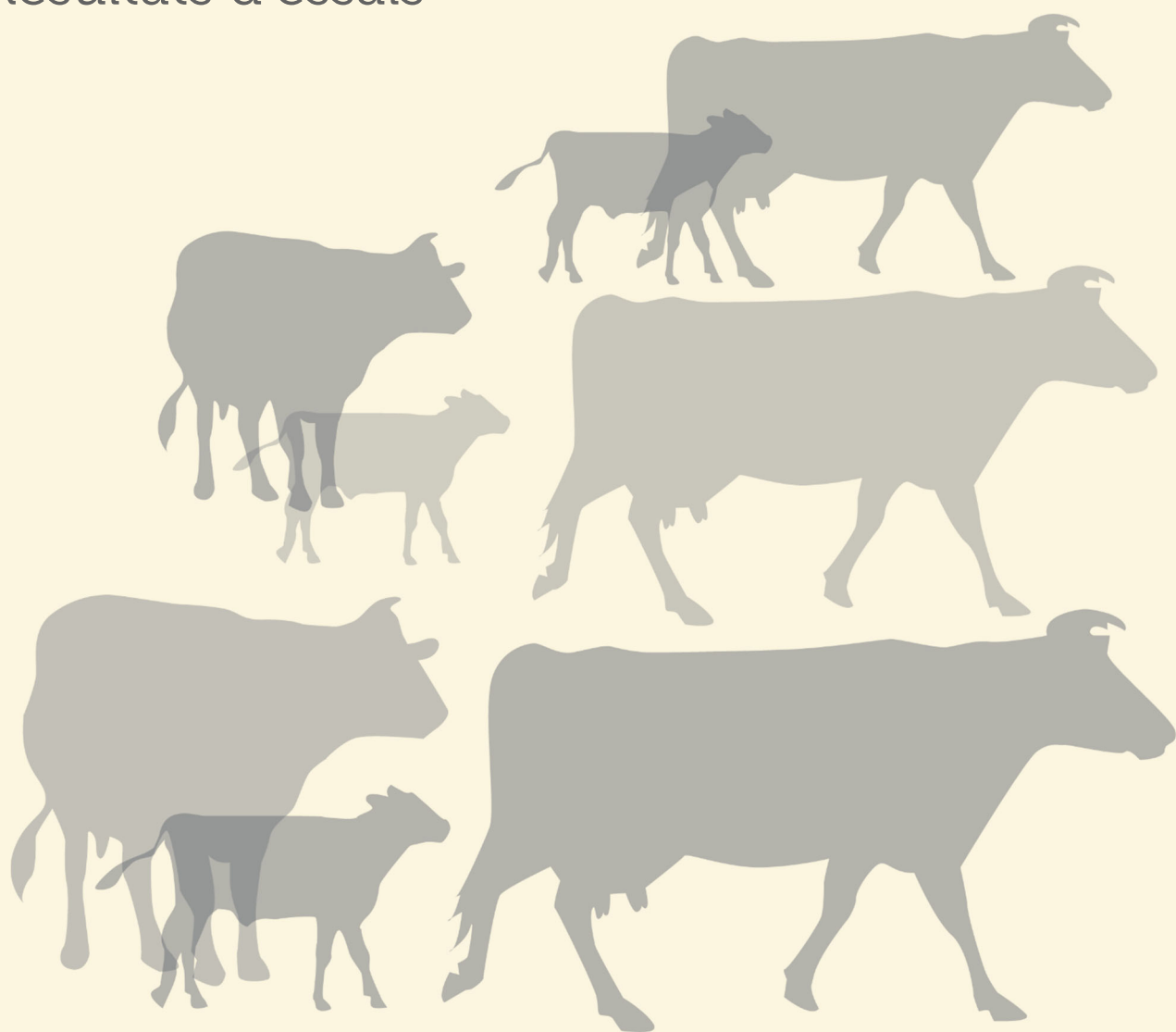


# Effet de la présentation de l'ensilage de maïs sur les performances zootechniques des vaches laitières

## Résultats d'essais



**Collection**

**Résultats**

**Responsable de la rédaction :**

Julien JURQUET (Institut de l'Élevage)

**Mise en page :**

Corinne MAIGRET (Institut de l'Élevage)

**Juin 2020**

**Compte-rendu n° 00220 302 027**

**Département Techniques d'Elevage et Environnement**

**Service Productions Laitières**

**Julien JURQUET**

# **Effet de la présentation de l'ensilage de maïs sur les performances zootechniques des vaches laitières**

*Résultats d'essai  
à la ferme expérimentale des Trinottières  
2018-2019*

Collection Résultats

## *Résumé*

L'essai mis en place à la ferme expérimentale des Trinottières en partenariat avec Arvalis et l'Institut de l'Élevage dans le cadre du projet FranceAgriMer ECLAT'MAÏS avait pour objectif d'étudier distinctement les effets de l'éclatement du grain et de la taille des particules du maïs ensilage sur les performances des vaches laitières et la digestibilité de l'amidon.

Le même maïs ensilage a été récolté selon trois modalités : éclatement du grain faible avec éclateur classique et brins courts (E-); éclatement élevé avec éclateur classique et brins courts (E+); et éclatement élevé avec éclateur rainuré en croix et brins longs (SCH). Il a été distribué à 3 lots de 21 vaches laitières Prim'Holstein durant 11 semaines dont 3 de pré-expérimentation. Les rations complètes se composaient de 72 % de maïs fourrage, 2 % de paille et 24 % de tourteau de colza. Aucune différence de lait brut, de taux butyreux, de taux protéique, de comptage cellulaire, et de poids vif n'a été observée entre les 3 modalités. Après 6 mois de conservation en silo, le niveau d'éclatement des grains du maïs ensilage (E- vs E+) n'a pas eu d'effet significatif sur les performances laitières. Les teneurs en amidon fécal ont été faibles (< 4 % de la MS). Toutefois, une meilleure digestibilité de l'amidon a été observée pour les animaux du lot E+ par rapport à ceux du lot E- (-2,8 pts d'amidon fécal), sans influencer sur les performances laitières. L'apport de fibres longues par le maïs ensilage (E+ vs SCH) n'a eu d'effet ni sur l'ingestion, ni sur les performances laitières.

Si l'éclatement du grain reste un point essentiel pour une bonne digestibilité de l'amidon, il semble qu'**un niveau d'éclatement « moyen » et un délai d'ouverture du silo suffisant permettent d'obtenir une bonne valorisation de la ration.** En outre, si les bonnes pratiques de rationnement sont respectées, **l'apport de brins longs n'a d'effet ni sur l'ingestion, ni sur les performances de productions laitières.**

Résumé .....	2
1. Objectif de l'essai .....	4
2. Matériel et Méthodes .....	4
<b>2.1 Durée de l'essai et dispositif expérimental</b> .....	4
<b>2.2 Matériel expérimental</b> .....	4
2.2.1 Modalité de récolte du maïs ensilage utilisé pour l'essai .....	4
2.2.2 Allotement des animaux .....	5
2.2.3 Alimentation des animaux .....	6
<b>2.3 Contrôles et analyses</b> .....	10
2.3.1 Les aliments .....	10
2.3.2 Les rations .....	10
2.3.3 L'ingestion .....	10
2.3.4 La production laitière et la composition du lait .....	10
2.3.5 Poids vif - Etat d'engraissement .....	11
<b>2.4 Traitement des données</b> .....	11
3. Résultats et discussion .....	12
<b>3.1 Caractérisation des aliments</b> .....	12
3.1.1 Le maïs ensilage .....	12
3.1.2 Les concentrés .....	16
<b>3.2 Des performances zootechniques inchangées</b> .....	17
3.2.1 Ingestion .....	19
3.2.2 Lait brut .....	19
3.2.3 Taux butyreux .....	20
3.2.4 Taux protéique .....	20
3.2.5 Poids vif .....	21
<b>3.3 Teneur en amidon dans les fèces</b> .....	21
4. Conclusions .....	23

## 1. Objectif de l'essai

L'objectif de l'essai est d'évaluer l'effet de trois modalités de récolte de l'ensilage de maïs portant sur la présentation du grain et/ou sur la présentation de la tige et des feuilles sur les performances zootechniques des vaches laitières.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 Durée de l'essai et dispositif expérimental

Les silos d'ensilage de maïs sont ouverts mi-décembre 2018.

L'essai débute le 7/01/2019 pour une durée totale de 14 semaines. Il se décompose en une période d'adaptation des animaux d'une semaine, une période de pré-expérimentation afin d'établir une covariable de 3 semaines, une période expérimentale A de 8 semaines suivie d'une seconde période expérimentale B de 4 semaines.

*Tableau 1 : calendrier*

Période	Durée (semaines)	Date début	Date fin
Adaptation des animaux	1	7/01/2019	13/01/2019
Pré-expérimentation	3	14/01/2019	3/02/2019
Expérimentation A	8	4/02/2019	31/03/2019
Expérimentation B	4	1/04/2019	28/04/2019

L'essai porte sur 63 vaches scindées en trois lots de 21 vaches (primipares et multipares) réparties en blocs complets équilibrés.

Durant les deux périodes expérimentales, les lots recevront les fourrages suivants :

- Lot E- : ce lot recevra une ration composée d'un ensilage de maïs récolté selon la modalité E-
- Lot E+ : ce lot recevra une ration composée d'un ensilage de maïs récolté selon la modalité E+
- Lot SCH : ce lot recevra une ration composée d'un ensilage de maïs récolté selon la modalité SCH

### 2.2 Matériel expérimental

#### 2.2.1 Modalité de récolte du maïs ensilage utilisé pour l'essai

Du maïs ensilage, issu des mêmes parcelles de la ferme expérimentale des Trinottières (parcelles Grand champ, Grande Pièce et Pré-long), de la variété es Floréal et conduit selon le même itinéraire technique, est récolté selon trois process différents :

- E- : maïs fourrage récolté avec une ensileuse « classique » (John Deere) et un éclatement du grain insuffisant (CSPS de 40-50%).

- E+ : maïs fourrage récolté avec une ensileuse « classique » (John Deere) et un éclatement du grain optimal (CSPS >70%).
- SCH : maïs ensilage récolté selon la méthode Scherer twin cut (John Deere) visant à produire des brins plus longs et avec un éclatement du grain optimal (CSPS >70%)

Le matériel de récolte est le même pour les trois modalités (ensileuse John Deere 8 400i, 8 rangs, grandes toupies). Les réglages de longueur de coupe et de l'éclateur ont été adaptés de manière à obtenir les paramètres physiques souhaités (granulométrie jugée au Penn State et niveau d'éclatement du grain CSPS). La machine de l'éclateur diffère entre les modalités E- et E+. Le type d'éclateur diffère entre la modalité SCH et les modalités E- et E+. La récolte est réalisée simultanément pour chaque modalité (trois jours consécutifs) et les trois ensilages réalisés sont stockés dans trois silos distincts.

Eclateurs utilisés :

- E+ et E- : USA intensif, 240 mm de diamètre, 40% de différentiel de vitesse
- Sch : Scherer Twin Cut, 240 mm de diamètre, 40% de différentiel de vitesse

Un délai minimum d'un mois est mis en œuvre entre la date de récolte et la date d'ouverture du silo afin d'assurer une bonne conservation. Les silos sont dimensionnés pour obtenir une vitesse d'avancement suffisante en période hivernale (minimum de 15 cm par jour).

**Tableau 2 : paramètre de récolte des trois modalités testées**

Modalités	E+	E-	SCH
Types d'éclateur	USA intensif	USA intensif	Scherer Twin Cut
Longueur de coupe théorique (mm)	13	12	25
Serrage éclateur théorique (mm)	1	4	1.25
Objectifs CSPS	70 %	40 à 50 %	70 %

### 2.2.2 Allotement des animaux

L'allotement est réalisé à partir des critères suivants :

- le numéro de lactation : primipare, 2<sup>ème</sup> vêlage, ≥ 3<sup>ème</sup> vêlage
- pour les primipares et les multipares :
  - stade physiologique en début d'essai > ou = 5 semaines
  - pour les vaches n'ayant pas débuté leur lactation, les données de production considérées (LB, TB, TP) sont celles du début de la lactation précédente (semaines 2, 3 et 4,
  - pour les vaches en lactation, les données prises en compte (LB, TB, TP) sont celles des semaines calendaires 44, 45 et 46 de la lactation en cours
  - le poids vif au vêlage de la lactation en cours
  - ingestion
- la dernière date de vêlage

L'affectation des vaches de chaque bloc à un lot est réalisée par tirage au sort. Les caractéristiques des trois lots sont présentées dans le tableau 3.

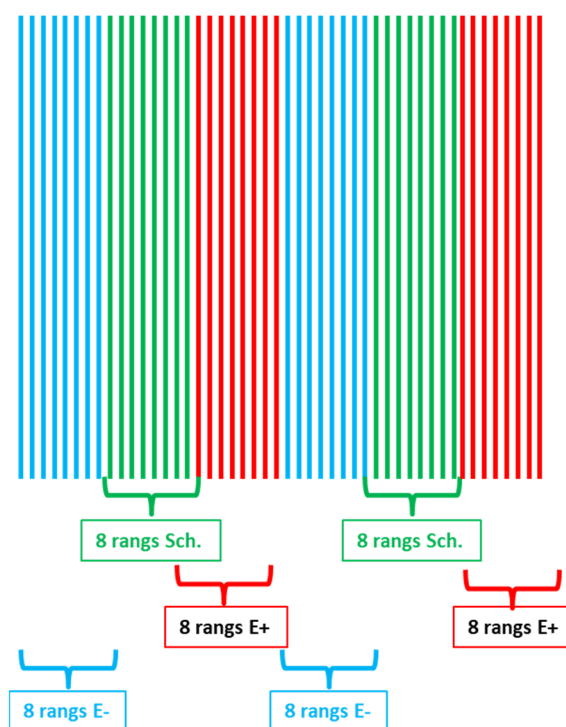
**Tableau 3: Caractéristiques zootechniques moyennes des trois lots expérimentaux**

	E-		E+		SCH	
	Primipares	Multipares	Primipares	Multipares	Primipares	Multipares
Effectif	4	17	4	17	4	17
Rang moyen de Lactation	1	3,2	1	2,8	1	3,0
Date de Vêlage (j)	02/10/2018	30/10/2018	29/09/2018	24/10/2018	04/10/2018	15/10/2018
Poids Vif (kg)	618	676	592	682	601	686
Lait Brut (kg/j)	31,9	42,0	32,6	42,3	31,7	41,9
TB (g/kg)	38,7	39,1	37,9	39,2	37,8	38,3
TP (g/kg)	31,9	31,2	31,3	31,2	32,6	31,0

### 2.2.3 Alimentation des animaux

#### o Les fourrages expérimentaux

Le fourrage expérimental est l'ensilage de maïs récolté en 2018 selon les trois modalités E-, E+ et SCH. Afin d'assurer une composition chimique identique au maïs récolté, les parcelles ont été récoltées en bandes alternant entre les 3 procédés étudiés. Les tours des parcelles n'ont pas été utilisés pour l'essai.



**Figure 1 : schéma de récolte des maïs.**

Les maïs de chaque modalité ont été stockés dans trois silos couloirs dédiés. Les trois silos étaient situés les uns à côté des autres et présentaient les mêmes dimensions et orientations.



○ **Les rations**

Les effets de l'éclatement du grain et de la taille des particules du maïs fourrage sur les performances zootechniques ont été étudiés au cours de la période expérimentale 1 à partir de 3 traitements expérimentaux E-p, E+p et SCHp (tableau 4). Les rations des 3 lots sont identiques, seul le mode de récolte du maïs fourrage diffère entre les 3 régimes.

L'effet de la substitution du fourrage fibreux de la ration (paille de blé) par du maïs fourrage brins longs sur les performances zootechniques a été testé au cours de la 2<sup>de</sup> période expérimentale. Pour cela, le fourrage fibreux de la ration (paille de blé) a été supprimé pour les 2 régimes E+ et SCH (comparables en termes de composition chimique et d'éclatement du grain). Le régime E- est identique à celui de la 1<sup>ère</sup> période expérimentale, servant ainsi de témoin de l'évolution des performances animales au cours de l'essai.

