



## MAÏS FOURRAGE 2018 : UN BILAN CONTRASTÉ

Nous proposons dans ce numéro une valorisation des données de composition et de valeurs nutritives des maïs fourrage de la récolte 2018 obtenues auprès de 17 organismes : Limagrain Semences, MiXscience avec Sanders, Laboratoire CESAR, Evalidis, GERM-SERVICES, NEALIA, Seenovia, Alicoop, OCELIA, DFP Nutraliance, Prisma, IDENA, Bretagne Conseil Elevage Ouest, EILYPS, Optival, Union Laitière de la Meuse, RAGT Plateau central.

L'étude porte sur des échantillons de fourrage vert prélevés à la récolte (n = 3219) ou fermenté prélevés à l'ouverture du silo (n = 5249) 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 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.



Après un mois d'avril particulièrement humide, le retard des implantations a été rapidement comblé à la faveur de conditions très favorables au démarrage des maïs. Sur la moitié nord, un excédent de température compris entre 75 et plus de 150 degrés-jour (en base 6) a été observé du 11/05 au 31/07, par rapport à la médiane 1998 - 2017. Cela s'est traduit par des dates de floraison exceptionnellement précoces, avec 10 à 15 jours d'avance.

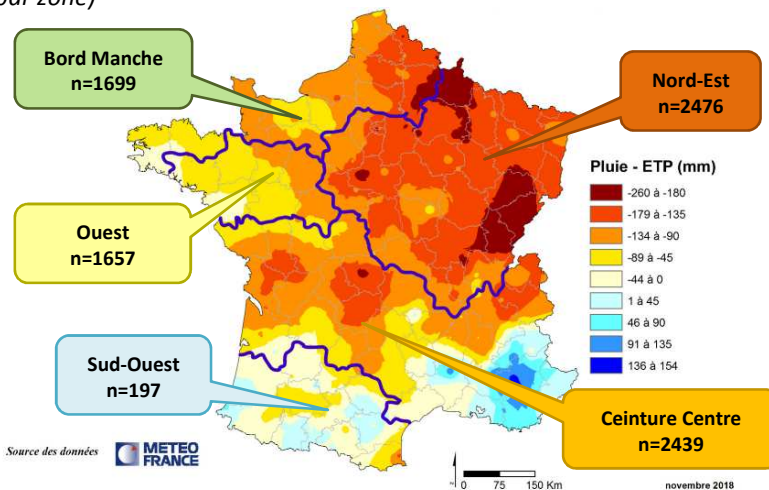
Le mois de juillet a été très sec, puisque sans pluie significative pendant plus de 3 semaines. À partir de mi-juillet, les maïs ont commencé à manifester des symptômes de stress hydrique en pleine floraison, ou juste avant ce stade. À partir de fin juillet, la plupart des régions ont bénéficié d'orages, limitant les conséquences du déficit hydrique sur le remplissage des grains. Sur la période de plus grande sensibilité des maïs, l'Est de la France a été particulièrement touché par le déficit hydrique.

Les premiers chantiers d'ensilage ont commencé tôt, début août dans les situations les plus critiques. Malgré cela, les taux de Matière Sèche (MS) observés cette année sont encore élevés, bien supérieurs à l'objectif (32-33 % MS). En effet, les premières récoltes ont eu lieu dans des conditions où l'évolution des plantes est très rapide (températures élevées, stress hydriques marqués), ce qui rend très difficile l'atteinte des objectifs.

Le rendement moyen 2018 s'élève à 12,2 t MS/ha, en retrait de 0,3 t MS/ha par rapport à la moyenne quinquennale (Agreste - Statistique Agricole Annuelle 2018). Cette moyenne masque néanmoins des situations extrêmement hétérogènes (Est de la France, semis tardifs).

À partir des données météorologiques et de la géographie, les 5 zones définies afin de synthétiser les résultats de composition chimique et de valeur alimentaire des maïs fourrage de la récolte 2018 sont : Bord Manche, Nord-Est, Ouest, Ceinture Centre et Sud-Ouest (figure 1).

Figure 1 - Bilan hydrique potentiel « Pluie-ETP » de l'année 2018 sur la période du 15/06 au 31/08/2018 et zones définies (n=nombre de données par zone)



## Ensilages de maïs 2018 : une qualité moyenne et très hétérogène

La base de données des maïs fourrage 2018 comporte 8468 échantillons provenant de 60 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 2017 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 2018 (moyenne et écart-type (ET)) en comparaison avec les données France entière 2017

