



## MAÏS FOURRAGE 2016 : UNE ANNEE ATYPIQUE

Nous proposons dans ce numéro une valorisation des données de composition et de valeurs nutritives des maïs fourrage de la récolte 2016 obtenues auprès des organismes : MiXscience avec Sanders, Laboratoire CESAR, GERM-SERVICES, Elevage Conseil Loire Anjou, Groupe OXYGEN, OCEALIA, ALICOOP, NEALIA, DFP Nutraliance, Bretagne Conseil Elevage Ouest, CLASEL, EILYPS, Optival, Union Laitière de la Meuse, Chambre d'Agriculture Régionale Centre Val de Loire et Chambre d'Agriculture de l'Oise.

L'étude porte sur des échantillons de fourrage vert prélevés à la récolte ou fermenté prélevés lors de l'ouverture du silo et issus de l'ensemble 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 le cas échéant. 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, pour la plupart des régions, dans la fraîcheur et avec des quantités de précipitations jamais vues en mai et juin, en particulier dans le Centre et l'Est de la France. Les conséquences ont été diverses : semis étalés sur 5 semaines (voire plus quand il a fallu ressemer lorsque les parcelles étaient noyées), difficultés d'enracinement, retard de développement. Dans l'Ouest, de fortes attaques de la mouche géomyze hors du commun ont touché environ 100 000 hectares entraînant des pertes de densité allant jusqu'à plus de 50 %, et des ressemis sur 5 à 7 000 hectares.

Les floraisons retardées de fin juillet/début août laissaient penser que les récoltes allaient être tardives. Les mois d'été particulièrement secs, du sud de la Normandie à l'Aquitaine, de la région Centre au Limousin, ont pénalisé la mise en place et le remplissage des grains. La séquence climatique de fin d'été, souvent sèche et parfois très chaude, a occasionné une fulgurante accélération de la maturation, prenant de court les éleveurs qui ont souvent récolté à des teneurs en matière sèche excessives (jusqu'à plus de 40 % MS pour 15 % des chantiers).

Le rendement moyen national est cependant convenable avec 12 t MS/ha, soit 5 % inférieur à la moyenne nationale quinquennale. Il masque de grandes hétérogénéités entre régions et entre parcelles dans une même zone.

Quatre grandes zones de France ont pu être identifiées à partir des conditions climatiques. L'analyse des données a permis de réaliser une étude par zone.

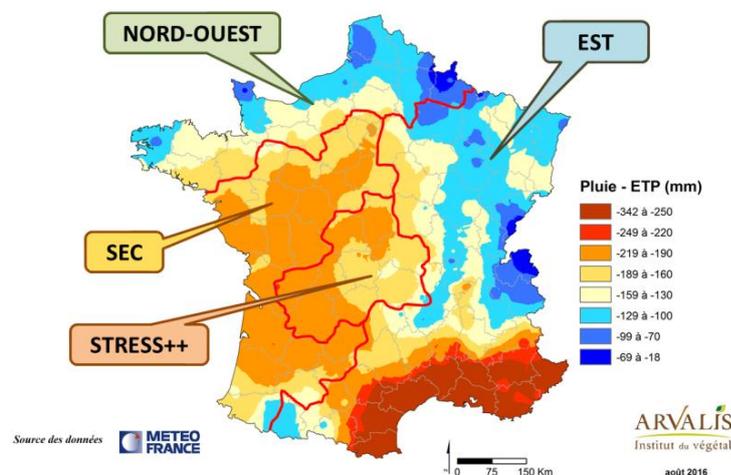


Figure 1 - Ecart du bilan hydrique potentiel « Pluie-ETP » de l'année 2016 avec la médiane historique (1984-2015) sur la période du 1 juillet au 15 août 2016

## Des maïs ensilés très secs

La base de données des résultats d'analyses des maïs fourrage 2016 comporte 5 138 échantillons provenant des différentes régions françaises. Cela représente 69 départements, avec plus de 10 analyses chacun. L'exploitation de cette base de données a permis de mener une étude spatiale complète, dont les moyennes par zone sont reprises dans le tableau 1. Les résultats France entière des deux années précédentes sont donnés à titre indicatif, la provenance des échantillons étant différente.

Tableau 1 - Résultats de composition et estimation de la valeur nutritionnelle des maïs fourrage 2016 (moyenne et écart-type (ET)) en comparaison avec les données France entière 2014 et 2015.

	Zone "NORD-OUEST" 2016		Zone "EST" 2016		Zone "SEC" 2016		Zone "STRESS++" 2016		France 2015	France 2014
	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	moyenne
<i>nb analyses</i>	1298		1611		1761		468		1411	1034
<b>Critères analysés</b>										
Matière sèche (MS), %	<b>33,7</b>	4,2	<b>35,5</b>	5,5	<b>35,2</b>	5,0	<b>34,8</b>	5,1	33,2	34,8
Matières Azotées Totales, % MS	<b>6,6</b>	0,9	<b>7,2</b>	1,0	<b>7,2</b>	1,0	<b>7,5</b>	1,1	7,4	7,0
Cellulose Brute, % MS	<b>20,7</b>	2,5	<b>20,8</b>	2,9	<b>21,9</b>	3,0	<b>21,7</b>	2,8	19,5	20,0
NDF, % MS	<b>40,5</b>	3,2	<b>41,2</b>	4,9	<b>42,2</b>	5,0	<b>43,3</b>	4,6	41,6	41,7
Amidon, % MS	<b>32,9</b>	4,1	<b>31,0</b>	6,7	<b>28,5</b>	7,3	<b>25,9</b>	6,6	28,9	31,6
<b>Critères calculés</b>										
dMO M4.2, % MO	<b>71,6</b>	2,5	<b>71,3</b>	2,3	<b>71,4</b>	2,1	<b>71,7</b>	1,8	72,7	71,2
UFL, /kg MS	<b>0,91</b>	0,03	<b>0,91</b>	0,04	<b>0,91</b>	0,04	<b>0,91</b>	0,04	0,93	0,90
PDIN, g/kg MS	<b>40</b>	5	<b>44</b>	6	<b>44</b>	6	<b>46</b>	7	47	45
PDIE, g/kg MS	<b>67</b>	3	<b>69</b>	4	<b>69</b>	4	<b>69</b>	4	71	69
dNDF, %	<b>49,6</b>	4,9	<b>50,1</b>	4,7	<b>51,5</b>	5,7	<b>52,1</b>	4,2	48,0	44,3
DMO <sub>na</sub> , %	<b>57,1</b>	3,2	<b>57,9</b>	4,0	<b>59,3</b>	4,2	<b>60,6</b>	3,8	60,2	56,2
Amidon dégradable, g/kg MS	<b>266</b>	32	<b>248</b>	53	<b>228</b>	58	<b>208</b>	52	249	269
UEL, /kg MS	<b>0,97</b>	0,1	<b>0,95</b>	0,07	<b>0,96</b>	0,07	<b>0,95</b>	0,06	0,95	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<sub>na</sub> : Digestibilité de la Matière Organique, rapportée à la fraction MO moins amidon ; UEL : Unité d'Encombrement Lait.

**A partir des données météorologiques, les 4 zones définies pour synthétiser les résultats de composition et de valeur alimentaire des maïs fourrage de la récolte 2016 sont : zones NORD-OUEST, EST, SEC ET STRESS++.**

### Zone NORD-OUEST : une bonne année

✓ Les teneurs en MS à la récolte ont été moins élevées sur cette frange côtière Nord-Ouest où la médiane se situe à 33,7 % MS contre 35,2 % MS en moyenne pour les 3 autres zones. La teneur en amidon médiane est de 32,9 % avec une variabilité (soit 2 écart-types) de 8,2 points contre 13,6 points à l'échelle de la France.

✓ Sur cette zone, la composition chimique des maïs est assez proche de celle observée en 2014. Les maïs 2016 se démarquent de 2015 notamment sur la **digestibilité des tiges et feuilles (dMO<sub>na</sub>) qui était élevée**. Par conséquent, les valeurs énergétiques estimées sont bonnes (0,91 UFL/kgMS) mais restent inférieures de 0,02 UFL/kg MS à 2015. L'encombrement est aussi plus élevé de 0,02 UEL/kgMS par rapport à 2015. Les teneurs en MAT observées, nettement moins élevées que l'année dernière, ont fait chuter les valeurs PDI des maïs 2016 de 7 g PDIN par rapport à 2015. La qualité des maïs est donc bonne, avec **une valeur énergétique ayant un bon équilibre « amidon » - « digestibilité tiges-feuilles »**.

