, surtout si la teneur en MS du maïs dépasse 35 %, mais pénalise la rumination des vaches. Dans le cas des maïs qui ne se dessèchent pas facilement (récolte en octobre, dans les régions voisines de la Manche, par exemple), il est envisageable d'augmenter la longueur de coupe jusqu'à 15 à 20 % de particules moyennes, mais avec un risque de baisse d'ingestion. Par ailleurs, les dessileuses et mélangeuses peuvent réduire d'un tiers le nombre de particules moyennes.

“ Les dessileuses et mélangeuses peuvent réduire d'un tiers le nombre de particules moyennes. ”

La longueur des particules n'est pas le principal facteur de maîtrise de l'acidose. Il faut veiller, en premier lieu, à la composition de la ration: le taux d'amidon doit se situer entre 22 et 25 % de la MS de la ration et atteindre 28 % maximum pour des vaches laitières en première moitié de lactation



Le tassement par couches successives de 20 cm maximum est un des paramètres de la réussite de l'ensilage.

(voir article « Ensilage de maïs riche en amidon : trouver le bon équilibre de la ration » p. 11).

D'autres paramètres ont également leur importance. La coupe des particules doit être franche et nette, ce qui nécessite l'affûtage régulier des couteaux de l'ensileuse. L'attaque des grains est à adapter à la maturité. L'amidon vitreux des grains des maïs à plus de 32 % de MS a besoin d'être fractionné pour que sa digestion soit optimisée : c'est le rôle des éclateurs de grains sur les machines.

Matière sèche : un fourrage plus sec contient plus d'air

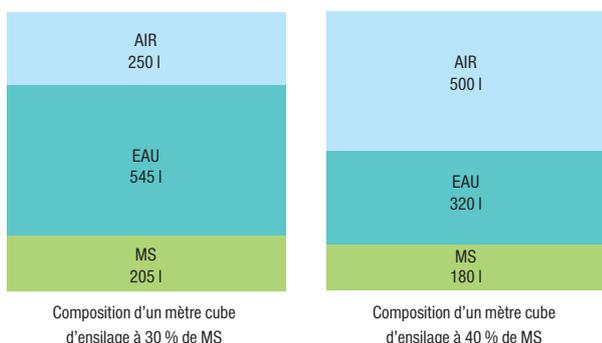


Figure 1 : Composition d'un m³ d'ensilage, selon le taux de MS du maïs fourrage.

Enfermer le moins d'air possible dans le silo

Le processus de fermentation aboutissant à la stabilisation du fourrage intervient en milieu anaérobie (en absence d'oxygène). Plus le maïs fourrage est récolté vert et humide, moins le silo tassé conserve de porosité et plus vite le peu

d'oxygène retenu dans le silo est consommé par la respiration du végétal ou l'activité microbienne. À 30 % de MS, 1 kg de matière sèche enferme environ 1 litre d'air. En 3 ou 4 heures, l'oxygène du silo est consommé et le processus de fermentation démarre rapidement.

En revanche, un maïs fourrage plus sec (plus de 35 % de MS) est plus difficile à tasser. L'air enfermé dans le silo représente 2 à 4 litres par kg de matière sèche et beaucoup plus en haut du tas. Le processus de fermentation démarre alors plus lentement et, en présence d'oxygène, les levures et moisissures se multiplient. En condition hermétique leur activité est ralentie et cesse d'échauffer le silo. Mais, par la suite, cette activité reprend de plus belle au niveau du front d'attaque (*encadré*) : c'est la principale cause de pertes de matière sèche lors de la conservation du maïs fourrage.

Le tassement se fait par couche successive de 20 cm maximum d'épaisseur. Si le silo est assez large, utiliser deux tracteurs tasseurs ou prévoir deux silos à remplir en même temps.

Assurer l'étanchéité du silo

Le jour de la récolte, la fermeture du silo doit être la plus hermétique possible. Dérouler d'abord un premier film (40 microns) qui adhèrera bien au fourrage, puis un film d'ensilage (110-150 microns). Enfin, un filet de polypropylène, maintenu avec des sacs de graviers pour conserver la pression sur le tas, sera disposé sur le silo pour une meilleure protection. À l'ouverture du silo, la gestion du front d'attaque, sans éboulement et avec une avancée rapide, doit permettre de limiter au maximum la pénétration en profondeur de l'air qui réactiverait d'autant plus les fermentations, surtout en cas de tassement insuffisant. Conserver un cordon continu de sacs de graviers à la verticale du front d'attaque limitera l'entrée d'air sous la bâche.



Au-delà de 25 % d'amidon dans la ration, une partie de l'énergie est alors mal digérée et non valorisée.

© ARVALIS Institut du végétal

Trouver le bon équilibre de la ration

Pour incorporer judicieusement dans la ration des vaches laitières un ensilage de maïs à teneur élevée en amidon, il est nécessaire de bien caractériser sa valeur alimentaire.

La composition de la plante à la récolte informe sur la valeur alimentaire de l'ensilage de maïs. Les grains, riches en amidon, sont source d'énergie pour les animaux. La plante contient également des fibres « digestibles », participant aussi à l'apport énergétique, et des fibres « indigestibles » intervenant dans la régulation de l'ingestion. Plus la ration est fibreuse, meilleure est la digestion du fourrage, mais moins la vache consomme de matière sèche et d'énergie. C'est donc la teneur en fibres « indigestibles » qui permet de « piloter » l'ingestion.

Viser 22-25 % d'amidon dans la ration

Dans la ration des vaches à haut potentiel, la place des fibres lignifiées est faible, celle des éléments digestibles étant très élevée. À première vue, le maïs, bien pourvu en énergie, convient donc bien aux vaches laitières, à condition que l'amidon apporté ne perturbe pas la digestion. En

effet, l'équilibre entre les fibres indigestibles et l'amidon est essentiel pour préserver le bon fonctionnement du rumen. Une teneur en amidon comprise entre 22 et 25 % dans la ration garantit à la fois une bonne ingestion et une bonne digestion. Mais pour une ration à 25 % d'amidon, si l'ingestion augmente, la vitesse de transit progresse également : une partie de l'énergie est alors mal digérée et non valorisée.

Le maïs, bien pourvu en énergie, convient donc bien aux vaches, à condition que l'amidon apporté ne perturbe pas la digestion.

