



MAÏS FOURRAGE 2017 : DE LA QUALITE EN QUANTITE

Nous proposons dans ce numéro une valorisation des données de composition et de valeurs nutritives des maïs fourrage de la récolte 2017 obtenues auprès des organismes : MiXscience avec Sanders, Eivalis, GERM-SERVICES, Laboratoire CESAR, ALICOOP, OCEALIA, Atlantic Conseil Elevage, Elevage Conseil Loire Anjou, DFP Nutraliance, Prisma, Bretagne Conseil Elevage Ouest, CLASEL, EILYPS, Optival et Union Laitière de la Meuse.

L'étude porte sur des échantillons de fourrage vert prélevés à la récolte (n = 4082) ou fermenté prélevés à l'ouverture du silo (n = 3352) et issus du territoire métropolitain, en excluant les échantillons issus des réseaux d'expérimentation.

Les compositions chimiques (sauf teneur en 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 nouvelles équations d'énergie brute et de DMO applicables sur maïs fourrage (colloque ARVALIS - INRA du 17/11/2016).

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



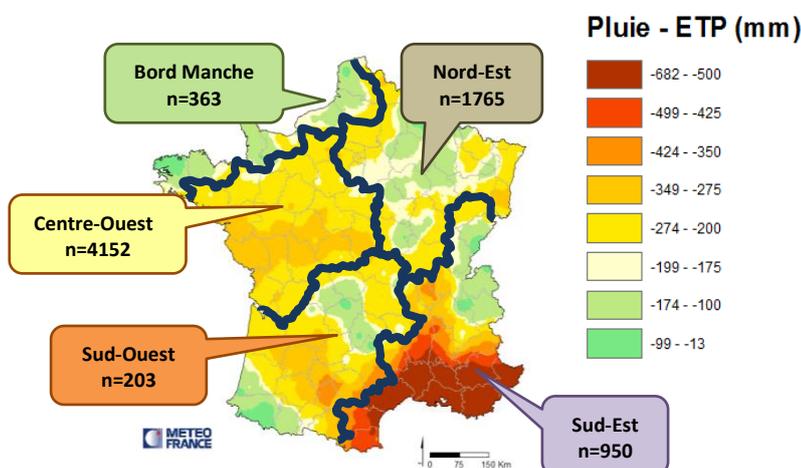
La campagne a débuté par des semis réalisés précocement en avril, voire mai pour la Bretagne et l'Aquitaine. Les gelées d'avril n'ont pas eu d'incidence dans le Nord, le Nord-Est et le Centre, même sur les premiers semis alors au stade 2-3 feuilles. Au 10 juillet, le cumul de températures était excédentaire de 40 à 120 degrés par rapport à la normale. Les plantes ont pris de l'avance et les floraisons ont eu lieu avec 2 à 12 jours d'avance selon les régions, par rapport à la normale des 20 dernières années.

Les orages et les pluies de fin juin et début juillet ont favorisé la mise en place des épis. Comme annoncé, les récoltes ont débuté fin août dans les bassins de production les plus avancés (Poitou-Charentes, Pays-de-la-Loire, Champagne-Ardenne, Lorraine). Elles ont parfois commencé à des teneurs en matière sèche élevées, d'autant plus que les températures élevées de la dernière semaine d'août ont accéléré la maturité des maïs les plus avancés (jusqu'à +1 point de MS par jour pendant une semaine). En bordure maritime Nord-Ouest, l'avancée dans les maturités a été plus lente à cause de températures fraîches et surtout de pluies plus régulières. Les récoltes ont débuté mi-septembre et se sont terminées vers la mi-octobre.

Cette année, les rendements sont élevés, nettement supérieurs à la moyenne quinquennale dans la grande majorité des régions. Cela s'explique par un bon gabarit des plantes, un nombre élevé de grains et un bon remplissage de ceux-ci en lien avec le climat de l'arrière-saison. Le rendement moyen national est estimé à 13,8 t MS/ha (12,0 t MS/ha pour 2016).

