

Août 2006

Compte rendu 03 06 31 013

Département TEQ

Conduite et traite troupeaux lait

Jean LEGARTO, Benoît BEAUMONT

Détermination des seuils d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières

Compte rendu de deux essais zootechniques réalisés au Domaine d'Ognoas en 2003/2004 et 2004/2005.

collection résultats



Sommaire :

| | |
|---|-----------|
| Sommaire : | 2 |
| Résumé | 4 |
| Preliminaire. | 5 |
| Les objectifs | 6 |
| Le dispositif expérimental mis en place | 6 |
| Pour l'essai 1 de 2003/2004. | 6 |
| Pour l'essai 2 de 2004 /2005. | 7 |
| Le matériel expérimental | 8 |
| Les fourrages..... | 8 |
| Les concentrés. | 8 |
| Les concentrés protéiques d'équilibre (CA). | 8 |
| Le tourteau tanné. | 8 |
| Les concentrés de production. | 8 |
| Les animaux. | 9 |
| Le schéma expérimental | 10 |
| La période pré-expérimentale..... | 10 |
| La période de transition alimentaire. | 10 |
| La période expérimentale. | 10 |
| Les contrôles effectués | 11 |
| Au niveau des fourrages, des concentrés et de la graine de soja. | 11 |
| Au niveau des animaux et du lait..... | 11 |
| Les résultats | 12 |
| La composition et la présentation des graines de soja. | 12 |
| Origine et présentation de la graine entière de soja..... | 12 |
| La détermination de la valeur énergétique. | 12 |
| La détermination des valeurs azotées..... | 13 |
| Les résultats zootechniques sur vaches laitières. | 14 |
| Les ingestions..... | 14 |
| Les productions laitières observées. | 15 |

| | |
|---|-----------|
| Les productions laitières corrigées..... | 15 |
| Autres critères de composition du lait. | 16 |
| Les gains de poids vifs et les évolutions des états d'engraissement. | 18 |
| Les faciès fermentaires ruminiaux..... | 18 |
| La composition des bouses..... | 19 |
| La pathologie observée. | 20 |
| Discussion des résultats..... | 21 |
| Les ingestions..... | 21 |
| Les productions laitières brutes et leurs compositions..... | 21 |
| La production laitière brute. | 21 |
| La production de matières grasses du lait et leurs concentrations. | 21 |
| La composition en AG du lait..... | 22 |
| La production de matières protéiques et leurs concentrations..... | 23 |
| La valorisation énergétique des rations avec ou sans GSC. | 23 |
| Le niveau des apports azotés et leurs valorisations..... | 24 |
| La valorisation économique de la graine de soja crue. | 25 |
| Conclusion : | 28 |
| Annexes | 29 |
| Annexe 1 : Evolutions des ingestions totales. | 29 |
| Annexe 2 : Les courbes observées de production laitière de l'essai 1. . | 30 |
| Annexe 3 : Les courbes corrigées de production laitière de l'essai 1. ... | 31 |
| Annexe 4 : Les courbes observées de production laitière de l'essai 2.. | 32 |
| Annexe 5 : Les courbes corrigées de production laitière de l'essai 2. ... | 33 |
| Annexe 6 : Les courbes de taux d'urée du lait de l'essai 1 et 2..... | 34 |
| Annexes 7 : Composition des acides gras du lait de l'essai 2. | 35 |
| Annexe 10 : Paramètres économiques retenus. | 38 |

Résumé.

Dans le cadre de l'augmentation de l'autonomie protéique des exploitations laitières mais aussi de l'amélioration nécessaire de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait de vache obtenues avec des régimes à base d'ensilage de maïs, deux essais zootechniques ont été menés au Domaine d'Ognoas (Landes France) afin de déterminer les seuils d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières en production.

Trois niveaux d'incorporation de graines de soja crue et aplatie (GSC) ont été testés par rapport à un témoin sans GSC (GSC0) : 2 kg/j (GSC2), 4 kg/j (GSC4) et 6 kg/j (GSC6). L'excès d'azote soluble procuré par la GSC a été partiellement compensé par de l'apport de tourteau tanné (0,9 kg pour GSC2, 1,3 kg pour GSC4 et 1,8 kg pour GSC6). Ainsi, les concentrations en PDIE/kg de MS ont été donc identiques pour toutes les modalités.

En ration complète, les ingestions à volonté ont été similaires avec ou sans GSC, les apports ont donc été iso-PDIE. L'incorporation de GSC, même à dose élevée (6 kg/j) n'a pas détérioré l'ingestion à volonté de la ration totale.

Les productions laitières brutes ont été augmentées jusqu'à 7 % par l'apport de 2 kg de GSC/j par rapport au témoin. Il n'y a pas eu de dilution des matières protéiques malgré l'apport de lipide. La reprise des poids vifs a été favorisée par rapport au régime témoin (+ 270 g/j d'écart). La valorisation énergétique de la ration enrichie avec GSC2 a été bonne (98 à 99 % de l'énergie nette).

Le doublement des apports de GSC (4 kg/j) n'améliore plus les performances par rapport à GSC2, il n'y a pas de détérioration de la production de matières protéiques et de la valorisation énergétique de la ration.

L'apport de 6 kg/j de GSC a par contre engendré une moindre production laitière (0,9 kg lait/j) par rapport au témoin, sans pour autant affecter le taux protéique. La valorisation énergétique des rations avec GSC6 a été médiocre (87 % de l'énergie nette apportée).

On peut donc affirmer que du point de vue des performances zootechniques, l'optimum a été obtenu avec l'apport quotidien de 2 kg de GSC, avec 4 kg il y a plafonnement tandis qu'avec 6 kg il y a détérioration. Ces essais confirment donc la validité du raisonnement de l'apport de matières grasses par des graines d'oléo-protéagineux basé sur le taux de MG de la ration avec un optimum situé à 3,6 – 3,8 % de la MS.

La baisse des taux butyreux du lait est perceptible dès l'apport de 2 kg/j de GSC (0.5 à 1,2 g/l), elle s'accroît avec les apports plus élevés (GSC4 et GSC6) pour atteindre 3,3 g/l.

La qualité nutritionnelle des acides gras s'améliore avec l'apport croissant de GSC : l'insaturation augmente, l'athérogénicité diminue. Les rapports n-6/n-3 passent de 10 à 6 avec l'apport de 6 kg de GSC (sur ensilage de maïs). Les teneurs en précurseurs de CLA ne sont que très peu augmentées et les autres AG trans peu diminués. La graine de soja crue et aplatie n'améliore que quelques indices de la qualité des MG du lait.

Au niveau d'un élevage laitier et de son système de production, l'optimum économique est atteint avec la distribution de 2 kg/j de GSC. Cet optimum correspond en fait à une non détérioration des marges économiques avec une production de soja se substituant partiellement à la production de maïs irrigué. Cette neutralité économique est obtenue dans le cadre d'un découplage partiel des aides PAC (base maïs irrigué et soja non irrigué). Au-delà de 2 kg de GSC, la détérioration des marges est importante.

En conclusion, ces essais confirment que l'optimum technique et économique est atteint avec une distribution de 2 kg/j de graine de soja crue aplatie. Le seul intérêt de distribuer davantage de graines de soja toucherait l'amélioration de la qualité nutritionnelle du lait, mais là aussi, d'autres espèces (lin, colza) auraient des réponses plus efficaces. Le soja garde l'avantage d'être adaptée aux conditions pédo-climatique du Sud-Ouest de la France.

Préliminaire.

La principale zone de production de graines de soja en France est le Sud-Ouest (100 000 tonnes environ en 2002). Une filière « soja de pays » s'est récemment développée pour mieux maîtriser la traçabilité dans le cadre du « non OGM¹ ». Cette production est essentiellement destinée, dans sa forme « tourteau » ou « graine traitée » à des filières dites de qualité (aviculture).

La production bovine laitière doit aussi préventivement, s'intéresser à cet oléo-protéagineux, soit sous forme de graine traitée (par extrusion, floconnage, toasting, tannage...) soit sous forme entière en vue d'une fabrication d'aliment fermier avec pour unique traitement un broyage, un aplatissement ou un laminage.

Les graines de soja contiennent des facteurs antinutritionnels (essentiellement antitryptique) qui nuisent à la bonne utilisation des protéines par les monogastriques. De ce fait, pour ces espèces, la graine de soja doit subir un traitement thermique approprié (procédés cités auparavant). Pour les ruminants, il est possible d'utiliser les graines de soja crues (GSC) plus ou moins réduites physiquement mais en quantité limitée de par leurs richesses en huile (18 à 21 % de lipides). Ces matières grasses peuvent être pénalisantes au niveau de la digestion ruminale, aussi les recommandations d'apport tiennent compte avant tout de la teneur en matières grasses de la ration totale. Il est communément admis que les quantités de GSC ne doivent pas dépasser 3 kg/vache/jour avec des rations à base d'ensilage de maïs. Ces recommandations ont été établies « à dire d'expert » avec probablement des marges de sécurité importantes, les références bibliographiques expérimentales justifiant ces quantités sont très peu nombreuses et pour la plupart anciennes. Aussi, il nous est apparu nécessaire de mesurer zootechniquement les conséquences d'une incorporation croissante de graines de soja dans l'alimentation des vaches laitières avec des rations à base d'ensilage de maïs.

Parmi les autres raisons qui justifieraient un nouvel intérêt apporté à la graine de soja entière sont d'ordre qualitatifs. La graine de soja entière est de plus en plus citée comme une source alimentaire lipidique non traitée prometteuse pour accroître l'acide linoléique et diminuer l'index d'athérogénicité² des matières grasses laitières (Chilliard et al, 2001).

¹ OGM : organisme génétiquement modifiés

² C12 :0 + 4 C14 :0 + C16 :0 / ΣAGI (Ulricht et al 1991) Indice d'athérogénicité

Les objectifs.

Il s'agit au travers de deux essais zootechniques d'évaluer trois niveaux d'incorporation de graine de soja crue (GSC) dans l'alimentation de vaches laitières par rapport à un régime alimentaire « témoin » sans graine de soja.

- Le premier niveau est de 2,0 kg de GSC/vache/jour induisant 3,5 % de matières grasses (MG) dans la ration totale (/ la matière sèche : MS).
- Le deuxième niveau est de 4,0 kg de GSC/vache/jour induisant 5 % de MG dans la ration totale.
- Le troisième niveau est de 6,0 kg de GSC/vache/jour induisant 6,5 % de MG dans la ration totale également.

Les mesures portent sur les points suivants :

** Valeurs alimentaires (ingestions et valeurs nutritives)

** Valorisations zootechniques et composition du lait.

** Autres conséquences technico-économiques au niveau de l'atelier laitier et de l'exploitation.

** Evaluations des répercussions sur l'environnement (rejets d'azote et de phosphore).

Le dispositif expérimental mis en place.

Pour l'essai 1 de 2003/2004.

Trois modalités alimentaires sont appliquées.

- Modalité « témoin » : (GSC0) pratique courante des éleveurs sans graine de soja.
Mélange distribué à volonté composé de :
 - ensilage de maïs (EM) : 68 % de la MS
 - co-produit de maïs doux (CPMD) : 12 % de la MS.
 - foin de luzerne (FL) : 0,7 kg/v/j soit 3,5%
 - concentré protéique (CA) : 3 kg/v/j soit 15 %.
 - AMV et tampons: 0,450 kg/v/j soit 1,5%.Cette ration de base est distribuée à volonté en ration complète à l'auge.
Le concentré de production fermier (CP) est distribué au DAC (distributeur automatique de concentré)
- Modalité : (GSC2): 2 kg de graines de soja/v/j :
Mélange distribué à volonté composé de :
 - ensilage de maïs (EM) : 65 % de la MS
 - co-produit de maïs doux (CPMD) : 10 % de la MS.
 - foin de luzerne (FL) : 0,7 kg/v/j soit 3,5%
 - concentré protéique (CA) : 1 kg/v/j.
 - tourteau de soja tanné (TT) : 0,9 kg/v/j
 - AMV et tampons : 0,450 kg/v/j soit 1,5%.Cette ration de base est distribuée à volonté en ration complète à l'auge.
Le concentré de production fermier (CP) est distribué au DAC (distributeur automatique de concentré).
- Modalité : (GSC4): 4 kg de graines de soja/v/j :
Mélange distribué à volonté composé de :
 - ensilage de maïs (EM) : 62 % de la MS
 - co-produit de maïs doux (CPMD) : 10 % de la MS.
 - foin de luzerne : 0,7 kg/v/j

- concentré protéique (CA) : 0 kg/v/j.
- tourteau de soja tanné (TT) : 1,26 kg/v/j
- AMV et tampons : 0,450 kg/v/j

Cette ration de base est distribuée à volonté en ration complète à l'auge.

Le concentré de production fermier (CP) est distribué au DAC
(distributeur automatique de concentré).

Pour l'essai 2 de 2004 /2005.

Les modalités « témoin » et « GSC2 » ont été reprises, tandis que la dernière modalité a été remplacée par 6 kg de GSC/vache/jour (GSC6).

- Modalité « témoin » : (GSC0) pratique courante des éleveurs sans graine de soja.
Mélange distribué à volonté composé de :
 - ensilage de maïs (EM) : 73 % de la MS
 - co-produit de maïs doux (CPMD) : 10 % de la MS.
 - concentré protéique (CA) : 3,5 kg/v/j soit 15 %.
 - AMV et tampons : 0,450 kg/v/j soit 2%.
 Cette ration de base est distribuée à volonté en ration complète à l'auge.
Le concentré de production fermier (CP) est distribué au DAC
(distributeur automatique de concentré)

- Modalité : (GSC2): 2 kg de graines de soja/v/j :
Mélange distribué à volonté composé de :
 - ensilage de maïs (EM) : 69 % de la MS
 - co-produit de maïs doux (CPMD) : 10 % de la MS.
 - concentré protéique (CA) : 1,2 kg/v/j.
 - tourteau de soja tanné (TT) : 1,2 kg/v/j
 - AMV et tampons : 0,450 kg/v/j soit 2%.
 Cette ration de base est distribuée à volonté en ration complète à l'auge.
Le concentré de production fermier (CP) est distribué au DAC
(distributeur automatique de concentré).

- Modalité : (GSC6): 6 kg de graines de soja/v/j :
Mélange distribué à volonté composé de :
 - ensilage de maïs (EM) : 57% de la MS
 - co-produit de maïs doux (CPMD) : 10 % de la MS.
 - concentré protéique (CA) : 0 kg/v/j.
 - tourteau de soja tanné (TT) : 1,8 kg/v/j
 - AMV et : 0,450 kg/v/j
 Cette ration de base est distribuée à volonté en ration complète à l'auge.
Le concentré de production fermier (CP) est distribué au DAC
(distributeur automatique de concentré).

Le matériel expérimental.

Les fourrages.

Essai par essai, les fourrages distribués aux 3 modalités sont identiques et leurs compositions sont mentionnées dans le tableau 1.

1. L'ensilage de maïs est issu d'une variété tardive bien évaluée (PR34 B23)
2. Les co-produits de maïs doux et le foin de luzerne (essai 1) ont pour objectif essentiel d'apporter des fibres.

Les concentrés.

Les concentrés protéiques d'équilibre (CA).

Pour chacun des essais, le concentré protéique d'équilibre (CA) est le même pour l'équilibre des rations et pour la constitution du concentré de production.

Pour l'essai 1, il est apporté sous forme granulé et est composé des matières premières suivantes : corn gluten feed (4%), tourteau de colza (40%), tourteau de soja (21%), tourteau d'arachide (20%), mélasse (2%), son de blé (8%) et un pré-mélange de 5 % contenant pour moitié de l'urée.

Pour l'essai 2, le CA est du tourteau de soja 48, il intervient, comme précédemment dans la composition du concentré de production.

Le tourteau tanné.

Pour les 2 essais, le tourteau de soja tanné a été traité au formol.

Les concentrés de production.

Pour l'essai 1, le concentré de production est de fabrication fermière, il est composé de farine de maïs (70%) et de concentré protéique (27,5 %) et de carbonate de calcium (2,5%).