	Zone "BORD MANCHE" 2018		Zone "NORD-EST" 2018		Zone "OUEST" 2018		Zone "CEINTURE CENTRE" 2018		Zone "SUD-OUEST" 2018		France 2017
Nombre d'échantillons analysés	1699		2476		1657		2439		197		7433
<b>Critères analysés</b>	<b>moyenne</b>	<b>ET</b>	<b>moyenne</b>	<b>ET</b>	<b>moyenne</b>	<b>ET</b>	<b>moyenne</b>	<b>ET</b>	<b>moyenne</b>	<b>ET</b>	<b>moyenne</b>
Matière Sèche (MS), %.	34,6	4,4	35,9	6,2	35,3	5,0	35,1	5,3	34,7	5,3	34,3
Matières Azotées Totales, % MS	6,9	1,1	7,9	1,1	6,7	1,0	7,4	1,1	7,3	0,7	7,8
Cellulose Brute, % MS	20,1	2,9	22,2	3,0	21,6	2,6	21,4	2,9	20,0	2,5	19,5
NDF, % MS	40,7	5,3	45,0	6,3	43,0	4,5	42,5	5,2	38,4	4,4	40,0
Amidon, % MS	33,8	5,7	24,7	7,9	29,1	6,2	27,3	7,8	33,8	6,5	32,9
<b>Critères calculés</b>											
dMO M4.2, % MO	71,8	2,5	71,3	3,0	70,6	2,0	71,6	2,3	72,0	1,9	72,2
UFL, /kg MS	0,91	0,04	0,90	0,05	0,89	0,04	0,91	0,04	0,92	0,03	0,92
PDIN, g/kg MS	42	7	48	7	41	6	45	7	45	5	48
PDIE, g/kg MS	67	4	68	4	66	3	68	4	68	3	71
dNDF, %	50,1	5,1	53,9	4,8	50,2	4,3	51,8	4,8	47,8	5,2	51,1
DMO <sub>na</sub> , %	56,3	3,9	61,0	4,8	57,6	3,6	59,9	4,4	56,6	3,7	57,6
Amidon dégradé, g/kg MS	278	48	195	63	234	51	219	64	276	50	269
UEL, /kg MS	0,95	0,06	0,95	0,08	0,97	0,06	0,96	0,10	0,95	0,06	0,95

Avec dMO : digestibilité de la Matière Organique ; UFL : Unité Fourragère Lait ; PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin - « N » avec l'azote dégradé 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 ; DMO<sub>na</sub> : Digestibilité de la Matière Organique, rapportée à la fraction MO moins amidon ; UEL : Unité d'Encombrement Lait

### Zones Ceinture Centre et Ouest : une année mitigée

✓ Les teneurs en MS à la récolte ont été élevées du fait d'une fin de cycle très desséchante : 50 % des ensilages ont été réalisés à plus de 34,8 % MS sur ces 2 zones.

✓ La composition chimique moyenne des maïs est assez proche sur ces zones. Les teneurs en amidon médianes des maïs sont égales à 27,9 et 29,4 % MS sur les zones Ceinture Centre et Ouest. En revanche, la qualité des tiges et des feuilles est moyenne et très hétérogène sur ces deux régions, peut-être en lien avec la date de récolte et donc la durée du cycle. La médiane de la digestibilité des fibres (dNDF) est de 52,3 et 50,4 % MS sur ces zones avec une variabilité (soit 2 écart-types) de 9,6 et 8,6 points.

✓ Les valeurs énergétiques estimées sont assez moyennes, 0,91 et 0,89 UFL/kg MS, avec une variabilité de 0,08 UFL/kg MS.

### Zones Bord Manche et Sud-Ouest : une année correcte

✓ Les teneurs en MS à la récolte ont également été élevées sur ces zones, la médiane étant supérieure à 34 % MS.

✓ Les ensilages de maïs sont mieux pourvus en grain sur ces zones, avec des teneurs en amidon médianes de 33,9 et 34,4 % 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 49,7 % MS, qui s'explique par un cycle de végétation plus long que sur les autres régions. Sur la zone

Sud-Ouest, la dNDF médiane est de 47,8 % MS. Il est plus difficile d'expliquer cette faible digestibilité des fibres. Les types génétiques utilisés dans ce bassin, plus proches des maïs grain, sont probablement un facteur d'explication.

✓ Ces maïs fourrages à « profil amidon » conservent une bonne valeur énergétique malgré leur plus faible digestibilité de la partie tiges-feuilles.

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

✓ Sur cette zone, les teneurs en MS des ensilages de maïs ont été très élevées. 25 % des chantiers ont été réalisés à plus de 39,0 % MS, la médiane se situant à 35,1 % MS.

✓ Les maïs fortement stressés hydriquement, dont les rendements ont été pénalisés, se caractérisent par une teneur en MAT médiane élevée (7,8 % MS). Les teneurs en amidon sont en moyennes très faibles : 50 % des maïs présentent une teneur en amidon inférieure à 25,1 % MS. À la récolte, la digestibilité des tiges et feuilles est restée très élevée, la médiane de la dNDF se situant à 54,0 % MS.

✓ Les valeurs alimentaires sont correctes en moyenne mais très hétérogènes (médiane = 0,90 UFL/kgMS). 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.