Cinq grandes zones de France ont pu être identifiées à partir des conditions climatiques et de la géographie (figure 1). L'analyse des données a permis de réaliser une étude par zone.

Figure 1 - Bilan hydrique potentiel « Pluie-ETP » de l'année 2017 sur la période du 01/06 au 31/08/2017 et zones définies (n=nombre de données par zone)



Un bon cru pour la qualité de l'ensilage de maïs

La base de données des maïs fourrage 2017 comporte 7 433 échantillons provenant de 55 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 résultats de 2016 pour la France entière sont indiqués à titre indicatif, la provenance des échantillons étant légèrement différente.

Tableau 1 - Résultats de composition et estimation de la valeur nutritionnelle des maïs fourrage 2017 (moyenne et écart-type (ET)) en comparaison avec les données France entière 2016

	Zone "BORD MANCHE" 2017		Zone "NORD-EST" 2017		Zone "CENTRE-OUEST" 2017		Zone "SUD-OUEST" 2017		Zone "SUD-EST" 2017		France 2016
	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne
Nombre d'échantillons analysés	363		1765		4152		203		950		5138
Critères analysés											
Matière Sèche (MS), %	32,3	4,2	33,8	4,5	34,6	4,7	34,6	4,2	34,9	4,8	34,9
Matières Azotées Totales, % MS	7,7	1,1	7,8	0,8	7,7	0,9	7,7	0,9	8,0	1,0	7,1
Cellulose Brute, % MS	19,0	2,9	20,2	2,6	19,3	2,6	19,4	2,8	18,9	3,4	21,3
NDF, % MS	39,4	3,6	40,0	3,9	40,1	3,9	39,7	6,0	40,2	5,0	41,5
Amidon, % MS	33,1	4,9	33,7	4,9	32,8	5,4	33,6	5,6	31,4	7,6	30,2
Critères calculés											
dMO M4.2, % MO	71,4	2,4	72,1	1,8	72,2	1,9	71,6	2,0	72,9	3,0	71,5
UFL, /kg MS	0,92	0,04	0,92	0,03	0,92	0,03	0,91	0,03	0,93	0,05	0,91
PDIN, g/kg MS	47	7	48	5	47	6	47	5	49	6	44
PDIE, g/kg MS	69	5	71	3	71	4	70	4	72	5	69
dNDF, %	48,5	6,5	50,9	3,8	51,2	5,3	48,0	7,3	52,6	4,6	50,7
DMO _{na} , %	56,5	3,7	57,1	3,3	57,6	3,8	56,3	3,3	59,4	3,9	58,4
Amidon dégradable, g/kg MS	277	37	278	40	268	43	273	44	253	62	243
UEL, /kg MS	0,98	0,1	0,95	0,05	0,94	0,06	0,96	0,06	0,94	0,07	0,96

Avec dMO : digestibilité de la Matière Organique ; dNDF : digestibilité des fibres insolubles dans le détergent neutre ; 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 ; DMO_{na} : Digestibilité de la Matière Organique, rapportée à la fraction MO moins amidon ; UEL : Unité d'Encombrement Lait.

A partir des données météorologiques, les 5 zones définies afin de synthétiser les résultats de composition chimique et de valeur alimentaire des maïs fourrage de la récolte 2017 sont : Centre-Ouest, Nord-Est, Sud-Ouest, Bord Manche et Sud-Est.

Zones Centre-Ouest, Nord-Est, Sud-Ouest : une très bonne année

✓ Les teneurs en MS à la récolte ont été aussi élevées qu'en 2016 avec une médiane qui se situe à 33,7 % MS.