Pour l'essai 2, le concentré de production est également de fabrication fermière, il est composé de 68 % de farine de maïs, de 29.5 % de tourteau de soja et 2.5 % de carbonate de calcium.

| En p-cent de MS | Essai 1 | | | | | Essai 2 | | | |
|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|------|------|
| | EM | CPMD | FL | CA | T T | EM | CPMD | CA | TT |
| Matière première | | | | | | | | | |
| % MS | 38.5 | 21.5 | 93.1 | 88.4 | 86.0 | 36.0 | 21.55 | 86.5 | 85.4 |
| M minérales | 3.56 | 2.12 | 9.53 | 7.68 | 6.6 | 3.35 | 2.42 | 6.33 | 6.36 |
| M azotées totales | 6.23 | 7.42 | 16.54 | 46.61 | 51.72 | 6.05 | 9.3 | 50.9 | 48.3 |
| Cellulose brute | 20.77 | 30.23 | 31.6 | 12.61 | 7.83 | 17.45 | 32.47 | 7.3 | 7.03 |
| Amidon | 29.63 | 5.46 | | 9.0 | 5.8 | 33.10 | 3.97 | 9.0 | 6 |
| Sucres simples | 3.21 | 9.5 | | | | 10.0 | 9.6 | | |
| M grasses (EE) | 2.39 | 2.0 | | 4.0 | 1.6 | 2.74 | 3.97 | 1.68 | 2.84 |
| NDF | 46.83 | 66.22 | 45.81 | 22.66 | 15.98 | 39.82 | 73.20 | 15.5 | 15.5 |
| ADF | 23.66 | 33.56 | 32.69 | 14.42 | 8.64 | 21.82 | 37.6 | 11.5 | 9.1 |
| ADL | 1.97 | 1.66 | 7.1 | 4.28 | 1.19 | 2.60 | 2.87 | 2.1 | 1.5 |
| DE1 (MAT) | | | | 52.1 | 6.0 | | | 32.8 | 6.4 |
| DCS | 71.85 | 45.4 | | | | 73.55 | 45.1 | | |
| UFL/kg MS | 0.89 | 0.85 | 0.68 | 1.05 | 1.2 | 0.95 | 0.85 | 1.15 | 1.15 |
| PDIN g/kg de MS | 42 | 48 | 132 | 348 | 443 | 37 | 52 | | |
| PDIE g/kg de MS | 63 | 65 | 107 | 241 | 426 | 68 | 63 | | |

Tableau 1 : Compositions des fourrages (en vert) et des concentrés utilisés.

DE1 : dégradabilité enzymatique (protéase) en 1 heure (Aufrère, 1989)

DCS : digestibilité enzymatique (Aufrère, 1989)

Les animaux.

Les vaches multipares sont mises en essai à partir de la troisième et quatrième semaine de lactation, les vaches primipares à partir de la quatrième et cinquième lactation.

Pour chacun des essais le dispositif expérimental est en blocs complets équilibrés.

Les principaux critères de mise en lot sont les mêmes pour l'ensemble des animaux :

- rang de lactation : 1,2 et plus
- date de vêlage
- production et composition du lait les 2 dernières semaines de pré-expérimentation avant la période de transition alimentaire :
 - * lait brut
 - ** taux butyreux et protéique
 - ** leucocytes (CCS)
- poids vif et états d'engraissement
- antécédents sanitaires.

Le schéma expérimental.

La période pré-expérimentale.

Pour l'essai 1, la période pré-expérimentale est du 19/12/2003 au 8/1/2004.

Pour l'essai 2 : cette période est du 16/12/2004 au 12/1/2005.

Ces périodes calendaires de 3 semaines, durant laquelle les animaux sont mis dans des conditions similaires, sont homogènes physiologiquement.