Le planning des périodes alimentaires est présenté au tableau 4. Après une phase de transition alimentaire, les semaines 1 à 3 de pré-expérimentation permettent d'alimenter les animaux des différents lots avec une ration intermédiaire aux trois rations expérimentales. Cette période sert à établir une covariable. A partir de la semaine 4 jusqu'à la semaine 11 (période expérimentale 1), le lot E- reçoit la ration composée du maïs E- avec 0,5 % de paille de blé (E-p), le lot E+ reçoit la ration composée du maïs E+ avec 0,5 % de paille de blé (E+p) et le lot SCH reçoit la ration composée du maïs SCH avec 0,5 % de paille de blé (SCHp). Ensuite, à partir de la semaine 12, le lot E+ reçoit la ration composée du maïs E+ sans ajout de paille de blé (E+) et le lot SCH reçoit la ration composée du maïs SCH sans ajout de paille de blé (SCH) jusqu'à la fin de la semaine 15 (période expérimentale 2).

**Tableau 4 : schéma expérimental**

<b>Semaines expérimentales 2019</b>	<b>Période expérimentale</b>	<b>Dates Du ... au ...</b>	<b>Lot E-</b>	<b>Lot E+</b>	<b>Lot SCH</b>
S1 à S3	Pré-expé	14 janvier au 3 février	Ration commune		
S4 à S11	Expé 1	4 février au 31 mars	Ration E-p	Ration E+p	Ration SCHp
S12 à S15	Expé 2	1 <sup>er</sup> avril au 30 avril	Ration E-p	Ration E+	Ration SCH

La composition de la ration pré-expérimentale et des rations expérimentales est présentée dans le tableau 5. Elles sont établies de façon à couvrir les besoins des vaches laitières dans le contexte habituellement rencontré à la ferme expérimentale des Trinottières. L'équilibre recherché est de 100 g PDIE/UFL.

La ration pré-expérimentale est composée d'un tiers de chaque ration expérimentale A afin qu'aucun lot ne soit particulièrement avantagé lors du passage vers sa ration expérimentale.

Les rations sont établies à partir des résultats d'analyses en vert des silos d'ensilage de maïs. Les valeurs nutritives des aliments concentrés proviennent de valeurs moyennes tables INRA 2010 pour les matières premières.

*Tableau 5 : Composition des rations complètes de pré-expérimentation et des deux périodes expérimentales*

Composition (% MS)	Pré-expé	Rations expérimentales				
		E-p	E+p	SCHp	E+	SCH
Ensilage de maïs	71,9	71,9	71,9	71,9	74,2	74,2
Paille de blé (broyée)	2,2	2,2	2,2	2,2		
Tourteau de colza	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4
Uralim	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
CaCO3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Sel	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Concentré/ration totale (en %)</b>	<b>25,9</b>	<b>25,9</b>	<b>25,9</b>	<b>25,9</b>	<b>25,9</b>	<b>25,9</b>
<b>Matières Azotées Totales (en %)</b>	<b>14,5</b>	<b>14,4</b>	<b>14,5</b>	<b>14,4</b>	<b>14,6</b>	<b>14,5</b>
<b>Cellulose brute (en %)</b>	<b>18,0</b>	<b>18,3</b>	<b>17,9</b>	<b>17,7</b>	<b>17,3</b>	<b>17,3</b>
<b>NDF (en %)</b>	<b>39,3</b>	<b>39,8</b>	<b>39,0</b>	<b>39,1</b>	<b>38,1</b>	<b>38,1</b>
<b>Amidon total (en %)</b>	<b>23,2</b>	<b>23,2</b>	<b>23,5</b>	<b>22,8</b>	<b>24,2</b>	<b>23,5</b>

**Tableau 6 : Rationnement prévisionnel des vaches (650 kg poids vif)**

	Pré-expé	Ration expérimentale				
		E-p	E+p	SCHp	E+	SCH
<b>Quantités consommées (kg MS)</b>						
Ensilage de maïs	16,18	16,18	16,18	16,18	16,68	16,68
Paille de blé (broyée)	0,5	0,5	0,5	0,5		
Tourteau de colza	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Uralim	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
AMV 0/28/5	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sel	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>total</b>	<b>22,50</b>	<b>22,50</b>	<b>22,50</b>	<b>22,50</b>	<b>22,50</b>	<b>22,50</b>
<b>Bilan quotidien</b>						
UFL (/j)	20,48	20,54	20,54	20,38	20,79	20,63
PDIN (g/j)	2082	2077	2093	2077	2101	2085
PDIE (g/j)	1964	1959	1959	1975	1970	1987
<b>Densité protéique de la ration</b>						
PDIN / UFL (g)	102	101	102	102	101	101
PDIE / UFL (g)	96	95	95	97	95	96
<b>Lait couvert par la ration (kg)</b>						
UFL	34,5	34,6	34,6	34,3	35,2	34,8
PDIN	34,5	34,4	34,7	34,4	34,9	34,6
PDIE	32,1	31,9	31,9	32,3	32,2	32,5
P total	40,6	40,6	40,6	40,6	40,8	40,8
Ca total	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4

## **2.3 Contrôles et analyses**

### **2.3.1 Les aliments**

#### **○ L'ensilage de maïs**

Les valeurs des ensilages à la mise en silo sont estimées à partir d'analyses de composition chimique simple sur le fourrage prélevé en vert à la récolte : MS, MM, MAT, CB, ADF, NDF, ADL, MG, Amidon (méthode Ewers), digestibilité cellulase de la MS. Les analyses sont réalisées par Arvalis (Laboratoire Germ service). Un tamisage est également réalisé à l'aide du tamis Penn State separator pour caractériser la granulométrie du maïs fourrage à la mise en silo.

En cours d'utilisation, après ouverture des silos, des analyses de la composition chimique (matières sèches, cendres, MAT, DCS, cellulose brute, NDF-ADF-ADL, amidon, matière grasse) et de conservation sont réalisées toutes les deux semaines pour chaque silo. La granulométrie de chaque maïs ensilage est mesurée à 5 reprises tout au long de l'essai à l'aide du tamis Penn State Separator.

Pour chaque silo, des mesures de densités sont réalisées à 3 reprises au cours de l'essai par carottage du front d'attaque et du dessus du silo.

#### **○ Les aliments concentrés**

Pour les concentrés (tourteau de colza), trois échantillons représentatifs du début, milieu et fin d'essai sont analysés (matières sèches, cendres, MAT, cellulose brute, NDF, ADF, ADL, amidon enzymatique (tourteau), matière grasse et DE1) par le laboratoire Upscience.

### **2.3.2 Les rations**

Granulométrie des rations (sur brut) au tamis Penn State en début (semaines expé 6, 9, 12, 14 et 16). Soit au total : 2 mesures \* 3 maïs \* 5 périodes = 30 mesures. Ces mesures seront réalisées par un technicien Arvalis.

### **2.3.3 L'ingestion**

L'ingestion de chaque vache est déterminée quotidiennement en faisant, pour chaque vache, la différence entre la quantité distribuée le jour J (voir paragraphe 2.3) et la quantité de refus pesée le jour J+1 pour cette même vache.

Les quantités distribuées et les refus de chaque vache sont enregistrés dans le logiciel IFEL de l'Institut de l'Elevage qui les convertit en ingestions moyennes hebdomadaires exprimées en kg MS/jour/vache.

### **2.3.4 La production laitière et la composition du lait**

La quantité de lait brut est mesurée à chaque traite (14 traites par semaine) ; les mesures sont transformées en données hebdomadaires par le logiciel IFEL de l'Institut de l'Elevage. Deux prélèvements de lait pour déterminer le TB, le TP, l'urée et le taux de leucocytes du lait sont effectués par préleveur (Packo-Fullwood) sur 4 traites. Les prélèvements sont constitués dans une proportion de

50 % de lait de la traite du soir et de 50 % de lait de la traite du lendemain matin, avec conservateur au bromopol (protocole du Contrôle Laitier). Les prélèvements sont réalisés par le personnel des Trinottières, les analyses sont effectuées par le laboratoire de Laval (53).

### 2.3.5 Poids vif - Etat d'engraissement

Les pesées sont réalisées quotidiennement par pesée automatique en sortie de salle de traite.

L'état corporel des vaches laitières est évalué par 2 intervenants de la ferme habilités à noter les vaches pour leur état corporel. La NEC est évaluée tous les 15 jours. Ce sont toujours les 2 mêmes intervenants qui réalisent la notation. Chaque intervenant attribue une NEC par vache, la NEC finale est une note harmonisée résultant d'un échange entre les 2 intervenants.

## 2.4 Traitement des données

L'analyse statistique a été réalisée avec le package lme du logiciel R. L'analyse statistique consiste en une analyse de la variance de chaque variable mesurée lors de l'essai (noté Y) avec comme effets fixes l'interaction entre le lot, la semaine et la parité ainsi que le niveau moyen initial de chaque variable lors des 3 semaines de la période pré-expérimentale (noté Y\_init). Nous avons pris en compte - en tant qu'effets aléatoires - le caractère groupé des données en bloc et à l'intérieur de chaque bloc par animal. Une structure d'autocorrélation temporelle d'ordre 1 a été également considérée quand cela était nécessaire. Une simplification de chaque modèle a été effectuée en gardant (en plus de l'effet du traitement) les effets et interactions significatives. La formule générique initiale (avant simplification éventuelle) est la suivante :

$$Y = \text{Traitement} + \text{parité} + \text{semaine} + Y\_init + \text{Traitement}*\text{parité} + \text{Traitement}*semaine + \text{Semaine}*parité + \text{Traitement}*semaine*parité + \text{Bloc}(\text{Animal}).$$

Avec les effets fixes en bleu et les effets aléatoires en rouge.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Caractérisation des aliments

##### 3.1.1 Le maïs ensilage

###### ○ Valeurs nutritives

L'ensilage de maïs utilisé provient de 3 parcelles de la ferme des Trinottières : Grand champ, Grande pièce et Pré long. Dans chaque parcelle, les trois modalités de récolte ont été réalisées comme présentées au paragraphe 223. Les trois silos ont été ouverts simultanément et ont été utilisés tout au long de l'essai. La composition chimique, les valeurs nutritives des ensilages de maïs sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 7: composition chimique et valeurs nutritives des ensilages de maïs  
(Échantillons prélevés en vert à la récolte)**

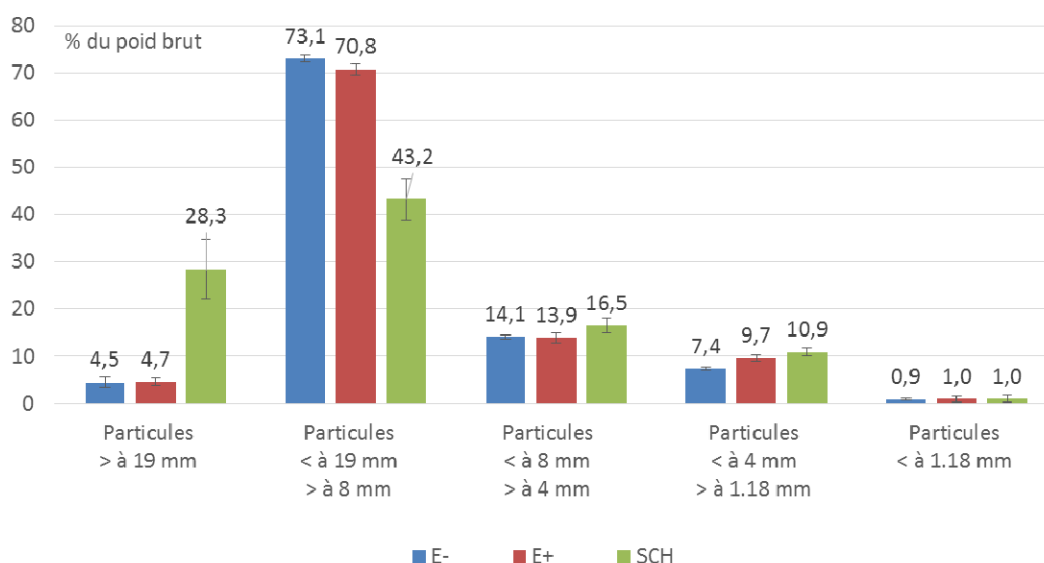
<b>Modalité de récolte</b>	<b>E-</b>	<b>E+</b>	<b>SCH</b>
Date de récolte	17/08/2018	16 et 17/08/2018	17 et 18/08/2018
Nombre d'analyses	6	6	6
<b>Composition chimique</b>			
MS (%)	36,0	36,1	36,5
MM (g/kg MS)	37	37	37
MAT (g/kg MS)	59	61	59
CB (g/kg MS)	194	188	187
NDF (g/kg MS)	420	409	410
ADF (g/kgMS)	227	224	225
ADL (g/kg MS)	25	24	25
Amidon (g/kg MS)	323	327	317
DCs (%)	72,4	71,9	73,0
CSPS (%)	42,1	73,1	71,6
<b>Valeurs nutritives (Calculées à partir d'INRA 2007)</b>			
DMO (%)	72,8	72,7	73,1
UFL (/kg MS)	0,93	0,93	0,93
PDIA (g/kg MS)	13	13	13
PDIN (g/kg MS)	36	37	36
PDIE (g/kg MS)	68	68	68
UEL (/kg MS)	0,93	0,93	0,92

La composition chimique et les valeurs nutritives des trois modalités sont très proches et peuvent être considérées comme identiques. Seule la valeur de CSPS diffère entre la modalité E- et les deux autres, ce qui était recherché dans cet essai. Par ailleurs, les valeurs de CSPS ne diffèrent pas entre les modalités E+ et SCH permettant ainsi d'évaluer l'effet « brin long » du maïs SCH sans biais lié à l'éclatement du grain de ce dernier.

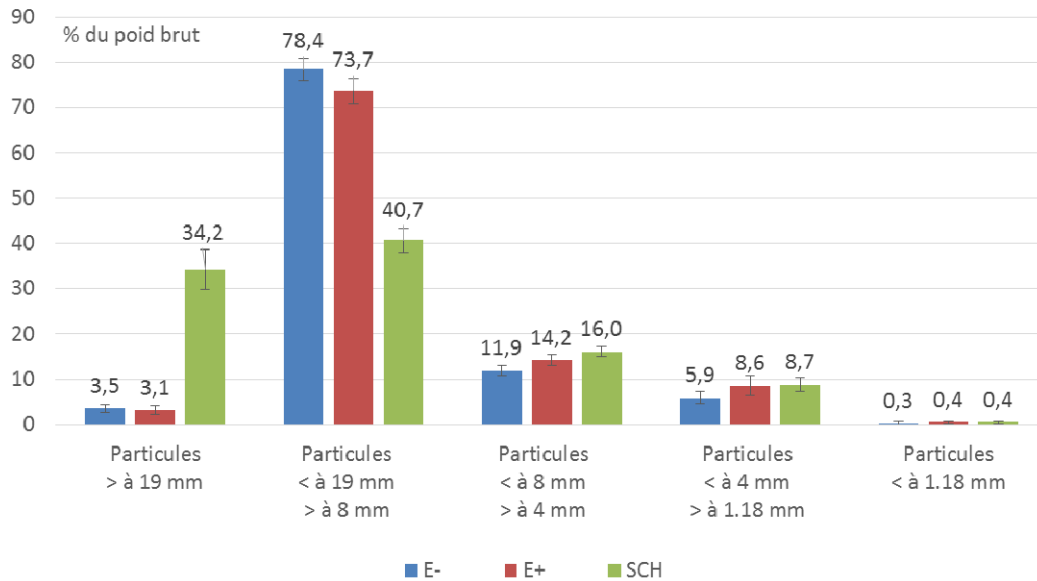
○ **Taille des particules et éclatement du grain**

La répartition de taille des particules des ensilages brins courts E- et E+ est relativement proche pour les échantillons tamisés à la récolte et après ouverture des silos. Les résultats de ces deux modalités sont proches de l'objectif fixé par l'université de Pennsylvanie de se situer entre 3 et 8 % de particules de plus de 19 mm. et entre 45 et 65 % de particules comprises entre 8 et 19 mm.

La distribution des particules du maïs SCH est conforme aux préconisations des constructeurs : 20 à 30 % de particules supérieures à 19 mm et 35 à 50 % de particules entre 8 et 19 mm. La répartition des particules inférieures à 8 mm est identique entre les maïs E+ et SCH. La part élevée de particules inférieures à 4 mm des maïs E+ et SCH (11,5 % environ sur échantillons verts et 9 % sur échantillons fermentés) confirme l'excellent éclatement des grains.



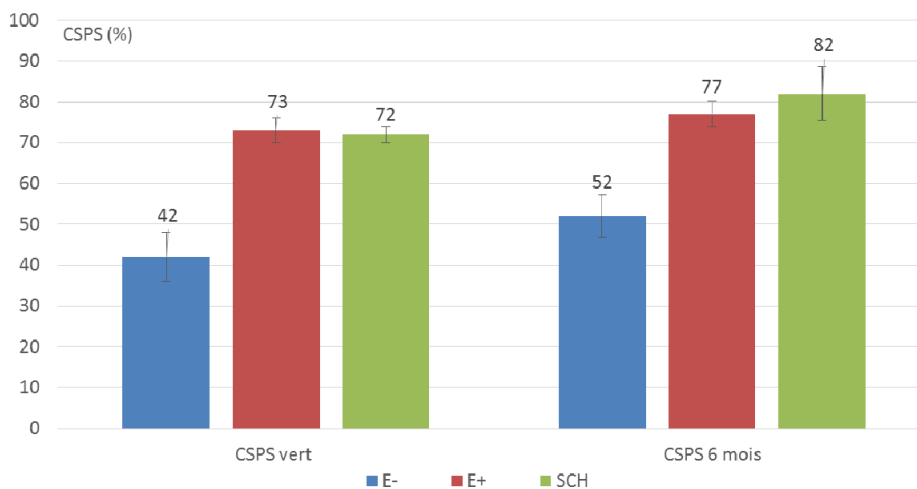
**Figure 2 : répartition des particules de maïs ensilage en vert à la récolte en fonction de leur taille en % du poids brut (tamisage au Penn State Separator). Barres verticales : écart-type inter répétitions (n=6) soit 18 échantillons tamisés**



**Figure 3 : répartition des particules de maïs ensilage après ouverture du silo en fonction de leur taille en % du poids brut (tamisage au Penn State Separator). Barres verticales : écart-type inter périodes (n=5) et répétitions (n=3) soit 45 échantillons tamisés**

Le CSPS de la modalité E- s'élève à 42 % sur échantillons verts et 52 % sur échantillons fermentés. L'objectif était d'obtenir un maïs ensilage avec un CSPS < 50 %, correspondant à un éclatement du grain qualifié d'insuffisant selon le barème proposé par Mertens et Ferreira (2005).

Le CSPS des modalités E+ et SCH s'élève à respectivement 73% et 72 % sur échantillons verts et 77 % et 82 % sur échantillons fermentés. Ces valeurs sont proches entre les deux modalités et supérieures à 70 % correspondant à un éclatement du grain considéré comme optimal. Les modalités E+ et SCH présentent donc un niveau d'éclatement du grain comparable associé à une différence de longueur de coupe des tiges et des feuilles, ce qui était recherché dans cet essai.



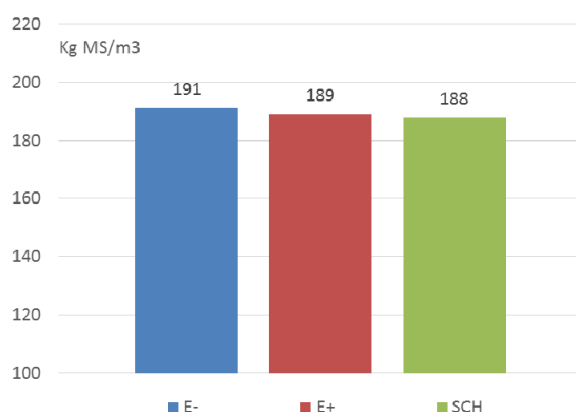
**Figure 4 : CSPS moyens des maïs ensilage en vert et fermentés en silo. Barres verticales : écart-type ( $n_{vert}=3$  et  $n_{fermenté}=5$ ) et répétitions (n=2)**



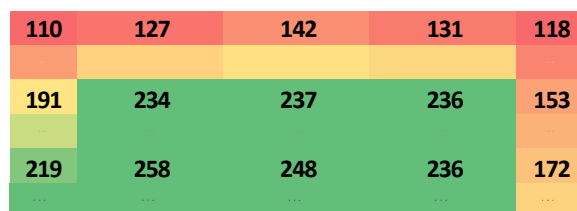
Par ailleurs, on note une augmentation du CSPS entre la mise en silo et après 6 mois de conservation. Le CSPS de la modalité E- a subi la plus forte augmentation (+24%) suivi du CSPS des modalités SCH (+14%) et E+ (+5%).

○ **Densité des silos**

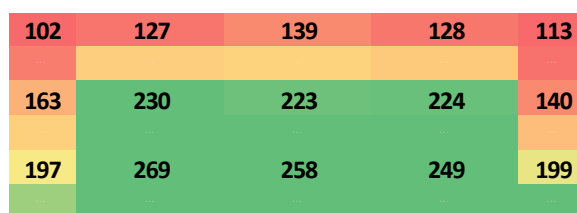
La densité des silos est identique entre les trois modalités (189 kg MS/m<sup>3</sup>). Elle se situe en-dessous des recommandations pour une conservation optimale (220 kg MS/m<sup>3</sup> pour 32 % de MS). Ceci s'explique par la faible dimension des silos, afin d'obtenir une vitesse d'avancement suffisante au cours de l'essai. Les côtés et parties supérieures du silo sont plus difficiles à tasser et leur densité est plus faible (cf figures 6 à 8).



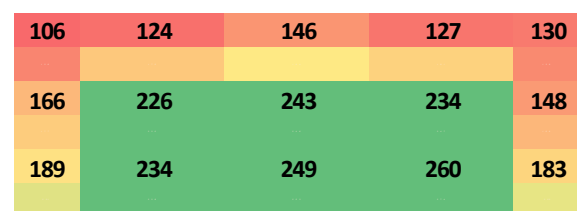
**Figure 5 : densité moyenne des silos d'ensilage de maïs selon la modalité de récolte**



**Figure 6 : densité du silo d'ensilage de maïs E- en fonction de la zone dans le silo**



**Figure 7 : densité du silo d'ensilage de maïs E+ en fonction de la zone dans le silo**



**Figure 8 : densité du silo d'ensilage de maïs SCH en fonction de la zone dans le silo**

○ **Conservation**

Les résultats des analyses fermentaires des ensilages de maïs sont présentés dans le tableau 8. Ces derniers mettent en évidence une bonne conservation des ensilages quelle que soit la modalité de récolte (selon le barème Arvalis issu de la brochure maïs fourrage 2018). Le pH inférieur à 4 et la teneur élevée en acide lactique témoignent d'une bonne acidification des ensilages. Les teneurs négligeables en alcools confirment le bon processus de fermentation. Cependant, des phénomènes d'échauffement ont été notés en fin d'essai sur la modalité SCH.

**Tableau 8: résultats d'analyses fermentaires des ensilages de maïs**

	pH	Acide Lact. (g/kg MS nc)	Acides gras volatils			Alcools			N-NH3	N soluble
			Acide Acét.	Acide Prop.	Acide Butyr.	Méthanol	Ethanol	Propanol		
		(g/kg MS nc)			(g/kg MS nc)			% N total		
E-	3,7	63,3	27,3	<0,1	<0,1	<0,1	10,3	<0,1	6,4	61,9
E+	3,7	67,7	36,0	<0,1	<0,1	<0,1	6,6	<0,1	6,5	62,8
E-	3,7	75,2	25,0	<0,1	<0,1	<0,1	8,6	<0,1	7,4	67,7

**3.1.2 Les concentrés**

Le seul concentré utilisé dans cet essai est du tourteau de colza industriel. Sa composition chimique et ses valeurs nutritives sont présentées dans le tableau 9.

**Tableau 9 : composition chimique et valeurs nutritives des concentrés utilisés**

Aliment concentré	Tourteau de colza
Nombre d'analyses	5
<b>Composition chimique</b>	
MS (%)	88,9
MM (g/kg MS)	72
MAT (g/kg MS)	352
Digestibilité pepsine cellulase (%)	80,1
DE1 (%)	24,8
CB (g/kg MS)	149
NDF (g/kg MS)	310
ADF (g/kg MS)	226
ADL (g/kg MS)	129
Matières grasses (g/kg MS)	29
<b>Valeurs nutritives (Calculées à partir d'INRA 2007)</b>	
UFL (/kg MS)	0,99
PDIA (g/kg MS)	89
PDIN (g/kg MS)	227
PDIE (g/kg MS)	146

### 3.2 Des performances zootechniques inchangées

Les résultats présentés ne portent que sur l'expérimentation 1. Des difficultés méthodologiques liées à la faible durée de la seconde expérimentation et à des problèmes d'échauffement du silo ne permettent pas d'apporter une conclusion à la seconde expérimentation.

Les résultats de l'expérimentation 1 (moyennes ajustées) visant à étudier les effets de l'éclatement du grain et de la taille des particules du maïs fourrage sur les performances zootechniques sont présentés dans le tableau 10.

**Tableau 10 : Effet de la modalité de récolte du maïs ensilage sur les performances zootechniques des vaches laitières – moyennes ajustées**

Performances	E-p	E+p	SCHp	p(lot)	p(parité)	p(lot*parité)
Effectif	20	20	21	-	-	-
Ingestion (kgMS/j)	23,9	23,3	23,5	0,2065	0,0051	0,5745
Lait Brut (kg/j)	34,5	34,8	34,3	0,6288	0,0063	0,4089
MG (g/j)	1131	1125	1120	0,8818	0,0117	0,2913
MP (g/j)	1386	1370	1383	0,8213	0,0057	0,5582
TB (g/kg de lait)	40,3	39,6	40,6	0,0854	0,2108	0,4232
TP (g/kg de lait)	32,9	32,4	32,9	0,3459	0,7083	0,9560
Cellules (log10/ml)	4,46	4,51	4,53	0,7600	0,0079	0,4247
Urée (mg/l de lait)	251	249	252	0,9583	0,6268	0,5552
Poids Vif (kg)	653	649	648	0,2888	0,0127	0,9571

L'ingestion, le lait brut, les quantités de matières protéiques et de matières grasses, le taux protéique et le taux butyreux, les comptages cellulaires, le taux d'urée du lait et le poids vif des vaches laitières des trois lots ne diffèrent pas.

La différence d'éclatement du grain, obtenue entre les modalités E- et E+, était nette avec une différence de CSPA de 31 points à la récolte et 25 points au bout de six mois de conservation (42 % vs 73% pour E- et E+ sur échantillon vert ; 52 % vs 77% pour E- et E+ après 6 mois de conservation) alors que la longueur de coupe de la tige et des feuilles était comparable (figure 3). Pour autant, le niveau d'éclatement du grain n'a eu d'effet ni sur l'ingestion ni sur les performances de production des vaches laitières des lots E-p et E+p. Dans cet essai, les ensilages de maïs ont été consommés après 5 mois de conservation. La dégradabilité de l'amidon s'améliore avec le processus de fermentation (phénomène de protéolyse) rendant les particules d'amidon plus accessibles aux micro-organismes du rumen. Par ailleurs, bien que le maïs ensilage E- présente un fort différentiel de CSPA avec la modalité E+, celui-ci reste attaqué un minimum et ne présente pas un grain entier. Ces deux éléments expliquent probablement l'absence de différence entre E-p et E+p.

La part de particules de plus de 19 mm du maïs ensilage E+ s'élève à 3,1 % du poids brut versus 34,2 % du poids brut pour le maïs SCH (sur échantillon fermenté), ce qui témoigne d'une différence importante

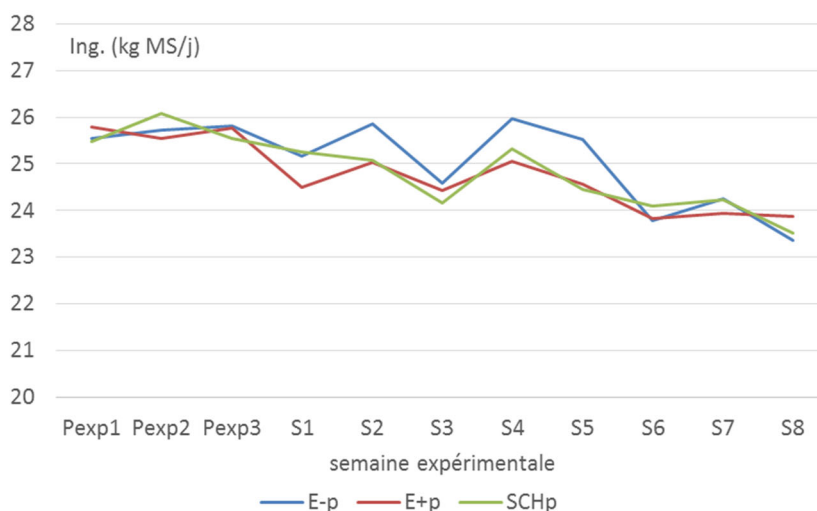
de longueur de coupe entre ces modalités. En parallèle, l'éclatement du grain est comparable (CSPS de 77 % pour le maïs E+ et CSPS de 82 % pour le maïs SCH sur échantillon fermenté). Cette différence de longueur de coupe n'a cependant eu aucun effet sur les quantités ingérées et les performances de production des vaches laitières.

Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Arvalis à la station de la Jaillière avec des rations comparables (67 % d'ensilage de maïs, 6 % d'enrubannage, 26 % de tourteau de colza et 1 % d'aliments minéraux et vitaminiques) dans le cadre du même projet.

**Ni l'éclatement du grain, ni la taille des particules de maïs ensilage n'ont eu d'effet significatif sur l'ingestion, la production laitière, la composition du lait et le poids vif des vaches laitières.**

### 3.2.1 Ingestion

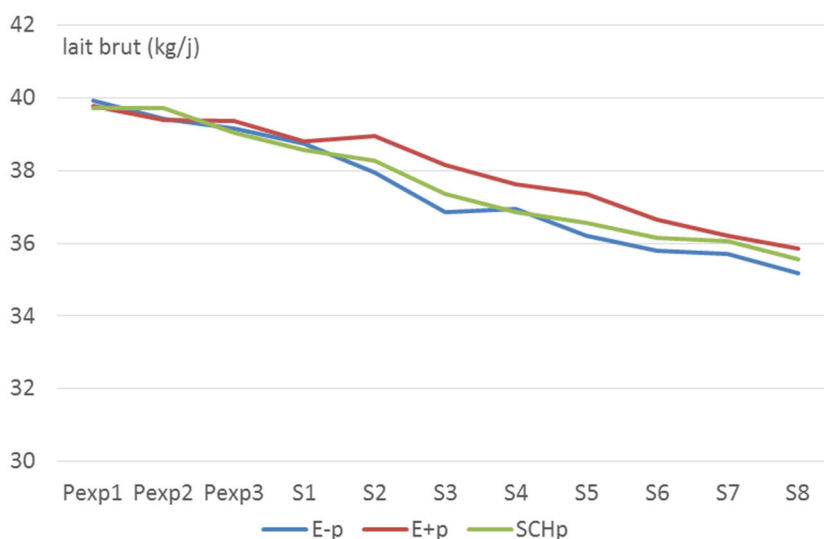
Durant l'essai, l'ingestion des vaches laitières a été élevée. Elle est conforme aux ingestions relevées sur le troupeau avec un stade de lactation similaire et des rations de même composition. Son évolution est présentée en figure 9. Entre le début et la fin de l'essai, l'ingestion diminue pour les trois lots. Elle passe de 25,6 kg MS en moyenne en début d'essai à 23,6 kg MS en fin d'essai, soit une baisse de 2 kg MS probablement liée à l'avancement du stade de lactation.



**Figure 9 : Evolution de l'ingestion moyenne des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**

### 3.2.2 Lait brut

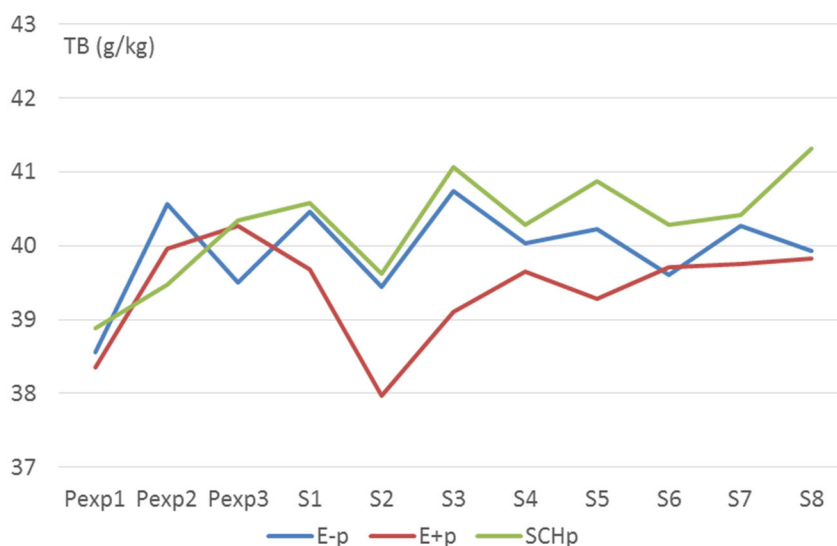
L'évolution de la production laitière est présentée sur la figure 10. Durant l'essai, elle a été élevée sous l'effet du faible stade de lactation des vaches (2,8 mois en début d'essai) et de la bonne qualité des rations. Quel que soit le lot, elle a diminué régulièrement entre le début et la fin de l'essai pour passer de 39,8 kg/j en moyenne durant la première semaine pré-expérimentale à 35,5 kg/j en semaine 8. Cette baisse s'est opérée de la même manière entre les trois lots et s'explique par l'avancement du stade de lactation entre le début et la fin de l'essai.



**Figure 10 : Evolution de la production laitière moyenne des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**

### 3.2.3 Taux butyreux

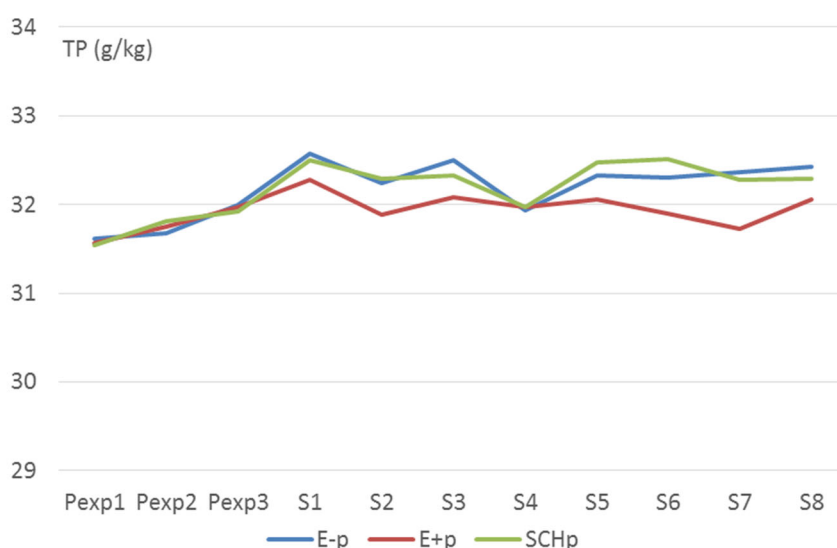
L'évolution du taux butyreux est présentée sur la figure 11. Le taux butyreux est un critère qui présente une variabilité importante. Il reste entre 39 g/kg et 41 g/kg au cours de l'essai sauf pour le lot E+p en deuxième semaine expérimentale qui enregistre une baisse ponctuelle à 38 g/kg sans explication apparente.



**Figure 11 : Evolution du taux butyreux moyen des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**

### 3.2.4 Taux protéique

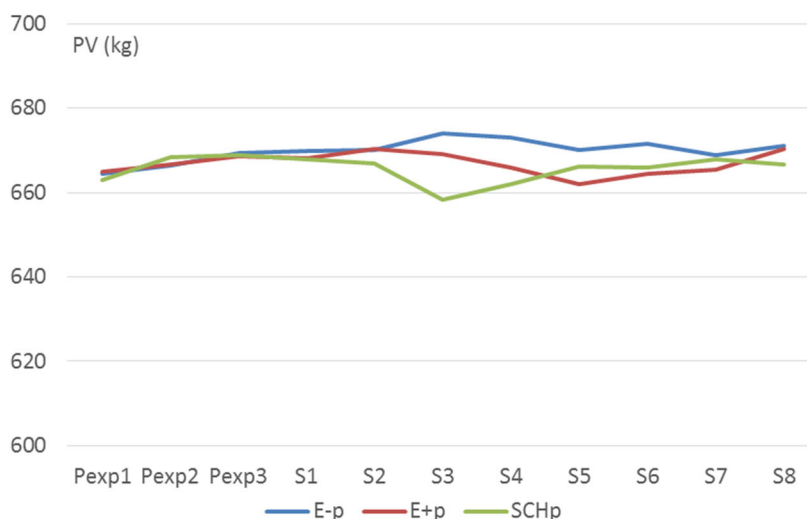
L'évolution du taux protéique en cours d'essai est présentée sur la figure 12. Celui-ci est stable au cours de la période expérimentale pour l'ensemble des lots.



**Figure 12 : Evolution du taux protéique moyen des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**

### 3.2.5 Poids vif

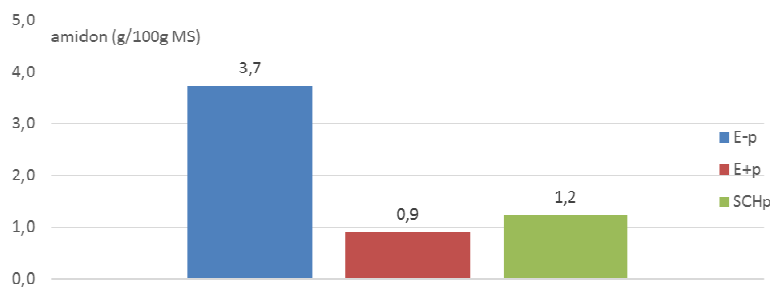
L'évolution du poids vif des vaches laitières en essai est présentée sur la figure 13. Celui-ci est resté très proche entre les trois lots tout au long de l'essai. Entre le début et la fin de l'essai, il n'y a pas eu de variation du poids moyen des animaux ; il s'élevait en moyenne à 667 kg durant la période pré-expérimentale et s'établissait à 669 kg en moyenne en dernière semaine d'essai. Durant l'essai, les vaches avaient passé le pic de lactation et la phase de mobilisation des réserves. Cependant, elles n'étaient pas encore à phase de reconstitution des réserves compte tenu de leur niveau de production encore élevé au moment de l'essai.



**Figure 13 : Evolution du poids vif moyen des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**

### 3.3 Teneur en amidon dans les fèces

La teneur moyenne des fèces en amidon est présentée sur la figure 14. Celle-ci s'élève à 3,7 % de la matière sèche des fèces pour le lot E-p alors qu'elle n'est que de 0,9 % et 1,2 % respectivement pour les lots E+p et SCHp, soit 3,5 fois moins. Elle suit la tendance également observée par Arvalis à la Jaillière lors d'un essai sur vaches laitières réalisé dans le cadre du même projet et mettant en jeu 3 traitements comparables. En outre, elles se situent dans la gamme basse des celles observées par Fredin et al (2014) sur 30 régimes expérimentaux.