## Des maïs pauvres en amidon mais des fibres assez digestibles

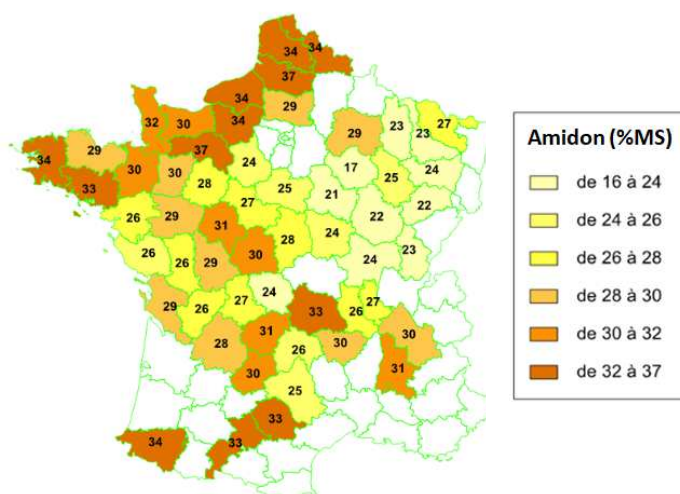
Une large dispersion est observée à nouveau cette année quant à la provenance de l'énergie des maïs fourrage.

La teneur moyenne des ensilages en amidon dégradable dans le rumen est en très forte baisse avec près de 41 g/kg MS (soit 15 %) de moins qu'en 2017. Cette plus faible teneur en amidon dégradable est principalement due à la teneur en amidon total des maïs (figure 2), la teneur en MS inter-régionale moyenne étant proche de 2017.

Les maïs 2018 devront donc être complétés 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 est de 28,3 % MS à l'échelle nationale avec une très grande variabilité, soit une baisse de 4,5 points par rapport à 2017. Les maïs cultivés dans le Nord-Est et le Centre de la France ont été particulièrement touchés par la sécheresse de cet été. Dans ces régions, les teneurs en amidon des ensilages montrent une très 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, les ensilages de maïs récoltés dans les régions Bord Manche et Sud-Ouest présentent des teneurs en amidon assez élevées, non représentatives des résultats

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



Données (N=8468) traitées par ARVALIS - Institut du végétal à partir des contributions de : Limagrain Semences, MiXscience avec Sanders, Laboratoire CESAR, Eyalis, GERM-SERVICES, NEALIA, Seenovia, Alicoop, OCELIA, DFP Nutraliance, Prisma, IDENA, Bretagne Conseil Elevage Ouest, EILYPS, Optival, Union Laitière de la Meuse, RAGT Plateau central

**Information sur les recherches en cours : Effet du niveau d'éclatement des grains et de la taille des particules de maïs fourrage sur la dégradabilité de l'amidon et les performances zootechniques.**

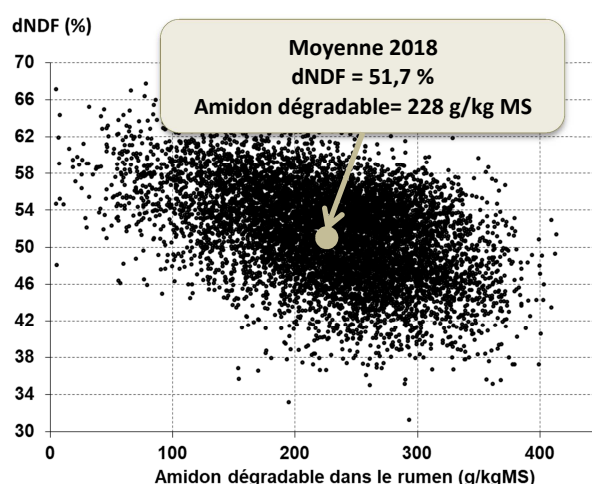
Des travaux sont actuellement en cours à ARVALIS pour objectiver l'éclatement des grains d'un maïs ensilage, prédire la dégradabilité de l'amidon en fonction de la qualité d'éclatement et étudier l'effet de l'éclatement des grains et de la taille des particules sur les performances zootechniques.

nationaux maïs sont proches de celles obtenues en 2017. 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 enrubbannée dans la ration pourra être réalisé pour ne pas dépasser le seuil de 25 % MS d'amidon dans la ration.

La dNDF est correcte cette année, avec une moyenne égale à 51,7 % MS. Ce bon niveau se retrouve notamment dans les régions où les ensilages ont été récoltés précocement, c'est le cas des maïs de la zone Nord-Est qui présentent une dNDF moyenne de 53,9 % MS. Sur ce secteur, les chantiers de récolte ont commencé début août alors que les plantes commençaient à dessécher sur pied. La qualité des fibres de ces plantes jeunes a ainsi été préservée de la sénescence accélérée de la fin de cycle.

Les provenances de la valeur énergétique des 8468 échantillons de maïs 2018 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 cellulasique) ou DCS (Digestibilité Cellulasique 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<sub>na</sub> (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, Alexis FÉRARD,  
Michel MOQUET

#### Rédaction :

Justine DANIEL

#### Editeur :

ARVALIS - Institut du végétal

3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS

[www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr)