



MAÏS FOURRAGE 2019 : UN BILAN CONTRASTÉ

Nous proposons dans ce numéro une valorisation des données de composition et de valeurs nutritives des maïs fourrage de la récolte 2019 obtenues auprès de 25 organismes : Wisium, LG, Provimi, Océalia, Alicoop, MiXscience, Sanders, Nutréa, Germ-Services, Evialis, Laboratoire CESAR, LORIAL, Seenovia, Terrena, Neolait, Oxygen, DFP Nutraliance, IDENA, Eurofins, Optival, Eilyps, Union Laitière de la Meuse, RAGT Plateau central, Euralis et Feedia.

L'étude porte sur des échantillons de fourrage « vert » prélevés à la récolte (n = 7432) ou « fermenté » prélevés à l'ouverture du silo (n = 7576) et issus du territoire métropolitain, en excluant les échantillons issus des réseaux d'expérimentation.

Les compositions chimiques (sauf teneur en Matière Sèche, MS) sont données pour le fourrage fermenté, après application des équations de passage « vert à fermenté ». Les valeurs alimentaires sont calculées pour le fourrage fermenté avec les équations d'énergie brute et de digestibilité de la matière organique applicables sur maïs fourrage (colloque ARVALIS - INRA du 17/11/2016).

L'analyse des données a été faite par ARVALIS - Institut du végétal.



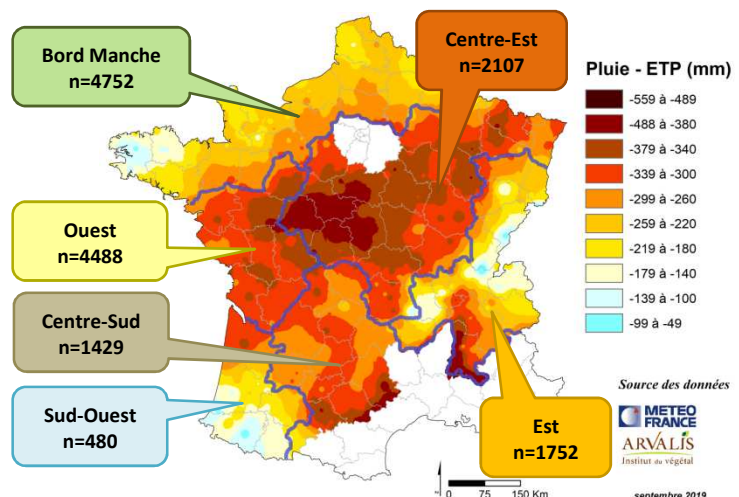
Majoritairement semés sur la 1^{ère} décade de mai, les maïs ont eu un développement lent en début de cycle en raison de températures fraîches de début mai jusqu'à mi-juin. À cette date, le cumul de températures affiche un déficit compris entre 50 et 100 degrés-jour (base 6) par rapport à la médiane 1998 - 2017. De nombreux dégâts de ravageurs (corvidés, sangliers, taupins, mouches des semis) ont été observés après les semis.

Le fait le plus marquant de la campagne reste le fort déficit hydrique, aussi notable qu'en 2018, mais plus précoce et aggravé par deux périodes de températures caniculaires, fin juin et fin juillet. Dans les régions les moins arrosées, les premiers symptômes de stress hydrique ont pu être observés dès la fin du mois de juin. Les pluies sont revenues après la floraison, entre fin juillet et début août, mais de façon inégale sur le territoire. Néanmoins, cela a permis un remplissage correct des grains. La fin de cycle s'est déroulée sous un climat plus frais, avec un régime de pluie proche de la normale. L'évolution des plantes a été plutôt lente en fin de cycle.

Les premiers chantiers d'ensilage ont commencé tôt, début août dans les situations les plus critiques, mais ils ont été beaucoup plus étalés que l'année passée. Les rendements sont à la baisse un peu partout et extrêmement variables, de 5-6 à 17-18 t MS/ha, soit inférieurs de 50 % à la normale sur certains secteurs jusqu'à des situations proches de la normale. Les bassins Pays de la Loire, Poitou - Charentes, Centre - Val de Loire, Auvergne, Bourgogne, Franche - Comté et Lorraine sont ceux où les maïs fourrage ont le plus souffert de la sécheresse. Le rendement moyen 2019 s'élève à 11,3 t MS/ha, en retrait de 1,1 t MS/ha par rapport à la moyenne quinquennale (Agreste - Statistique Agricole Annuelle 2019).

À partir des données météorologiques, les 6 zones définies afin de synthétiser les résultats de composition chimique et de valeur alimentaire des maïs fourrage de la récolte 2019 sont : Bord Manche, Centre-Est, Centre-Sud, Est, Ouest et Sud-Ouest (figure 1).

Figure 1 - Bilan hydrique potentiel « Pluie-ETP » de l'année 2019 sur la période du 16/06 au 31/08/2019 et zones définies (n=nombre de données par zone), avec ETP : Evapotranspiration Potentielle)



Ensilages de maïs 2019 : une qualité moyenne et très hétérogène

La base de données des maïs fourrage 2019 comporte 15008 échantillons provenant de 73 départements des différentes régions françaises. Plus de 10 échantillons ont été analysés dans chacun d'eux. L'exploitation de cette base de données a permis de mener une étude spatiale, dont les moyennes par zone sont reprises dans le tableau 1. Les données de composition chimique et de valeur alimentaire présentées par zone ont été pondérées par les surfaces de maïs de chaque département (Agreste 2017).

Tableau 1 - Résultats de composition et estimation de la valeur nutritionnelle des maïs fourrage 2019.

	Zone "BORD MANCHE" 2019		Zone "CENTRE-EST" 2019		Zone "CENTRE-SUD" 2019		Zone "EST" 2019		Zone "OUEST" 2019		Zone "SUD-OUEST" 2019	
Nombre d'échantillons analysés	4752		2107		1429		1752		4488		480	
Critères analysés, % MS	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET
Matière Sèche, %	33,3	4,0	33,3	4,8	35,0	5,3	33,3	4,6	34,2	4,8	33,0	4,2
Matières Azotées Totales	7,1	0,9	8,2	1,1	7,5	1,0	7,9	1,0	7,7	1,1	7,4	0,7
Cellulose Brute	20,0	2,2	21,2	2,4	20,1	2,4	19,4	2,5	19,6	2,6	19,8	2,3
NDF	41,6	4,0	43,7	4,6	41,9	4,7	41,0	4,7	42,5	4,9	39,0	4,5
Amidon	31,8	5,4	22,8	7,7	30,4	6,9	29,0	7,0	27,4	7,7	33,2	5,9
Critères calculés												
dMO M4.2, % MO	71,6	1,7	72,2	1,7	72,1	2,0	72,7	1,9	72,4	1,8	71,8	2,0
UFL, /kg MS	0,92	0,03	0,92	0,03	0,92	0,03	0,93	0,03	0,93	0,03	0,92	0,04
PDIN, g/kg MS	44	5	50	7	46	6	49	6	47	6	45	4
PDIE, g/kg MS	67	3	69	3	69	3	69	3	69	3	68	3
dNDF, %	50,9	4,2	54,6	4,1	52,3	4,3	52,6	4,3	53,6	4,3	47,9	4,2
DMOna, %	57,4	3,7	63,1	3,9	58,9	4,1	60,6	4,0	61,0	4,3	56,7	3,4
Amidon dégradable, g/kg MS	264	45	185	60	246	57	239	57	222	62	277	47
UEL, /kg MS	0,97	0,05	0,96	0,06	0,95	0,06	0,95	0,10	0,95	0,10	0,97	0,06

Avec ET : Ecart-Type ; MS : Matière Sèche ; dMO : digestibilité de la Matière Organique ; UFL : Unité Fourragère Lait ; PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin - « N » avec l'azote dégradable comme facteur limitant de l'activité microbienne et « E » avec l'énergie comme facteur limitant de l'activité microbienne du rumen ; dNDF : digestibilité des fibres insolubles dans le détergent neutre ; DMOna : Digestibilité de la Matière Organique, rapportée à la fraction MO moins amidon ; UEL : Unité d'Encombrement Lait

Zones Ouest, Est et Centre-Sud : une année mitigée

✓ Les teneurs en MS à la récolte ont été assez élevées, avec **40 % des ensilages réalisés à plus de 35,0 % MS sur ces 3 zones.**

✓ La composition chimique moyenne des maïs est assez proche sur ces zones. Les **teneurs en amidon moyennes sont correctes : entre 27,4 et 30,4 % MS** mais l'hétérogénéité est forte intra-zone. **La qualité des tiges et des feuilles est correcte** du fait de durées de cycle raccourcies à cause du stress hydrique précoce. La digestibilité des fibres (dNDF) moyenne est de 53,6 - 52,6 et 52,3 % sur les zones Ouest, Est et Centre-Sud

✓ Les valeurs énergétiques estimées sont correctes : 0,92 à 0,93 UFL/kg MS en moyenne, avec des maïs « équilibrés » dans leur apport énergétique entre amidon et qualité de l'appareil végétatif.

Zones Bord Manche et Sud-Ouest : une année correcte

✓ Les teneurs moyennes en MS à la récolte ont été dans la plage des recommandations sur ces zones, mais ne traduisent pas toujours l'avancement des plantes (zone Bord Manche) à cause des conditions très humides en fin de cycle.

✓ **Les ensilages de maïs sont bien pourvus en grain sur ces zones, avec des teneurs en amidon médianes de 32,2 et 33,1 % MS.** En revanche, **la qualité des tiges et des feuilles est assez pauvre.** La dNDF médiane des maïs

de la zone Bord Manche est de 51,0 %, qui s'explique par une durée de cycle de végétation plus longue que sur les autres régions. Sur la zone Sud-Ouest, la dNDF médiane est de 47,7 %. Les hybrides utilisés dans ce bassin, plus typés grain, sont probablement un facteur d'explication.

✓ **Ces maïs fourrages à « profil amidon » présentent une valeur énergétique correcte malgré leur plus faible digestibilité des tiges et des feuilles.** Ils sont adaptés aux rations « mixtes » incorporant une part d'herbe significative.

Zone Centre-Est : des maïs pauvres en amidon mais encore bien digestibles

✓ Sur cette zone, la teneur en MS moyenne des ensilages de maïs a été correcte, en moyenne de 32,6 % MS. **25 % des chantiers ont été réalisés à moins de 30 % MS**, souvent sur des maïs ne présentant pas ou peu de grains.

✓ Le stress hydrique a fortement pénalisé les rendements. Ces maïs sont caractérisés par une teneur en matières azotées totales très élevée : 50 % des maïs ont une teneur supérieure à 8,0 % MS. **Les teneurs en amidon sont très faibles : 50 % des maïs présentent une teneur inférieure à 23,0 % MS.** À la récolte, **la digestibilité des tiges et feuilles est restée très élevée, la médiane de la dNDF se situant à 54,4 %.**

✓ Les chantiers réalisés précocement ont permis de récolter un fourrage très digestible et donc de maintenir une valeur énergétique correcte malgré leur faible teneur en amidon. L'hétérogénéité est très marquée sur cette zone.