En début de lactation, ce gaspillage atteint 1 Unité Fourragère Lait (UFL) par jour. Dans une ration à 28 % d'amidon, la perte atteint 2 UFL et les signes d'acidose se multiplient.

Les vaches laitières valorisent mal l'excès d'amidon vitreux

Un ensilage de maïs très riche en amidon est en général la conséquence d'un chantier de récolte trop tardif qui a permis à la plante de poursuivre, voire d'achever, le remplissage des grains. Les grains présentent alors une forte proportion d'amidon vitreux. Celui-ci se dégrade moins bien dans le rumen que l'amidon laiteux ou pâteux. Les bovins le digèrent donc moins facilement. Cette chute importante de digestibilité n'est pas compensée par la hausse de la digestibilité globale de la plante qui est induite par le remplissage des grains (figure 1). Un maïs en train de mûrir passe par une valeur fourragère maximale qui apparaît avant la fin du remplissage des grains. Les travaux menés par ARVALIS - Institut du végétal montrent qu'au-delà de 30 à 35 % d'amidon, la valeur en UFL de la plante entière plonge (figure 1).

Valeur fourragère : la valeur UFL passe par un maximum

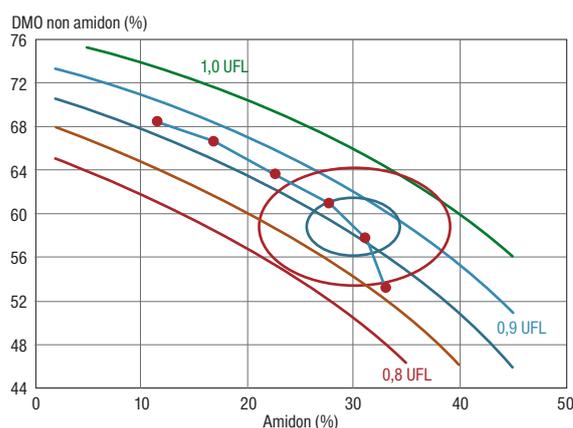


Figure 1 : Évolution de la valeur énergétique du maïs décomposée sur deux axes : « Amidon » pour l'approche en valeur des grains et « DMO non amidon » (Digestibilité de la matière organique) pour l'approche de la digestibilité des tiges et des feuilles. Au-delà de 30 à 35 % d'amidon, la valeur fourragère de la plante plonge. Les lignes correspondent aux UFL de même valeur. Les cercles représentent une cible autour de la valeur moyenne pour une année normale (30 % d'amidon et 59 % DMO_{na}). En rouge : 80 % des échantillons ; en bleu : 35 % des échantillons.

Par convention depuis 1995, la valeur énergétique du maïs fourrage (vert) est estimée en France en se basant sur l'équation « Modèle 4 », dit M4, publiée par Jacques Andrieu de l'INRA (1996) ; l'INRA ayant établi que le processus de l'ensilage ne modifiait pas la valeur énergétique du fourrage. Dans le cas des ensilages de maïs riche en amidon, la gamme de validité de cette équation est dépassée. Les valeurs énergétiques calculées doivent donc être analysées avec précaution ; la baisse de digestibilité de l'amidon dans les ensilages de maïs à teneur élevée en amidon vitreux n'étant pas prise en compte.



La valeur alimentaire des ensilages de maïs fait l'objet d'études pour mieux connaître l'utilisation de l'amidon par les bovins.

L'amidon vitreux impacte les apports énergétiques et protéiques

Le calcul de la valeur azotée des maïs riches en amidon doit tenir compte de la baisse de disponibilité, dans le rumen, de l'amidon vitreux : jusqu'à 30 % pour des grains vitreux, contre 5 à 10 % aux stades « normaux » d'ensilage. En retenant une dégradabilité théorique de l'amidon de l'ordre de 75 %, la quantité de protéines digestibles issues des apports énergétiques (PDIE) apparaît inférieure de 10 % à celle proposée par l'INRA, dans le cas d'un ensilage de maïs récolté à 40 % d'amidon. Ces estimations doivent être affinées grâce aux travaux en cours (*encadré*).

Mieux comprendre la digestion de l'amidon et des fibres

Une thèse, engagée en 2011 dans le cadre d'un partenariat entre l'INRA, ARVALIS - Institut du végétal, l'UFS (semenciers) et les multiplicateurs de semences (FNPSMS), étudie la digestion de l'amidon et des fibres, notamment aux stades tardifs de récolte, afin de mieux prévoir les valeurs énergétique et azotée. Les résultats obtenus doivent permettre de conforter, voire d'améliorer, les outils de prévision de la DMO (Digestibilité de la matière organique) pour l'étude de la valeur nutritive de l'ensilage de maïs. Ces travaux doivent aussi conduire au développement d'outils de prévision de l'utilisation digestive des substrats énergétiques (amidon et parois végétales). D'autres travaux, en cours chez ARVALIS - Institut du végétal, permettront de préciser l'impact de la durée de conservation sur la dégradabilité de l'amidon et les valeurs nutritives des ensilages pour adapter le rationnement des ruminants.

Associer les fourrages

Les ensilages de maïs à teneur élevée en amidon (plus de 30 %) sont donc à introduire avec précaution dans les rations des vaches laitières. Un des moyens d'équilibrer la ration consiste alors à associer différents fourrages, tels qu'un ensilage de maïs avec un ensilage ou un enrubannage d'herbe ou de légumineuses. La complémentation doit alors nécessairement être orientée vers des concentrés peu riches en amidon, à base de pulpe par exemple.

Diversifier les ressources fourragères

Les sorghos se caractérisent par la diversité de leurs usages. Dans des contextes restrictifs en eau, ils peuvent se révéler plus compétitif que le maïs. Afin de mieux s'y retrouver, un classement des sorghos monocoupe vient d'être établi.



Depuis 2008, les sorghos font l'objet d'épreuves de valeurs agronomiques et énergétiques en vue de leur inscription au catalogue officiel français.

La production de sorgho destiné à l'ensilage s'est développée au cours des dernières années, avec une diversification de l'offre variétale. Les sorghos font l'objet d'une typologie permettant de les classer selon leurs usages. Leur introduction respective dans les rations dépendra des objectifs de productivité et de la complémentarité avec les autres fourrages disponibles.

Monocoupe ou multicoupes

Le sorgho fourrager multicoupe (type sudan-grass ou hybride sorgho x sudan-grass) se caractérise par sa capacité de repousse, autorisant plusieurs coupes successives. Sa valeur énergétique est proche de celle d'une graminée fourragère. Il est destiné au pâturage, à la fauche ou à l'enrubannage durant l'été. Il ne contient pas d'ami-

don et s'exploite en plusieurs coupes à partir d'un stade d'environ 60 cm qui permet de minimiser la présence d'acide cyanhydrique.

Les sorghos monocoupes se répartissent en deux catégories: grain et sucrier. Le sorgho grain, cultivé pour la production de graines, peut néanmoins être ensilé. Sa valeur alimentaire, liée à sa teneur élevée en grains (environ 50 % de la MS) présente un intérêt sous forme d'ensilage pour les ruminants. Le stade de récolte doit être maîtrisé pour limiter les taux d'amidon trop élevés, mal valorisés par les vaches laitières (acidose), et éviter des duretés de grains qui les rendent difficiles à éclater. Les variétés de sorgho grain ont une taille réduite (1 m à 1,5 m). Il existe quelques variétés de plus grande taille et mieux valorisables en ensilage.

Des valeurs alimentaires variables

Le sorgho sucrier, commun ou BMR, est uniquement destiné à la récolte en plante entière, tant en ensilage pour les ruminants que pour d'éventuelles valorisations en biomasse. Son rendement en plante entière est supérieur au sorgho grain. Les grains peuvent présenter toutefois des tanins. Sa teneur en amidon est faible (souvent inférieure à 10 % de la MS). Sa valeur énergétique est principalement liée à l'accumulation de sucres solubles dans ses tiges.

Les sorghos sucriers communs ont une valeur énergétique moyenne (faible teneur en amidon). Ils présentent de bons potentiels de rendement et s'avèrent relativement résistants à la verse. La zone de culture reste néanmoins limitée par la tardiveté des variétés disponibles.

Sorgho BMR: la performance énergétique

Les sorghos sucriers BMR ont la particularité d'avoir une lignification différente (moins de fibres), ce qui améliore leur digestibilité et permet des valeurs énergétiques très élevées, équivalentes ou supérieures à celles du maïs ensilage. Cette caractéristique est liée à la présence du gène BMR (Brown mid rid = nervure brune centrale) qui a néanmoins l'inconvénient, comme pour les maïs porteurs de ce gène, de rendre les plantes sensibles à la verse, avec comme conséquence des difficultés de récolte. L'offre variétale reste limitée à des variétés relativement tardives qui ne peuvent être cultivées que dans des régions à bonne disponibilité en tem-

Classement des sorghos : un nouvel outil pour choisir les variétés

Groupe	Rubrique de valeur énergétique	Précocité à l'épiaison	Précocité à la maturité	Dénomination	Catalogue	Obtenteur	Représentant	Date inscription
Groupe 1 (précoce à demi tardif et de taille moyenne)								
1	DU	DP	P	ARBATAX	c	Sud Céréales	Semences de Provence	IT-2011
1	E	DT	DT	BUFFALO GRAIN		M.M.R. Genetics (US)	Semental SAS	2013
1	DU	DP	DP	ES HARMATTAN		Euralis Semences	Euralis Semences	2011
1	DU	P	P	PRIMSILLO		R 2n	RAGT Semences	2010
1	DU	DT	DT	SUPER SILE 18		Triumph Seed CO. (US)	Caussade Semences	2010
1	DU	DP	DP	SURGO		Cal/West Seeds (US)	Jouffray Drillaud SA	2010
1	DU	DP	DP	TOPSILO		R 2n	RAGT Semences	2010
1	DU	DT	DP-DT	VEGGA		R 2n	Semences de France	2012
Groupe 2 (demi tardif à très tardif et de plus grande taille)								
2	PI	T	DT	AMIGGO		R 2n	RAGT Semences	2012
2	DU	(*)	TT	BIG DRAGOON		M.M.R. Genetics (US)	Semental SAS	2013
2	DU	(*)	TT	BIG KAHUNA		M.M.R. Genetics (US)	Semental SAS	2010
2	E	(*)	T	BMR 333	c	Garrison & Townsend (USA)	Barenbrug	IT-2003
2	E	DT	DT	BMR GOLD X	c	Scott Seeds Company	Semences de Provence	IT-2013
2	PI	TT	DT	HERCULES		Sud Céréales	Semences de Provence	2010
2	DU	DT	DT	CHOICE		Hylan - HSR Groups Ptg Ltd (AU)	Semental SAS	2010
2	E	T ps	T	ELITE		M.M.R. Genetics (US)	Semental SAS	2010
2	PI	TT	DT	RGT GGUEPARD		R 2n	RAGT Semences	2014
2	DU	T	DT	SUCRO 405	c	Sud Céréales	Semences de France	IT-2009
2	DU	T	DT	SUCRO 506	c	Sud Céréales	Semences de Provence	IT-2009
2	DU	DT	DT	SUPER SILE 20		Triumph Seed CO. (US)	Caussade Semences	2010
2	E	(*)	TT	SYDNEY		Hylan - HSR Groups Ptg Ltd (AU)	Semental SAS	2011
2	E	DT	DT	SWEET CALIFORNIA	c	Cal/West Seeds (US)	Barenbrug	IT-2010
2	E	DT	DT	SWEET VIRGINIA		M.M.R. Genetics (US)	Semental SAS	2010

c : variétés inscrites au catalogue européen et ayant fait l'objet d'une expérimentation probatoire - ps : pollen stérile - (*) : sensible à la photopériode

Tableau 1 : Présentation des variétés de sorgho fourrager monocoupe inscrites en France ou expérimentées en réseau probatoire en France. Classification de valeur d'usage basée sur les valeurs énergétique : E = ensilage, DU = doubles usages, PI = utilisation principalement industrielle.

pérature, avec des risques de récoltes différées qui exposent la culture à la verse. Certaines variétés ne produisent pas de panicules (sensibilité à la photopériode) ou des panicules sans grains (stérilité mâle).