| Essai | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Modalité alimentaire | GSC0 | GSC2 | GSC4 | GSC0 | GSC2 | GSC6 |
| Nombres total de blocs mis en lot dont primipares | 21 7 | 21 7 | 21 7 | 20 7 | 20 7 | 20 7 |
| Nombre moyen de lactation par vache | 2.43 | 2.38 | 2.28 | 2.15 | 2.25 | 2.4 |
| Durée de lactation (j) Ecart type (ET) | 138 80 | 114 66 | 124 78 | 86 65 | 83 74 | 70 45 |
| Lait brut kg/v/j (ET) | 31.33 (6.02) | 31.03 (6.88) | 30.59 (4.78) | 32.21 (5.14) | 31.79 (6.22) | 31.77 (4.58) |
| T butyreux en g/l (ET) | 39.17 (4.62) | 40.31 (4.28) | 41.38 (4.22) | 40.40 (4.19) | 39.89 (4.08) | 39.85 (4.52) |
| T protéique en g/l (ET) | 32.75 (2.28) | 32.50 (2.72) | 32.80 (3.0) | 31.93 (2.38) | 32.13 (3.07) | 31.92 (2.20) |
| Lait standard kg/v/j (ET) | 30.91 (6.37) | 30.53 (6.68) | 30.45 (4.38) | 31.66 (4.68) | 31.52 (5.43) | 30.83 (3.83) |
| M grasses en g/v/j (ET) | 1217 (284) | 1208 (272) | 1222 (184) | 1252 (194) | 1241 (226) | 1215 (154) |
| M protéiques en g/v/j (ET) | 995 (172) | 962 (182) | 968 (136) | 989 (129) | 997 (160) | 976 (120) |
| CCS milliers/ml | 119 | 154 | 150 | 140 | 253 | 147 |
| Poids vif début en kg (ET) | 679 (81) | 670 (62) | 680 (71) | 658 (60) | 658 (59) | 655 (61) |
| État d'engraissement début (ET) | 2.77 (0.54) | 2.61 (0.23) | 2.80 (0.55) | 2.61 (0.38) | 2.85 (0.65) | 2.60 (0.42) |

Tableau 2 : Les critères de pré-expérimentation moyenne et écart type (ET).

La période de transition alimentaire.

Pour l'essai 1, cette transition a duré 10 jours, tandis que pour l'essai 2 elle a duré 14 jours.

La période expérimentale.

Pour l'essai 1, cette période a duré du 19/1/2004 au 21/3/2004.

Pour l'essai 2, cette période dure du 27/1/2005 au 26/3/2005.

| Modalité alimentaire | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC 6 |
| Pré-expérimentation en semaines | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Transition alimentaire en semaines. | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Période expérimentale en semaines | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 |
| Ration de base alimentaire | témoin | GSC2 | GSC4 | témoin | GSC2 | GSC6 |
| C de production au DAC à partir de | 30 kg de lait | 30 kg de lait | 30 kg de lait | 32.5 kg de lait | 32.5 kg de lait | 32.5 kg de lait |
| PDI/ UFL | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| Rythme de CP/kg de lait | 1 /2.5 | 1 /2.5 | 1 /2.5 | 1 /2.5 | 1 /2.5 | 1 /2.5 |

Tableau 3 : Récapitulatif du schéma expérimental.

Les contrôles effectués.

Au niveau des fourrages, des concentrés et de la graine de soja.

Composition et valeurs nutritives pour les fourrages et les concentrés d'accompagnement : 2 échantillons moyens issus de 4 prélèvements chacun.

Composition en acides gras de la graine de soja.

Au niveau des animaux et du lait.

- Les consommations journalières et les refus (2 fois par semaine). Les productions laitières : 2 jours consécutifs par semaine.
- La composition du lait (lait de mélange du lot)
- Double pesées des vaches : en début et en fin d'essai pour chaque lot. Notation des états d'engraissement à chaque pesée, selon la méthode RNED-ITEB
- Prélèvements de bouses pour détermination des compositions.
- Profils fermentaires sur jus de rumen.
- Prises de sang en début et en fin d'essai pour détermination sur sérum des AGNE. Cette détermination sera réalisée s'il y a des amaigrissements importants.
- Evénements sanitaires et de reproduction.

Les résultats.

La composition et la présentation des graines de soja.

| En p-cent de la MS | Essai 1 moyenne de 3 échantillons | Essai 2 moyenne de 3 échantillons. |
|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| M sèche | 85.86 | 84.3 |
| M minérales | 5.75 | 5.25 |
| M azotées totales | 38.25 | 38.97 |
| M azotées solubles | 16.6 | 13.3 |
| DE 1 | 76.85 | 78.8 |
| Cellulose brute | 9.0 | 6.3 |
| M grasses | 23.13 | 24.02 |
| Amidon Ewers | 4.7 | 5.0 |
| NDF | 11.25 | 11 |
| ADF | 6.81 | 5.1 |
| ADL | 0.71 | 0.80 |

Tableau 4 : la composition des graines de soja.