✓ La composition chimique moyenne des maïs est assez proche sur ces zones. Les maïs fourrage 2017 se démarquent de ceux de 2016 notamment par leur teneur en amidon parmi les plus élevées de ces dernières années. La médiane est de 33,1 % MS avec une variabilité (soit 2 écart-types) de 10,4 points, assez réduite par rapport aux années précédentes. **Par ailleurs, la qualité des tiges et feuilles a été préservée.**

✓ Les valeurs énergétiques estimées sont très bonnes (0,92 UFL/kgMS), soit 0,01 UFL/kg MS de plus qu'en 2016. L'encombrement est aussi moins élevé de 0,01 UEL/kg MS. **Les teneurs en MAT observées (médiane = 7,8 % MS), historiquement élevées, aboutissent à des valeurs azotées de 47 g/kg MS de PDIN et 71 g/kg MS de PDIE.**

Zone Bord Manche : une bonne année

✓ Le constat est très similaire aux zones précédentes quant aux compositions chimiques des maïs. Les maïs ont été récoltés sur la plage de teneurs en MS conseillée, avec une médiane à 32,3 % MS et seulement 25 % des chantiers à plus

de 34,8 % MS. Les récoltes ont été un peu plus tardives du fait de la météo par rapport aux autres régions. Ainsi, les digestibilités des fibres ont donc été un peu affectées avec une dNDF plus faible qu'en 2016 et l'encombrement de ces maïs est légèrement supérieur. La valeur énergétique est maintenue grâce à une teneur en amidon élevée.

Zone Sud-Est : valeur alimentaire élevée grâce à des tiges et feuilles digestibles

✓ Sur cette zone, 25 % des chantiers ont été réalisés à plus de 37,9 % MS. Les valeurs alimentaires sont en moyenne très bonnes, meilleures qu'en 2016. Cependant, une très grande variabilité est observée sur tous les critères.

✓ **Les teneurs en amidon sont assez variables avec parfois des silos à une teneur en amidon inférieure à 15 % MS** (pour 25 % des échantillons, la teneur est inférieure à 26,1 % MS). À la récolte, **la digestibilité des tiges et feuilles est restée très élevée** ce qui a permis de conserver une très bonne valeur énergétique (0,93 UFL/kg MS), au moins aussi élevée que sur les autres zones.

Les maïs fortement stressés, dont les rendements ont été pénalisés, se caractérisent également par une teneur en MAT médiane élevée (8,0 % MS). **Les valeurs azotées des maïs sont donc particulièrement élevées cette année avec 49 g/kg MS de PDIN et 72 g/kg MS de PDIE.**

Des maïs souvent très riches en amidon dégradable

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 très nette hausse avec près de 30 g/kg MS de plus qu'en 2016, où le niveau était particulièrement faible. Malgré des teneurs en MS élevées à la récolte, traduisant la présence d'une forte part d'amidon vitreux, la hausse de la teneur en amidon dégradable a pu être observée du fait des fortes teneurs en amidon mesurées cette année. Dans plus de la moitié des départements, surtout en zone Sud-Ouest et Nord-Est, plus d'un quart des silos présente des teneurs en amidon dégradable dans le rumen à plus de 300 g/kg MS (figure 2). Les maïs 2017 devront être complétés avec précaution sur le plan énergétique. Dans de nombreux cas, il conviendra de choisir des aliments apportant peu d'amidon en complément de l'ensilage de maïs.

En 2017, les teneurs en amidon les plus faibles sont surtout observées dans les zones touchées par la sécheresse estivale en région Rhône-Alpes. La variabilité est assez importante sur cette zone, du fait notamment du type de sol et de la possibilité d'irriguer ou non. Dans les situations où l'appareil végétatif s'est desséché rapidement en juillet/août, aucune chute de digestibilité des tiges et feuilles (DMO_{na}) ou du NDF n'a pas été observée, probablement car les plantes

étaient restées jeunes et n'avaient pas dû commencer la dernière phase de la lignification.

Du fait d'une teneur en amidon forte, la proportion de NDF est inférieure d'1 point par rapport aux années précédentes. La dNDF, déjà très élevée en 2016, reste à 51 % en moyenne. Elle est encore plus élevée dans la zone Sud-Est, en lien avec des récoltes effectuées très précocement du fait des fortes températures estivales. *A contrario*, les maïs cultivés dans le Sud-Ouest de la France et sur la frange côtière de la Manche présentent des dNDF plus basses que la moyenne (inférieures à 49 %). Dans cette dernière zone, les récoltes ont été réalisées plus tardivement à cause du retour des pluies en septembre. Les appareils végétatifs ont ainsi continué de « vieillir » bien que la teneur en MS de la plante entière évoluait peu.