Les UFL comme critère de classement

Le développement du sorgho fourrager monocoupe a conduit à réaliser, à partir de 2008, des épreuves de valeurs agronomiques et énergétiques de ces sorghos en vue de leur inscription au catalogue officiel français. La teneur énergétique (UFL, unité fourragère lait/kg de matière sèche) est désormais un critère de classification des variétés de sorgho fourrager

monocoupe en fonction de leur usage potentiel (*tableau 1*). Trois catégories de sorghos fourragers monocoups ont été définies, selon leur potentiel de valorisation par les bovins :

- « ensilage » (E) dont les teneurs en UFL apportent une valeur énergétique élevée, pouvant de fait être distribués à des bovins en ration de base quasi exclusive. Pour bénéficier de cette mention, la teneur en UFL doit être strictement supérieure à la moyenne des témoins + 7 points, sachant que les témoins retenus représentent la diversité des variétés étudiées.

- « à usages principalement industriels » (PI) qui s'illustrent par leur forte production en biomasse mais dont les valeurs énergétiques sont

faibles, avec des teneurs en UFL strictement inférieures à la moyenne des témoins moins 8 points.

- « doubles usages » (DU) à teneurs en UFL intermédiaires, appartenant à la plage de teneur en UFL définie par l'intervalle -8 points < témoins < + 7 points.

Pour en savoir plus

Retrouvez le guide technique « *Sorgho : variétés inscrites en France et lutte contre des mauvaises herbes et ravageurs - 2014* » sur www.editions-arvalis.fr.

Un fourrage bien valorisable dans la ration des bovins

La culture de sorgho, plante particulièrement adaptée aux conditions séchantes, contribue à la constitution de stocks fourragers ensilés de bonne qualité. Les différents types de sorghos offrent de nombreuses possibilités de valorisation par les bovins.

A lors que les sorghos grains ensilés permettent d'obtenir un fourrage aux caractéristiques de composition proches de celle d'un ensilage de maïs, les sorghos sucriers à gène bmr (brown mid rib) seront valorisés plutôt comme un ensilage d'herbe préfanée. Ces sorghos, pauvres en grain, ont la particularité d'être plus digestibles en raison de leur moindre lignification.



Les sorghos peuvent être introduits en remplacement total ou partiel du maïs fourrage dans la ration des vaches laitières.

© A. Feraud, ARVALIS - Institut du végétal

Des valeurs nutritives réévaluées en 2013

Depuis janvier 2013, la « valeur d'utilisation » est calculée pour chacune des variétés de sorgho fourrager monocoupe inscrites au catalogue. Ce critère est basé sur la valeur énergétique, calculée par une nouvelle équation de prédiction de la teneur en UFL, mise au point par ARVALIS - Institut du végétal en lien avec le GEVES et établie à partir de mesures de dégradabilité ruminale. Les valeurs énergétiques moyennes pour chaque type de sorgho (figure 1) ont été obtenues avec cette nouvelle équation qui tient compte de la digestibilité de la matière sèche, ainsi que des teneurs en amidon et en matières minérales. Ces valeurs ont été confirmées par des évaluations en stations expérimentales (1) à partir des performances zootechniques des troupeaux.

Sorgho grain ensilé : des caractéristiques proches de celles du maïs

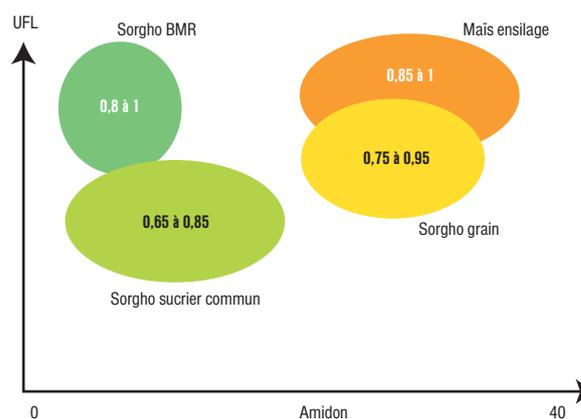


Figure 1 : Valeur énergétique des sorghos.

Source : INRA 2007 et BDD ARVALIS - Institut du végétal

Maintenir les performances laitières avec le sorgho

Utilisé comme fourrage unique, le sorgho grain doit être récolté au stade laiteux pâteux et avoir une teneur en grain élevée (amidon > 25 %). Il permet d'obtenir des productions laitières au moins équivalentes à celles d'un maïs four-

rage même si une baisse d'efficacité laitière (kg lait produit par kg de matière sèche ingérée) est à prévoir. En revanche, des baisses de production laitière de l'ordre de 10 à 15 % ont été observées lorsque le sorgho est récolté au stade pâteux à vitreux du grain ou en cas de faible teneur en amidon. Les sorghos sucriers bmr, introduits dans la ration à hauteur de 50 % de la part fourrage, maintiennent les performances de production laitière dès lors qu'ils sont suffisamment digestibles, avec une augmentation du taux butyreux du lait de l'ordre de 5 à 10 %. Ces résultats, obtenus en stations expérimentales, ont aussi montré que l'efficacité laitière était comparable, voire légèrement supérieure, à un témoin maïs fourrage. Au-delà de 50 % de sorgho dans la ration, la baisse importante de lait brut n'est plus compensée par le taux butyreux élevé de ces rations.

Engraissement de jeunes bovins : bâtir des rations riches en énergie

Le sorgho grain, riche en amidon, doit être haché très fin à la récolte pour être facilement ingestible. L'ensilage de sorgho grain nécessite d'être associé à un autre fourrage, tel que l'ensilage de maïs ou un enrubannage d'herbe. Les essais menés à La Jaillière (44), avec une ration composée à 30 % d'ensilage de sorgho grain, 30 % d'ensilage de maïs et 40 % de concentré, montrent que la ration est bien consommée, permettant ainsi des croissances en vif de plus de 1 600 g/j. Le sorgho sucrier bmr, très digestible, est une bonne source d'énergie sans amidon. Il s'apparente à un ensilage d'herbe jeune préfanée. Distribué comme fourrage seul avec une complémentation à base de céréales et tourteau, le sorgho bmr doit être récolté à une teneur en matière sèche suffisamment élevée pour ne pas pénaliser les consommations de fourrage (viser au minimum 28 % de MS à la récolte). Associer 50 % de sorgho bmr et 50 % de maïs fourrage dans la ration permet de bâtir une ration sécurisée, très digestible, qui allie deux fourrages très complémentaires sur



Le sorgho grain sera privilégié dans les rations des jeunes bovins, moins sensibles aux fortes teneurs en amidon.

© A. Féard, ARVALIS-Institut du végétal

Récolte des sorghos grains : surveiller la finesse de hachage

Sur une panicule de sorgho, la maturité des grains peut être très différente entre le haut et le bas, il est nécessaire de prévoir un hachage plus fin que le maïs pour mieux broyer les grains. Les caractéristiques de composition chimique permettant d'assurer une bonne conservation, le risque principal est la perte de matière sèche et de valeur nutritive par les jus au silo. A la récolte, l'objectif est d'atteindre 30 % de MS minimum (stade laiteux pâteux du grain). S'il n'est pas possible d'atteindre ce taux, il convient de drainer le fond des silos avec une couche de paille (ou reste d'ensilage, assez sec et bien conservé) et d'incorporer un aliment absorbant pour éviter la pollution et récupérer la valeur nutritive des jus avec, par exemple, 5 à 6 kg de pulpe de betterave déshydratée par point manquant et par tonne de fourrage vert.

le plan nutritionnel. Les performances de croissance sont au moins aussi élevées qu'avec une ration 100 % maïs fourrage. L'indice de consommation, de l'ordre de 6 kg de MS ingérée par kg de poids vif produit, est très satisfaisant.

Un bon potentiel économique

Il devient économiquement intéressant d'introduire de l'ensilage de sorgho grain dès lors que le coût de production de la tonne de matière produite est inférieur à celui du maïs. Le remplacement de 50 % de la part d'ensilage de maïs dans la ration des

vaches laitières et des jeunes bovins par de l'ensilage de sorgho bmr, très bien valorisé, permet de conserver le même niveau de marge nette/ JB par rapport à un régime à base d'ensilage de maïs seul dès lors que le potentiel de production du sorgho est supérieur à 80 % de celui du maïs fourrage. À rendement équivalent, l'augmentation de marge nette est estimée à 5 € par 1000 l de lait ou 11 €/JB avec l'introduction de sorgho bmr dans les rations.

(1) : Station expérimentale de La Jaillière (ARVALIS - Institut du végétal) et ferme des Trinottières (Institut de l'Élevage, Chambre d'Agriculture 49).



Il est envisageable d'alléger la dépendance au soja importé en introduisant des tourteaux de tournesol et colza locaux dans les formules destinées aux animaux d'élevage.

Des économies pour les éleveurs **grâce aux tourteaux**

Dans un contexte de dépendance française en protéines du secteur de l'alimentation animale, encore proche de 40 %, les tourteaux de colza et de tournesol constituent une alternative économique favorable par rapport au tourteau de soja plus onéreux.

Malgré une présence marquée du tourteau de soja importé dans les rations alimentaires des animaux d'élevage, les tourteaux de colza et de tournesol participent largement à la fourniture en protéines. Dans les aliments composés, on estime que le tourteau de colza serait utilisé aux deux tiers par les bovins, à 30 % par les porcs et à moins de 2 % par les volailles, alors que ceux de tournesol ont des utilisations plus diversifiées. Les tourteaux de tournesol issus de graines décortiquées, maintenant fabriqués en France (mais aussi importés de la zone mer Noire), ont de fortes teneurs en protéines, qui permettent une incorporation dans les formules plus exigeantes et notamment celles des volailles. Leur qualité nutritionnelle intéressante permet des performances de croissance équivalentes à celles obtenues avec du tourteau de soja.

Colza et tournesol, des tourteaux de qualité

Avec les vaches laitières, le tourteau de colza peut être utilisé sans limite et sur une base de substitution de 1,5 kg pour 1 kg de tourteau de soja. Ses atouts sont : un profil d'acides aminés équilibré (lysine et méthionine), et une richesse en minéraux (P et Ca). Par ailleurs, il a un effet bénéfique sur la production laitière et permet de réduire le taux butyreux tout en augmentant légèrement le taux protéique. Enfin, il permet d'améliorer la composition en acides gras (AG) du lait en augmentant la teneur en AG insaturés.

Depuis quelques années, le tourteau de colza est de plus en plus utilisé dans l'alimentation des porcins. Bien que moins riche en protéines que le tourteau de soja, il a l'avantage de pouvoir rééquilibrer des aliments contenant des matières premières moins riches en acides aminés soufrés tels que

le pois. Le tourteau de colza est utilisé dans les formules à 10 % d'incorporation pour les aliments démarrage et jusqu'à 15 % pour les aliments croissance et finition.

Des essais récents d'incorporation à 10 % ont confirmé en outre le maintien des performances des truies reproductrices et de leur descendance sur le long terme.

Le tourteau de tournesol non décortiqué, lui, a une valeur énergétique plus faible que celle du tourteau de colza. Son incorporation est donc limitée du fait d'une concentration énergétique et azotée limitante chez les animaux en forte croissance, mais il est apprécié pour sa teneur en fibres, chez les truies, les poudeuses et les lapins, et d'une manière générale pour l'absence de composés antinutritionnels. Le semi-décortiquage permet de l'enrichir en protéines. Le décortiquage plus poussé permet l'obtention d'un tourteau High Pro (36 % de protéines).

Un gain assuré avec le tourteau de colza

Les performances de croissance ne sont pas significativement différentes entre les animaux, quel que soit le complément protéique utilisé. En revanche, d'un point de vue économique, le tourteau de colza (produit localement) permet de diminuer le coût de la ration, ou tout au moins, de ne pas l'augmenter par rapport au tourteau de soja (record en juillet 2012 avec 569 €/t). Il s'adapte aux bovins, aux brebis allaitantes ou aux porcs en croissance qui le consomment associé au pois.

Le prix du tourteau de colza doit être inférieur à 77 % du prix du tourteau de soja 48 pour être économiquement intéressant, dans le cas de l'alimentation des jeunes bovins d'élevage ou à l'engraissement.

Il est indispensable pour les éleveurs de suivre l'évolution des cours avant de prendre une décision d'achat. Globalement, son prix d'intérêt par rapport au tourteau de soja est très favorable.