On peut considérer que les graines de l'essai 1 et 2 ont une bonne teneur en protéines et en matières grasses.

Origine et présentation de la graine entière de soja.

La graine de soja est d'origine locale, séchée.

Elle a été aplatie dans un laminoir dont les rouleaux avaient un écartement de 0,4 mm avec un rainurage de 0,5 mm. La vitesse de rotation du moteur est de 950 tr/mn entraînant un pignon de 15 dents (19.05) sur poulie de 90 relayée par chaîne sur poulie de 355. Le débit est d'environ 1 tonne/heure.

L'aplatissement a été réalisé une fois par semaine, aucune odeur de rancissement n'a été constatée en fin d'utilisation de la graine aplatie. La conservation de la graine entière a aussi été correcte après 12 semaines de stockage en ferme.

La détermination de la valeur énergétique.

La valeur d'énergie brute n'a pas été mesurée par calorimétrie.

Les équations de base ont pour référence l'INRA 2002³.

| K Cal/kg de MS | GSC Essai 1 moyenne de 3 échantillons | GSC Essai 2 moyenne de 3 échantillons. |
|----------------------------|--|---|
| Energie brute | 5640 | 5744 |
| dMO | 0.806 | 0.814 |
| dE | 0.829 | 0.841 |
| Energie digestible (ED) | 4716 | 4829 |
| q=EM/ED | 0.775 | 0.777 |
| Energie métabolisable (EM) | 3654 | 3750 |
| kl | 0.649 | 0.649 |
| Energie nette (EN) | 2372 | 2436 |
| UFL | 1.39 | 1.43 |
| UFL/kg brut | 1.19 | 1.21 |

Tableau 5 : La détermination de la valeur énergétique de la graine de soja entière et crue.

Potentiellement la graine de l'essai 2 est un peu plus énergétique (2 à 3 %) que celle de l'essai 1, mais la précision des équations de prédiction utilisées ne permet pas de différencier ces 2 lots de graines. En valeurs absolues, ces 2 lots présentent une bonne valeur en énergie nette et supérieure à la référence (INRA, 2002) qui est de 1,08 UFL/kg brut.

La détermination des valeurs azotées.

En matière de dégradabilité des matières azotées, seule la dégradabilité enzymatique en 1 heure a été réalisée selon la méthode Aufrère (1989). La dégradabilité théorique (DT) qui a été estimée à partir de DE1 a été estimée par l'équation $DT = 0.36 DE1 + 0.479 + \Delta$ ($\Delta = +0.154$).

Les calculs selon les équations de l'INRA (1987 et 2001) donnent les valeurs du tableau 6

| g/kg de MS | GSC Essai 1 moyenne de 3 échantillons | GSC Essai 2 moyenne de 3 échantillons. |
|------------|--|---|
| PDIA | 34 | 32 |
| PDIMN | 198 | 204 |
| PDIME | 46 | 46 |
| PDIN | 232 | 236 |
| PDIE | 80 | 78 |

Tableau 7 : Les valeurs azotées des graines de soja.

³ Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA Editions 2002.

Les estimations des valeurs en protéines (PDI) des 2 lots de soja crus peuvent être considérées comme similaires et élevées.

Les résultats zootecniques sur vaches laitières.

Les ingestions.

| En kg de MS/v/j | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Modalité alimentaire | | | | | | |
| Ensilage de maïs (EM) | 14.03 | 13.40 | 12.66 | 16.0 | 15.7 | 12.2 |
| Co-produits de maïs doux (CPMD) | 2.4 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.1 |
| Foin de luzerne (FL) | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 |
| Concentré protéique (CA) | 3.0 | 1.0 | 0 | 3.02 | 1.17 | 0 |
| Tourteau de soja tanné (TT) | 0 | 0.9 | 1.26 | 0 | 0.89 | 1.76 |
| Graine de soja (GSC) | 0 | 1.8 | 3.6 | 0 | 1.7 | 5.0 |
| AMV | 0.450 | 0.450 | 0.450 | 0.450 | 0.450 | 0.450 |
| Concentré de production dont CA dont farine de maïs (FM) | 0.49 1.15 | 0.56 1.14 | 0.49 1.15 | 0.25 0.57 | 0.25 0.56 | 0.26 0.59 |
| Total ingéré kg de MS/v/j | 22.22 | 22.15 | 22.51 | 22.38 | 22.93 | 22.37 |
| % ingéré/poids vif | 3.27 | 3.24 | 3.26 | 3.37 | 3.43 | 3.37 |

Tableau 7 : Les ingestions moyennes en période expérimentale.