Les provenances de la valeur énergétique des 7433 échantillons de maïs 2017 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 à la rumination.

Figure 2 - Part des silos (%) ayant une teneur en amidon dégradable à plus de 300 g/kg MS par département

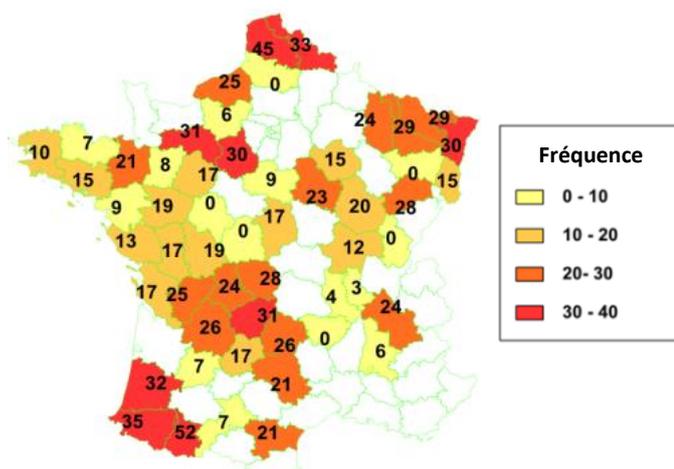
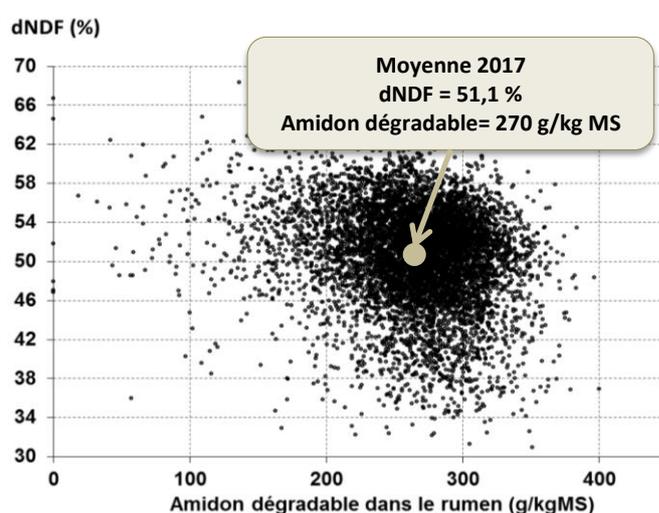


Figure 3 - Valeurs énergétiques représentées selon les critères « Amidon » et « dNDF » (chaque point représente un échantillon).



Données (N=7433) traitées par ARVALIS - Institut du végétal avec : Mixscience avec Sanders, Evialis, GERM-SERVICES, Laboratoire CESAR, Alicoop, OCEALIA, Atlantic Conseil Elevage, Elevage Conseil Loire Anjou, DFP Nutraliance, Prisma, Bretagne Conseil Elevage Ouest, CLASEL, EILYPS, Optival, Union Laitière de la Meuse

Information sur les recherches en cours : Effet du niveau d'éclatement des grains de maïs fourrage sur la dégradabilité de son amidon

La dégradabilité de l'amidon du maïs fourrage est actuellement prédite à partir des teneurs en MS et en amidon de l'ensilage (ARVALIS - INRA 2016). Des travaux sont actuellement en cours à ARVALIS pour proposer à l'avenir un moyen d'affiner la prédiction de la dégradabilité ruminale de l'amidon en fonction de la qualité de l'éclatement des grains à la récolte.

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).

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.

Bertrand CARPENTIER, Alexis FÉRARD