Prix des tourteaux de colza, tournesol et soja



Figure 1

Pour la campagne 2012-2013 en France :

- 4,7 millions de tonnes de graines de colza ont été triturées, produisant 2,5 millions de tonnes de tourteau (1 tonne de graines de colza produit 560 kg de tourteau et 420 kg d'huile) ;
- 1,1 million de tonnes de graines de tournesol ont été triturées, produisant 584 000 tonnes de tourteau (1 tonne de graines de tournesol produit 540 kg de tourteau et 440 kg d'huile).

Le plan « protéines végétales »

Dans le cadre de la nouvelle PAC (Politique agricole commune), 2 % des aides du premier pilier peuvent être recouplées à la production de cultures riches en protéines. La France a choisi de mettre l'accent sur la reconquête de son indépendance protéique, avec un effort ciblé sur le secteur de l'élevage pour favoriser les systèmes avec autonomie fourragère. L'objectif des arbitrages annoncés par Stéphane Le Foll est de garantir la viabilité de filières telles que la production de protéagineux, de luzerne déshydratée ou de semences fourragères, qui ont un effet positif sur l'élevage. Une aide nouvelle pour le soja a été introduite. Cette répartition équilibrée de l'enveloppe doit renforcer les liens entre élevage et productions végétales.

Répartition annuelle des aides couplées destinées aux protéines végétales pour les principales productions :

- 98 M€ : aide entre 100 et 150 € par ha destinée aux éleveurs comptant plus de 5 UGB (herbivores et monogastriques) qui implantent des surfaces en légumineuses fourragères, pures ou en mélange à au moins 50 %
- 6 M€ : soja
- 35 M€ : protéagineux
- 8 M€ : luzerne déshydratée
- 4 M€ : semences fourragères

Source : ministère de l'Agriculture

Tourteaux de tournesol : des qualités et des prix distincts

Les prix des tourteaux de soja, colza et tournesol non décortiqué sont comparés dans la figure 1. Ils montrent le lien fort existant entre les prix des différents tourteaux. L'intérêt économique d'un tourteau de tournesol 36 métropolitain (36 % de protéines) à l'échelle de la France entière a été étudié par le CEREOPA à l'aide du modèle « Prospective Aliments ». Celui-ci simule l'incorporation des matières premières pour le secteur des aliments composés industriels français qui représentait en 2010/2011 plus de 19 millions de tonnes d'aliments. Le modèle prend en compte la particularité des différentes régions en appliquant des coûts de transport spécifiques ce qui permet de tester l'intérêt des matières premières sur les différents bassins de productions animales.

Les simulations ont été réalisées avec des hypothèses de prix des matières premières correspondant aux moyennes des cotations observées sur la campagne 2010/2011 (soit blé = maïs = 214 €/t, tourteau de soja = 327 €/t).

Elles montrent que le prix d'intérêt du tourteau de tournesol non décortiqué se situe toujours à moins de 50 % du prix du tourteau de soja, alors que celui du tourteau de tournesol 36 est proche de 70 %.

Une source d'énergie et de protéines compétitive

Introduire du pois, de la féverole ou du lupin dans les formules constitue un apport énergétique important et protéique de qualité. Produits et consommés localement, leur empreinte carbone et les émissions de gaz à effet de serre sont faibles. L'absence de fertilisation azotée pour ces légumineuses en fait des cultures économes ; enfin ce sont d'excellents précédents culturaux.



En France, dans les années 80 et 90, plus de 3,5 millions de tonnes de protéagineux produites dont deux tiers de pois, étaient essentiellement destinées à l'alimentation animale dans l'Hexagone et à l'export. Le porc charcutier en était le premier utilisateur.

Les protéagineux avaient une place importante dans le bilan en matières riches en protéines françaises, mais celui-ci a toujours été déficitaire : il est passé de 43 % en 1993/1994 à 38 % en 2012/2013. Sur la même période, leur contribution aux besoins en protéines est passée de 16 à 2 %, alors que celle des tourteaux de colza et tournesol a plus que doublé, passant de 15 à 33 %. Produits à proximité des bassins d'élevage, les protéagineux représentaient moins de 190 000 ha en 2013 (pour une

production nationale de 805 000 t). Ce sont pourtant des matières premières de qualité à la fois sources de protéines, de lysine et d'énergie, du fait de leur richesse en amidon (sauf le lupin qui en est exempt).

Energie et protéines bien valorisées

Pois et féverole fournissent à la fois de l'énergie comme les céréales et des protéines comme le soja, lesquelles sont très bien valorisées en alimentation animale.

Le pois : les variétés inscrites au catalogue français sont adaptées à l'alimentation animale. Qu'elles produisent des grains jaunes ou verts, la valeur nutritionnelle est la même.

Elles sont à fleurs blanches, donc sans tanins, à très faible activité antitryptique (2 000 à 6 000 UTI/g) et à teneur élevée en protéines (22 à 24 % MAT/MS), riches en lysine, un acide aminé

indispensable à la croissance animale. Les graines de pois sec sont riches en énergie, apportée notamment par l'amidon.

La féverole : la composition de la graine de féverole (énergétique, puisque riche en amidon) est proche de celle du pois protéagineux. Il existe néanmoins une forte variabilité entre les variétés de féverole, en fonction des teneurs en protéines (> 29 % de la MS) et en facteurs antinutritionnels comme les tanins et la vicine-convicine. Ces derniers constituants ont tendance à réduire le poids de l'œuf des poules pondeuses qui en consomment.

Porcs, volailles et ruminants friands de protéagineux

Le pois : les pois secs sont surtout destinés aux porcs (85 % des volumes) et aux volailles (notamment des filières qualité). Les « pailles » sont parfois données à manger aux ruminants.

Composition et valeur alimentaire (par rapport au produit brut)

		Pois	Féverole		Tourteau soja 48
			Fleurs colorées	Blanche (Fevita)	
Composition	Matière sèche (%)	86	86	86	88
	Protéines (%)	20,7	25,4	26,8	45,3
	Amidon (%)	44,6	38,3	37,3	-
Porcs	EN (kcal/kg)	2350	2160	2200	1940
	CUD protéines (%)	84	80	84	87
Volailles	EM aliment granulé/coq (kcal/kg)	2670	2450	2630	2280
	CUD protéines (%)	85	80	90	92
Ruminants	UFV et UFL	1,04	1,04	1,03	1,06
	PDIE (g/kg)	83	97	97	229
	PDIN (g/kg)	130	162	170	331

Source : AFZ - INRA, 2004

Les porcs français consomment près de 8 millions de tonnes de matières premières. Avec un taux d'incorporation moyen de 20 % (les taux maximum observés dans le passé étant de 35 à 40 %), ils pourraient consommer plus d'1,5 million de tonnes de pois.