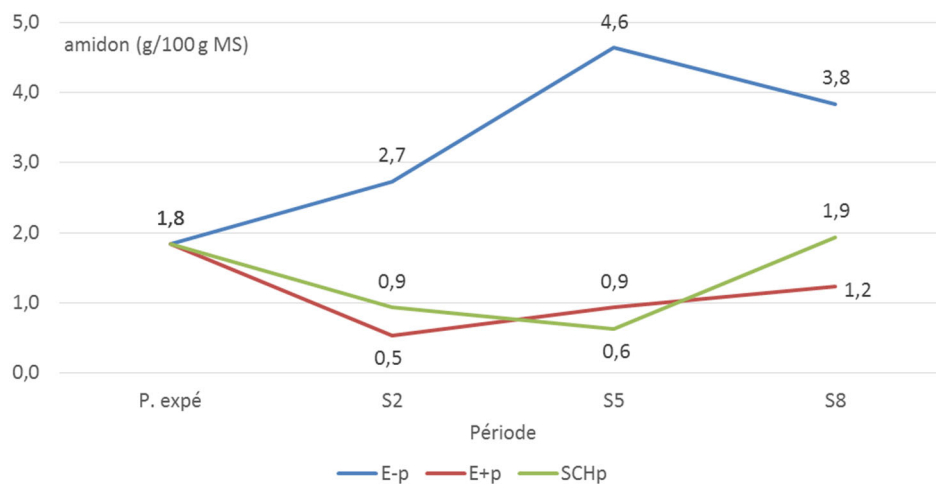
**Figure 14 : Teneur moyenne en amidon des fèces des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**

Le gradient de teneur en amidon des fèces entre les lots est cohérent avec le CSPS mesuré sur chacun des ensilages de maïs. Bien que les performances de production ne diffèrent pas entre les trois modalités, il semble que l'amidon du maïs E-p ait été moins bien dégradé dans le tube digestif des vaches laitières que l'amidon des deux autres modalités testées.

La figure 15 présente l'évolution de la teneur en amidon fécal au cours de l'essai. Dans le cas du lot E-p, celle-ci a légèrement augmenté pour atteindre un maximum à 4,6 % puis a baissé en fin d'essai alors qu'elle est restée relativement stable (entre 0,5 et 2,0 %) pour les lots E+p et SCHp.

Selon les auteurs, l'objectif est de ne pas dépasser 3 à 5 % d'amidon fécal.

Dans la majorité des échantillons analysés au cours de l'essai, les teneurs en amidon fécal étaient inférieures à 3 % de la matière sèche, traduisant une excellente digestion de l'amidon dans le tube digestif (Fredin et al, 2014). Seul le lot E-p enregistre une teneur supérieure à ce seuil 2 fois sur 4 sans pour autant dépasser le seuil de 5 %.



**Figure 15 : Evolution de la teneur en amidon des fèces des vaches laitières selon la modalité de présentation de l'ensilage de maïs**



## 4. Conclusions

L'essai mis en place à la ferme expérimentale des Trinottières en partenariat avec Arvalis et l'Institut de l'Élevage dans le cadre du projet FranceAgriMer ECLAT'MAÏS avait pour objectif d'étudier distinctement les effets de l'éclatement du grain (E+p vs E-p) et la taille des particules du maïs ensilage (E+p vs SCHp) sur les performances des vaches laitières et la digestibilité de l'amidon.

Les maïs récoltés présentaient une composition chimique et des valeurs nutritives identiques, ce qui a permis de bien tester l'effet de l'éclatement du grain et de la taille des particules. Les ensilages de maïs E- et E+ avaient un CSPP moyen de respectivement 47 % et 75 % traduisant deux niveaux d'éclatement bien distincts sans différence de longueur de coupe des tiges et des feuilles. L'ensilage de maïs SCH se différencie bien sur la taille de particules avec 31 % de « particules longues » (>19mm) contre 4 % en moyenne pour E- et E+ et un CSPP comparable à E+.

L'utilisation de ces maïs ensilage se distinguant par le niveau d'éclatement du grain et/ou la longueur de coupe des particules dans 3 rations complètes de même composition pour alimenter 3 lots d'une vingtaine de vaches laitières permet de conclure que :

- **le niveau d'éclatement du grain n'a pas eu d'effet significatif sur les performances des vaches laitières** pour des CSPP moyens de 47 % vs 75 %,
- **la taille des particules d'ensilage de maïs n'a pas eu d'effet significatif sur les performances zootechniques des vaches laitières,**
- la digestibilité de l'amidon, illustré par la teneur en amidon fécal, a été bonne malgré des teneurs plus élevées pour la modalité incorporant le maïs ensilage E-.

Ces résultats sont en cohérences avec les résultats obtenus sur vaches laitières par Arvalis à la station de la Jaillière mettant en œuvre les trois mêmes procédés de récoltes.

Si l'éclatement du grain reste un point essentiel pour une bonne digestibilité de l'amidon, il semble qu'**un niveau d'éclatement « moyen » et un délai d'ouverture du silo suffisant permettent d'obtenir une bonne valorisation de la ration.** En outre, si les bonnes pratiques de rationnement sont respectées, **l'apport de brins longs n'a d'effet ni sur l'ingestion, ni sur les performances de production laitière.**

**Collection**  
**Résultats**

**Edité par :**  
**l'Institut de l'Élevage**  
149 rue de Bercy  
75595 Paris Cedex 12  
[www.idele.fr](http://www.idele.fr)  
Juin 2020

**Dépôt légal :**  
2e trimestre 2020  
© Tous droits réservés  
à l'Institut de l'Élevage  
Réf. 0020 302 027  
ISSN 1773-4738



# Effet de la présentation de l'ensilage de maïs sur les performances zootechniques des vaches laitières

## Résultats d'essai

L'essai mis en place à la ferme expérimentale des Trinottières en partenariat avec Arvalis et l'Institut de l'Élevage dans le cadre du projet FranceAgriMer ECLAT'MAÏS avait pour objectif d'étudier distinctement les effets de l'éclatement du grain et de la taille des particules du maïs ensilage sur les performances des vaches laitières et la digestibilité de l'amidon.

Le même maïs ensilage a été récolté selon trois modalités : éclatement du grain faible avec éclateur classique et brins courts (E-) ; éclatement élevé avec éclateur classique et brins courts (E+) ; et éclatement élevé avec éclateur rainuré en croix et brins longs (SCH). Il a été distribué à 3 lots de 21 vaches laitières Prim'Holstein durant 11 semaines dont 3 de pré-expérimentation. Les rations complètes se composaient de 72 % de maïs fourrage, 2 % de paille et 24 % de tourteau de colza. Aucune différence de lait brut, de taux butyreux, de taux protéique, de comptage cellulaire, et de poids vif n'a été observée entre les 3 modalités. Après 6 mois de conservation en silo, le niveau d'éclatement des grains du maïs ensilage (E- vs E+) n'a pas eu d'effet significatif sur les performances laitières. Les teneurs en amidon fécal ont été faibles (< 4 % de la MS). Toutefois, une meilleure digestibilité de l'amidon a été observée pour les animaux du lot E+ par rapport à ceux du lot E- (-2,8 pts d'amidon fécal), sans influencer sur les performances laitières. L'apport de fibres longues par le maïs ensilage (E+ vs SCH) n'a eu d'effet ni sur l'ingestion, ni sur les performances laitières.

Si l'éclatement du grain reste un point essentiel pour une bonne digestibilité de l'amidon, il semble qu'un niveau d'éclatement « moyen » et un délai d'ouverture du silo suffisant permettent d'obtenir une bonne valorisation de la ration. En outre, si les bonnes pratiques de rationnement sont respectées, l'apport de brins longs n'a d'effet ni sur l'ingestion, ni sur les performances de productions laitières.

Avec le soutien financier :



Contact :

[julien.jurquet@idele.fr](mailto:julien.jurquet@idele.fr)

Juin 2020

Réf. 0020 302 027

ISSN 1773-4738

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