### Zone EST : une qualité correcte

✓ Sur cette zone, 25 % des chantiers ont été réalisés à plus de 39,4 % MS. Les valeurs alimentaires sont en moyenne correctes, similaires à 2014 mais avec une très grande variabilité sur tous les critères.

### Zone « SEC » et « STRESS++ » : moins d'amidon

✓ Certaines récoltes ont été faites courant août sur des plantes partiellement vertes dont le dessèchement s'accélérait. Dans ces conditions, les rendements ont été pénalisés par un faible développement de l'appareil végétatif et surtout par un remplissage incomplet des grains. La teneur en MS à la récolte est en moyenne de 35,0 % avec une variabilité importante : seulement 50 % des échantillons relevés entre 32,1 % et 38,1 %.

✓ Les **teneurs en amidon sont très variables avec de nombreux silos à moins de 15 % d'amidon** (25 % des échantillons ont présenté moins de 26,7 % d'amidon pour les zones « Sec » et moins de 22,2 % pour la zone « STRESS++ »). Pour des teneurs en amidon inférieures à 15 %, les teneurs en glucides solubles relevées vont de 10 à 25 %.

✓ A la récolte, **la digestibilité des tiges et feuilles est restée très élevée** ce qui a permis de conserver une très bonne valeur énergétique pour ces maïs « stressés » : 0,91 UFL/kgMS comme sur les autres zones.

Les maïs fortement stressés se caractérisent également par une teneur en MAT aussi élevée qu'en 2015 avec une teneur moyenne à 7,3 %. Les valeurs azotées PDIN et PDIE des maïs sont donc assez élevées avec 45 g/kg MS de PDIN et 69 g/kg MS de PDIE.

## Des maïs souvent pauvres en amidon dégradable

A nouveau cette année, une large dispersion sur la provenance de l'énergie des maïs fourrage est observée.

La teneur moyenne en amidon dégradable dans le rumen des ensilages est en retrait de plus de 10 g/kgMS par rapport à 2015 et 30 g/kgMS par rapport à 2014, où le niveau était déjà assez faible. Cette baisse est en lien avec les faibles teneurs en amidon (figure 2) et les teneurs en MS élevées à la récolte. Les maïs 2016 devront souvent être complétés avec des aliments apportant une source d'énergie rapidement fermentescible telle que les céréales.

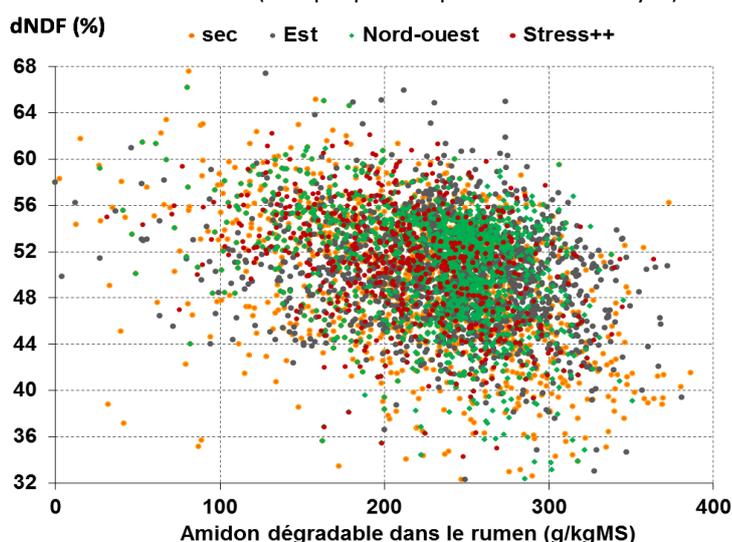
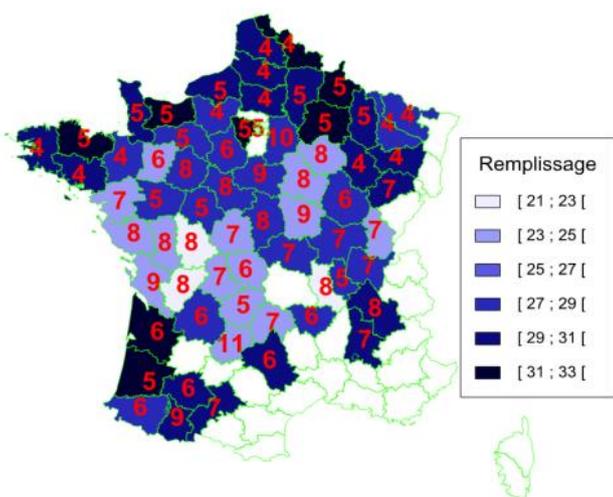
Les très faibles teneurs en amidon observées dans certaines situations en 2016 concernent surtout les zones touchées par la sécheresse estivale. Dans les situations où l'appareil végétatif s'est desséché rapidement en juillet/août, aucune chute de digestibilité des tiges et feuilles (DMOna) ou du NDF n'a été observée, probablement grâce à des plantes qui étaient restées jeunes et qui n'avaient pas commencé la dernière phase de la lignification.

En 2016, du fait de la faible teneur amidon, la proportion de NDF est plus élevée de plus de 1 point par rapport aux années précédentes : le niveau de NDF indigestible des ensilages 2016 reste donc plus élevé qu'en 2015, ce qui explique une baisse de leur ingestibilité.

Dans la zone Nord-Ouest voire dans la zone Est, la digestibilité des tiges et feuilles (dMOna) est nettement moins élevée qu'en 2015 mais similaire à 2014.

La provenance de la valeur énergétique des 5137 analyses de maïs 2016 de cette étude sont présentées graphiquement (figure 3) sur les 2 axes « Amidon dégradable » et « dNDF ». Ces deux critères peuvent déjà être utilisés pour préciser la composition des rations à base d'ensilage de maïs. Par exemple, ils servent à choisir les aliments complémentaires selon l'apport par l'ensilage d'amidon dégradable dans le rumen ou à vérifier que la ration comporte suffisamment de fibres indigestibles à la rumination.

Figures 2 et 3 - Teneur en amidon moyenne (% MS couleur remplissage) et écart-type (valeur) par département  
Valeurs énergétiques représentées selon les 2 valeurs « Amidon » et « dNDF » (Chaque point représente une analyse)



Données (N=5138) traitées par ARVALIS - Institut du végétal à partir des contributions : MiXscience avec Sanders, Laboratoire CESAR, GERM-SERVICES, Elevage Conseil Loire Anjou, Groupe OXYGEN, OCEALIA, ALICOOP, NEALIA, DFP Nutrialiance, Bretagne Conseil Elevage Ouest, CLASEL, EILYPS, Optival, Union Laitière de la Meuse, Chambre d'Agriculture Centre Val de Loire, Chambre d'Agriculture de l'Oise

### Résultats de recherche : prédiction de l'effet de la durée de conservation sur la dégradabilité de l'amidon (Férard et al., 2016)

L'effet de la durée de conservation sur la dégradabilité de l'amidon est un phénomène connu de tous mais encore difficile à prendre en compte avec précision du fait du manque de références. Des travaux récents basés sur un essai en station expérimentale et sur de la bibliographie internationale, ont permis de proposer une première approche avec un coefficient correctif de la dégradabilité de l'amidon du maïs fourrage plante entière ajusté en fonction de sa durée de conservation ensilée.

La correction est à appliquer à la valeur DT6 amidon « Table » (Peyrat et al., 2016) pour tenir compte de l'effet de la durée de conservation pour les maïs récoltés à plus de 29,1 % de MS tel que :

$$DT6 \text{ amidon « corrigée durée cons. » (\%)} = DT6 \text{ amidon (\%)} + 0,00221 * [MS (\%) - 29,1] * [durée conservation (j) - 60]$$

Cette équation permet de prendre en compte la hausse de la matière organique fermentescible dans le rumen (donc la hausse des PDI) apportée par le maïs fourrage au fil des mois d'utilisation du fourrage. A titre d'exemple : un maïs à 39 %MS stocké depuis 6 mois présentera 20 g/kg de MS d'amidon disponible en plus.

## 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 DMOna (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 FERARD

Férard A., Peyrat J., Uijtewaal A., Meslier E., 2016. Effect of storage length on the maize starch degradability, Proceedings of 17th international conference of forage and conservation, Horny Smokovec, p. 157-158.

Peyrat J., Meslier E., Le Morvan A., Féraud A., Baumont R., Deroche B., Protin P.V., Nozière P., 2016. Prediction of ruminal starch degradability of maize forage. Proceedings 67th EAAP 2016, p. 559.

#### Comité de rédaction :

Bertrand CARPENTIER, Alexis FERARD

#### Rédaction :

Justine DANIEL

#### Editeur :

ARVALIS - Institut du végétal

3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS

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