En porc, le mélange de pois et tourteau de colza permet de s'approcher de la valeur énergétique du tourteau de soja auquel il peut donc se substituer, et s'apprécie par les teneurs en acides aminés indispensables (lysine, méthionine et cystine). Un équilibre en acides aminés digestibles est indispensable et une complémentation en tryptophane est parfois nécessaire.

La féverole : toutes les féveroles conviennent aux ruminants. Les jeunes bovins peuvent en consommer 2-3 kg/j et les vaches laitières jusqu'à 6 kg/j.

Pour les porcs (10 % pour la truie et le futur reproducteur, 20 % pour le porcelet 2^e âge et 35 % pour le porc en croissance finition) et les volailles de chair, les féveroles sans tanins (fleurs blanches) conviennent mieux.

Les variétés de féverole à faibles teneurs en vicine et convicine peuvent être incorporées à hauteur de 15 % dans les formules pour poules pondeuses.

Le décorticage de la féverole permettrait de disposer de sources plus concentrées en protéines et en énergie et dépourvues de tanins.

Des rations moins chères avec protéagineux et tourteau de colza

Les protéagineux remplacent avantageusement les tourteaux de soja coûteux. Ces matières premières locales de qualité sont directement utilisables sans nécessiter de processus industriel sophistiqué.

Pour exemple, depuis 2006, la notice technique « volailles de chair Label Rouge » indique que les protéagineux entrent dans la mention « 80 % minimum de céréales, sous-produits des céréales et graines de légumineuses ». Cette incorporation est économiquement intéressante pour les producteurs. Par ailleurs, elle permet de répondre aux exigences des cahiers des charges sans OGM. Elle permet



Les protéagineux sont des matières premières de qualité (protéines, amidon...) adaptées à l'alimentation animale.

Des performances maintenues

Matières protéiques en %	Porc croissance		Porc finition	
Blé	82,5	61,9	85,1	66
Tourteau soja	14,3	0	11,9	0
Tourteau colza	0	9,5	0	6
Pois	0	25,4	0	25
AM + AA en %	3,2	3,2	3	3
EN (MJ d'EN/kg)	9,9	9,7	10	9,8
Prix de 100 MJ EN	100	97	100	97
Prix en €/t soja = 100	100	94	100	96

Source : IFIP - Institut du porc

Formulation réalisée sur une conjoncture de décembre 2009 et qui compare des régimes classiques avec tourteau de soja à des régimes incorporant pois et tourteau de colza simultanément.

ainsi d'améliorer le prix d'intérêt du pois et encore plus celui de la féverole d'au moins 15 % par rapport aux formules pour poulets standard.

Des cultures « vertes »

Le pois et la féverole, en apportant des sources de protéines locales, permettent de réduire l'impact carbone des formules. Leurs valeurs d'émissions de GES sont parmi les plus faibles du fait de l'absence de fertilisation azotée spécifique aux légumineuses.

Cet atout est important pour les formules volailles fortes consommatrices en tourteaux de soja, dont les valeurs d'émissions de GES sont élevées du fait notamment de leur importation.

L'introduction de 10 % de pois dans les formules pour poules pondeuses permettrait, à l'échelle de la France entière, de réaliser une économie de 10 % des GES et représenterait une économie de 110 000 tonnes d'équivalent CO₂.

Introduire un pois ou une féverole dans la rotation permet aussi de réduire l'émission de gaz acidifiants et la consommation de produits phytosanitaires à l'échelle de la rotation.

Du fait de son cycle court et précoce, le pois consomme peu d'eau.

Lexique :

AM : aliment minéral

GES : gaz à effet de serre

MAT : matières azotées totales

MS : matière sèche

De nouveaux débouchés en alimentation animale

D'une concentration protéique élevée, le soja est un aliment incontournable à l'échelle mondiale pour l'élevage. Aujourd'hui, des travaux sont menés afin de mieux valoriser les productions locales, notamment en incorporant des graines crues ou du tourteau gras dans les formules.

Remplacer le tourteau de soja par des graines métropolitaines est possible sous réserve de les traiter thermiquement, afin de désactiver les facteurs antitrypsiques.



© L. Jung, CETIOM

Le soja tire son succès de la richesse de ses graines en protéines digestibles et de la qualité des matières grasses, qui rendent économiquement rentable la séparation de ces deux constituants en tourteaux et en huile. En 40 ans, le tourteau de soja très riche en protéines est devenu la matière première n° 1 utilisée dans le monde en alimentation animale avec 186 millions (Mn) de tonnes en 2013/2014. L'Union européenne n'échappe pas à cette domination avec 29,5 Mn de tonnes de tourteaux de soja consommés en 2013/2014 pour un total tous tourteaux de 52 Mn de tonnes. Son huile est la 2^e plus consommée (43,6 Mn de tonnes en 2013/2014) derrière le palme (58,5 Mn de tonnes).

Des graines de soja crues pour les porcins

L'introduction des graines de soja crues dans l'alimentation des porcs vise à améliorer l'autonomie protéique des élevages français. Ceux qui fabriquent de l'aliment à la ferme utilisent systématiquement du tourteau de soja importé dans leurs formules.

La principale barrière à la substitution du tourteau de soja par des graines de soja crues provient des facteurs antitrypsiques (FAT, mesurés en UTI/g), responsables d'une forte diminution de la digestibilité des protéines chez les monogastriques (porcs, volailles). Seul un traitement thermique adapté permet de les désactiver.

Des variétés de soja dont la teneur en FAT est diminuée de moitié (25000 UTI/g

Composition fourragère moyenne des graines de soja (en % du produit brut à 11 % d'humidité)

Protéines	35
Matières grasses	18
ENA (1)	22
Cellulose brute	5
ADF (2)	8,4
NDF (3)	12
Matières minérales	4,45

Principaux minéraux

Calcium	0,28
Phosphore	0,55
Sodium	0,01
Potassium	1,83
Chlore	0,02
Magnésium	0,31

Composition en acides aminés

Lysine	2,16
Méthionine	0,53
Méthionine + Cystéine	1,09
Tryptophane	0,44
Thréonine	1,40
Glycine + Sérine	3,35
Leucine	2,63
Isoleucine	1,68
Valine	1,66
Histidine	0,98
Arginine	2,74
Phénylalanine + Tyrosine	3,04

(1) ENA : extractif non azoté (glucides)

(2) ADF : Acid Detergent Fiber (ligno-cellulose)

(3) NDF : Neutral Detergent Fiber (parois végétales)

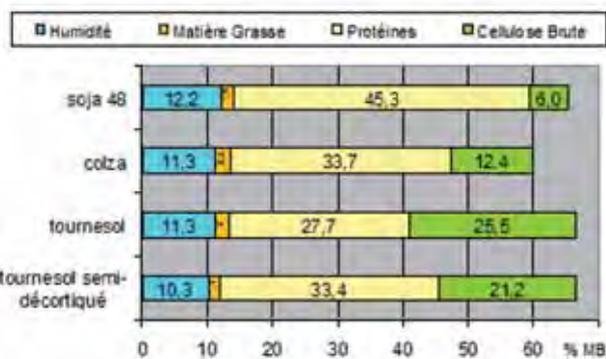
Source : INRA-lo7, 2002

de graine contre environ 50000 UTI/g chez les variétés habituelles) sont à l'étude.

Les tests menés sur truies ont montré qu'une formule autonome en protéines (sans tourteaux de soja importés) comportant 5 % de graines de soja classique n'entraînait aucune dégradation des performances. De même sur truies allaitantes, les graines crues peuvent être introduites à 8 %.

Chez le porcelet, l'introduction de graines de soja crues dans sa ration est possible dès lors qu'il a atteint un poids de 14 kg. La teneur en facteurs antitrypsiques ne doit pas dépasser 3000 UTI/g d'aliment pour ne pas dégrader les performances : la proportion de graines de soja crues dans l'aliment se limite dans le meilleur des cas à 5 % avec les variétés actuelles. Cette teneur maximale de 3000 UTI/g est à respecter pour le porc charcutier.

Comparaison des compositions des tourteaux de soja 48, colza et tournesol non décortiqué et semi-décortiqué



(données INRA-AFZ, 2004)

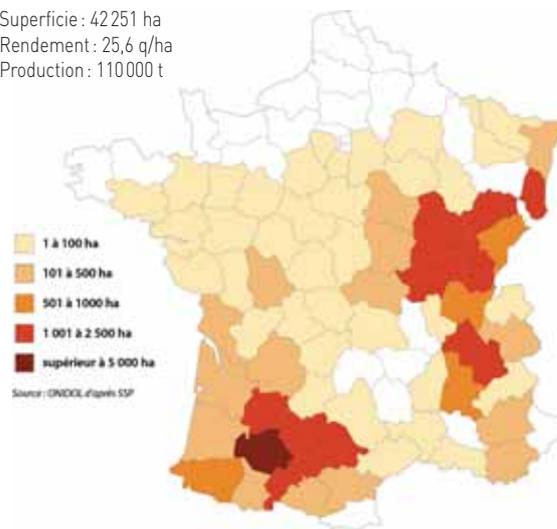
Produire plus de tourteau de soja gras local

Une récente étude visait à comprendre dans quelles conditions un tourteau de soja gras produit localement pouvait être incorporé par les fabricants d'aliments en France. Elle vient compléter l'évaluation de la faisabilité technico-économique d'une filière complète « de la graine à l'animal ». Elle est basée sur du soja cultivé en France et transformé en tourteaux gras dans des unités de petite à moyenne capacité, ancrées dans les bassins de production. Le secteur visé est celui de la fabrication d'aliments composés, qui pèse 22 Mn de tonnes en France et concerne majoritairement les monogastriques, principaux consommateurs du tourteau de soja.

Dans le modèle « Prospective Aliment » du CEREOPA, qui permet d'optimiser les formules d'aliments au niveau régional, une nouvelle matière première « virtuelle » a été introduite : le tourteau gras de soja. L'hypothèse a été faite que ce tourteau gras de soja était délivré par deux usines d'environ 30000 t de graines/an (24000 t de tourteau gras/an), l'une implantée en Rhône-Alpes dans l'Ain et l'autre dans le Sud-Ouest dans le Gers au cœur des grandes régions de culture du soja (la demande en soja non OGM a été prise en compte). Les simulations indiquent que dans un contexte de prix de matières premières 2012/2013 (énergie chère avec ratio soja/blé faible, prime non OGM aux alentours de 60 €/t de tourteau), le prix d'intérêt du tourteau de soja gras serait 9 % plus élevé que celui du tourteau non OGM d'importation et ce, pour un volume disponible de 50000 t de tourteau gras. Si la quantité de tourteau gras local augmentait, ce prix baisserait logiquement.

Superficies, rendements et productions du soja en France en 2013

Superficie : 42251 ha
Rendement : 25,6 q/ha
Production : 110000 t



Du tourteau de soja gras local pour régaler la volaille

Si on examine quelles formules et donc quelles espèces consommeraient ce tourteau de soja gras local, on découvre sans surprise que les volailles engloutissent la majorité du disponible loin devant les porcins et qu'il s'agit surtout de filières exigeant du non OGM dans leur cahier des charges. Ainsi, dans le Sud-Ouest, le canard croissance et finition, et dans une moindre mesure, le porcelet constitueraient la partie locale du débouché dans le cas d'une usine de 30000 t de graines/an. Le poulet label dégage certes un volume important mais à un prix d'intérêt un peu inférieur (+5 % au-dessus du tourteau de soja tracé non OGM d'importation). Dans le Sud-Est, les poulets seraient les consommateurs locaux de la production de tourteau de soja gras local, la poudeuse représentant elle aussi un volume important mais à un prix d'intérêt inférieur (+5 % au-dessus du tourteau de soja tracé non OGM d'importation).

L'introduction de graines de soja crues locales dans la ration du porcelet est possible dès lors qu'il a atteint un poids de 14 kg.



© C. Lupatelli, Proléa