Un peu plus d'amidon qu'en 2018, des fibres bien digestibles

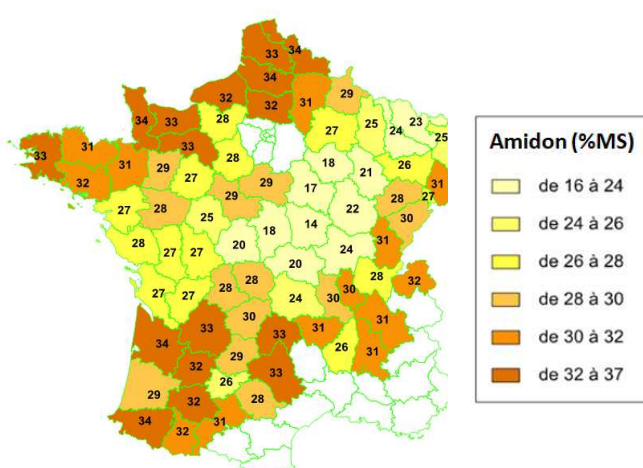
Une large dispersion est observée à nouveau cette année quant à la provenance de l'énergie des maïs fourrage.

La teneur moyenne des ensilages en amidon dégradable dans le rumen est en légère hausse avec près de 16 g/kg MS, soit 7 %, de plus qu'en 2018. Cette plus forte teneur en amidon dégradable est due à la teneur en amidon total plus élevée de 1,4 point (figure 2) et une teneur en MS inférieure de 1,8 point par rapport à 2018. Sur les maïs atypiques présentant un ratio tiges + feuilles / grains élevé, la teneur en MS plante entière n'est pas toujours représentative de l'évolution du grain, et pourrait ainsi sous-estimer la dégradabilité de l'amidon.

Le maïs fourrage moyen 2019 devra tout de même être complété sur le plan énergétique. Dans de nombreux cas, il conviendra de choisir des aliments apportant de l'amidon rapidement dégradable (type céréale à paille) ou des glucides solubles en complément de l'ensilage de maïs.

La teneur moyenne en amidon, de l'ordre de $29,7 \pm 6,3$ % MS à l'échelle nationale, est inférieure d'1 point à la moyenne quinquennale 2014 - 2018 et montre une très grande variabilité. Les maïs cultivés dans la zone Centre-Est ont été particulièrement touchés par la sécheresse de cet été. Dans ces régions, les teneurs en amidon des ensilages sont très faibles, de l'ordre de $22,8 \pm 7,7$ % MS, avec une forte variabilité intra-région. Cette hétérogénéité peut s'expliquer par des différences de potentiel de sol, des orages très localisés dans certaines zones et la possibilité d'irriguer ou non. En revanche, comme en 2018, les ensilages de maïs récoltés dans les régions Bord Manche et Sud-Ouest présentent des teneurs en amidon assez élevées.

Figure 2 - Teneurs en amidon total (%) des ensilages de maïs par département



Données (N=15 008) traitées par ARVALIS - Institut du végétal à partir des contributions de : Wisium, LG, Provimi, Océalia, Alicoop, Mixscience, Sanders, Nutréa, Germ-Services, Evialis, Laboratoire CESAR, LORIAL, Seenovia, Terrena, Neolait, Oxygen, DFP Nutraliance, IDENA, Eurofins, Optival, Eilyps, Union Laitière de la Meuse, RAGT Plateau central, Euralis, Feedia.

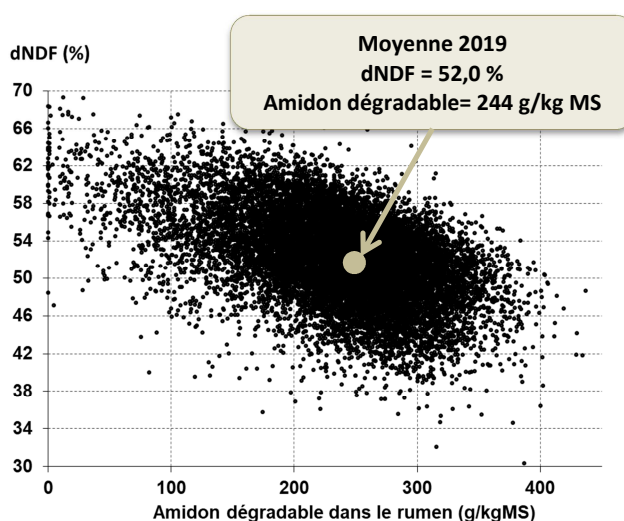
Information sur les recherches en cours : Des travaux sont actuellement en cours à ARVALIS pour prédire la dégradabilité de l'amidon en fonction de la qualité d'éclatement du grain en interaction avec la durée de conservation et le stade de récolte.

Ces maïs devront donc être intégrés avec précaution dans les rations des vaches laitières pour assurer un bon confort digestif. Un apport d'herbe sous forme ensilée ou enrubannée dans la ration pourra être réalisé pour ne pas dépasser le seuil de 25 % MS d'amidon dans la ration (ou 20-22 % MS d'amidon dégradable).

La dNDF est bonne cette année, en moyenne égale à 52,0 %. Ce bon niveau se retrouve notamment dans les régions où les ensilages ont été récoltés précocement, c'est le cas des maïs des zones Centre-Est et Ouest qui présentent une dNDF moyenne de 54,6 % et 53,6 %. Sur ces secteurs, les chantiers de récolte précoces et le stress hydrique de l'été ont limité la lignification des tissus et préservé ces jeunes plantes de la sénescence accélérée de la fin de cycle. Une autre hypothèse est que l'appareil végétatif des plantes de petite taille serait plus digestible que celui des plantes à gabarit important. La dNDF plus faible des maïs récoltés dans les zones Bord Manche et Sud-Ouest est souvent liée à une durée de cycle plus longue pour l'un, et à l'utilisation de génétiques plus typées « grain » pour l'autre.

Les provenances de la valeur énergétique des 15008 échantillons de maïs fourrage 2019 de cette étude sont présentées graphiquement (figure 3) sur les 2 axes « Amidon dégradable » et « dNDF ». Ces deux critères peuvent être utilisés pour préciser la composition des rations à base d'ensilage de maïs. Par exemple, cela permet de choisir les aliments complémentaires selon que l'ensilage apporte plus ou moins d'amidon dégradable dans le rumen ou de vérifier que la ration comporte suffisamment de fibres indigestibles indispensables à la rumination.

Figure 3 - Valeurs énergétiques représentées selon les critères « Amidon » et « dNDF » (chaque point représente un échantillon).



Précisions sur les méthodes d'analyses et de calculs

Les critères pour décrire le maïs fourrage

La teneur en Matière Sèche (MS) est un indicateur du stade de récolte : il y a une corrélation entre teneur en MS et teneur en amidon, le remplissage des grains n'étant pas terminé au stade de récolte de l'ensilage.

La teneur en amidon est un indicateur de la teneur en grain : elle résulte des choix génétiques, des conditions de culture et du stade de récolte ; elle ne préjuge pas de la digestibilité des tiges et feuilles, sauf quand une même culture est suivie à des stades successifs (dans ce cas, la digestibilité de la partie végétative diminue au fur et à mesure de l'augmentation de la teneur en amidon avec la maturité).

La teneur en protéines est calculée en analysant l'azote et en multipliant par 6,25 : c'est la « Matière Azotée Totale » (MAT) à partir de laquelle on calcule les PDIN et les PDIE. La teneur en MAT est d'autant plus faible que le stade est tardif et le rendement élevé.

La teneur en fibres est mesurée selon plusieurs méthodes d'analyses : il s'agit toujours d'une méthode « gravimétrique » : après différentes « attaques » chimiques ou enzymatiques au laboratoire le résidu est pesé. La méthode la plus ancienne détermine la « Cellulose Brute » (CB). Une autre méthode (Van Soest) donne le résidu fibreux après traitement au détergent en milieu neutre (NDF), en milieu acide (ADF), ou encore en milieu acide renforcé (ADL). En première approximation, l'ADL peut être considéré comme la quantité de lignine, l'ADF la somme de la lignine et de la cellulose, tandis que le NDF est le total lignine + cellulose + hémicellulose. La valeur du résidu NDF est en effet assez proche de la quantité totale des fibres insolubles au sens chimique.

La méthode choisie depuis 1995 pour estimer la digestibilité du maïs fourrage est une méthode enzymatique où le résidu de fourrage est pesé après 3 attaques enzymatiques successives (amylase, pepsine et cellulase). Les bulletins d'analyse expriment ce qui a disparu ; le résultat est noté Dcell (Digestibilité cellulosique) ou DCS (Digestibilité Cellulosique exprimé sur Sec) ou fait référence à l'auteur de la méthode utilisée en France (J. Aufrère).

Référence bibliographique

Peyrat J., Nozière P., Féraud A., Le Morvan A., Protin P.V., Baumont R., 2014. Digestibilité de l'amidon et des parois végétales du maïs fourrage : conséquences sur la prévision de sa valeur nutritive. Renc. Rech. Ruminants, 21, 135-138.

Le calcul des valeurs nutritionnelles

La valeur énergétique du maïs fourrage (vert) est calculée en France en se basant sur l'équation « Modèle 4.2 » (M4.2) ; qui est la mise à jour du modèle M4 avec les nouvelles références de dMO obtenues récemment (Peyrat *et al.*, 2014). Cette équation officielle a été retenue pour les besoins des essais conduits en vue de l'inscription des nouvelles variétés au catalogue ; elle est aussi utilisée pour les besoins des éleveurs.

La prédiction de la valeur azotée du maïs fourrage ne prévoit pas d'adapter les coefficients du calcul au stade de récolte. La teneur en PDIA calculée à partir des analyses est toujours égale à 21,8 % de MAT, celle en PDIN est toujours égale à 61,5 % de MAT. Pour le calcul des PDIE, l'énergie disponible dans le rumen pour la synthèse microbienne intervient également. En revanche la valeur PDIE réelle des ensilages récoltés tardivement est inférieure au calcul conventionnel car une partie de l'amidon n'est pas disponible dans le rumen (jusqu'à 30 % pour des grains vitreux, au lieu de 5 à 10 % aux stades « normaux » d'ensilage).

Les nouvelles références acquises par l'INRA et ARVALIS - Institut du végétal (Peyrat *et al.*, 2014) permettent une quantification plus précise du devenir de l'amidon et des parois végétales dans le tube digestif afin de mieux prévoir les orientations fermentaires dans le rumen, les interactions digestives, les flux de nutriments et de gaz, et la matière organique fermentescible par les microorganismes pour leur synthèse. Ainsi, le nouveau mode de calcul de la valeur alimentaire dans le système d'alimentation INRA (projet SYSTALI) tient compte des quantités d'amidon et de parois végétales digérées dans le rumen dans la prévision de la MOF qui détermine directement la valeur PDIE des aliments. Les deux nouveaux indicateurs disponibles depuis l'automne 2016 sont :

- ✓ La quantité de parois non digestibles (NDFnd) qui est estimée à partir de la prévision de la dMO, et qui permet de calculer la digestibilité des parois végétales NDF (ou dNDF). La digestibilité des tiges et feuilles peut être approchée avec la DMO_{na} (Expression de la DMO, rapportée à la fraction MO moins amidon), ce qui permet de prendre en compte la teneur en contenu cellulaire 100 % digestible.
- ✓ La dégradabilité dans le rumen de l'amidon (DT6 amidon) qui peut être prévue à partir des teneurs en MS et en amidon du fourrage vert. La teneur en amidon dégradé dans le rumen peut ensuite être calculée par la relation :
Amidon Dégradable = Amidon x DT6 amidon

L'ensemble des équations utilisables pour le calcul de la valeur alimentaire du maïs fourrage est repris dans la brochure éditée en novembre 2016 : « Prévoir la digestibilité et la valeur énergétique du maïs fourrage – Guide des nouvelles références » téléchargeable sur le site <http://www.arvalis-infos.fr/> ; rubrique fourrages.

Comité de rédaction :

Hugues CHAUVEAU, Michel MOQUET

Rédaction :

Justine DANIEL

Editeur :

ARVALIS - Institut du végétal

3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS

www.arvalisinstitutduvegetal.fr