Les courbes sont en annexe 1.

La distribution de chaque ration de base a été réalisée à l'aide d'une remorque mélangeuse distributrice à pâles. Les ingestions totales (avec concentrés de production aux DAC) ont été, à l'intérieur de chaque essai, similaires pour les trois modalités.

Les productions laitières observées.

| Modalité alimentaire | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Nombre de blocs retenus | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 |
| Lait brut kg/v/j (ET) | 28.74 (6.02) | 31.52 (6.69) | 31.13 (6.09) | 29.51 (4.77) | 30.58 (4.79) | 28.79 (3.98) |
| Taux butyreux g/l (ET) | 41.67 (4.62) | 39.37 (3.83) | 40.09 (4.68) | 41.38 (3.46) | 40.59 (3.56) | 39.03 (4.12) |
| Taux protéique g/l (ET) | 33.4 (2.09) | 32.73 (2.55) | 33.22 (2.70) | 32.13 (2.57) | 32.62 (2.54) | 32.55 (1.76) |
| Lait standard en kg/v/j (ET) | 28.85 (6.08) | 30.46 (5.78) | 30.36 (5.05) | 29.42 (4.15) | 30.18 (4.57) | 27.82 (4.05) |
| M grasses en g/v/j (ET) | 1157 (257) | 1190 (217) | 1194 (193) | 1174 (160) | 1196 (191) | 1087 (180) |
| M protéiques en g/v/j (ET) | 927 (185) | 993 (189) | 992 (157) | 910 (102) | 960 (140) | 905 (120) |

Tableau 8 : Les productions laitières observées. ET : écart type individuel.

Les productions laitières corrigées.

Le modèle utilisé est le suivant :

variable Y = constante + effet dû au traitement + effet du bloc + covariable + erreur aléatoire.

L'interaction « traitement X pare » étant non significative, seul le modèle précédent, sans l'effet « pare » a été retenu.

La correction des critères par analyse de covariance avec comme covariable le critère correspondant de pré-expérimentation (SAS V8.2) a été réalisée. La variable est corrigée si l'efficacité du modèle corrigé est améliorée par rapport au modèle non-corrigé⁴.

Essai 1 :

- La production laitière brute a été accrue de 3 kg de lait/v/j avec l'introduction de 2 ou de 4 kg de GSC accompagnée de tourteaux tannés. Cette façon d'apporter de la GSC a un effet hautement significatif sur le critère considéré. Par contre l'effet « niveau d'apport » (2 ou 4 kg de GSC) n'a pas modifié l'écart.
- Cet accroissement a été accompagné par une dilution de la matière grasse (TB) de 3 g/l, cet effet est également hautement significatif. Le niveau d'apport n'a pas plus influencé cet écart.
Finalement, la quantité de matières grasses (MG) produite par les 3 lots a été sensiblement la même.

⁴ Si $E_c := \text{ppds bloc} / \text{ppds covariance} > 1$ le modèle covariable est préféré au modèle général.

- L'accroissement important de la production laitière par l'apport de GSC n'a pas été suivi d'une dilution des matières protéiques mais d'un maintien avec ou sans GSC, avec 2 ou 4 kg de GSC. Les quantités de matières protéiques produites sont donc significativement supérieures de 100 g/v/j avec la présence de 2 ou de 4 kg de GSC dans la ration alimentaire.

| | Essai 1 | | | | Essai 2 | | | |
|---------------------------|---------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | P | GSC 0 | GSC 2 | GSC 6 | P |
| Nombre de blocs retenus | 21 | 21 | 21 | | 20 | 20 | 20 | |
| Lait brut en kg/v/j | 28.4 | 31.47 | 31.51 | <0.001 | 29.32 | 30.67 | 28.89 | 0.14 |
| Taux butyreux g/l | 42.53 | 39.35 | 39.25 | <0.001 | 41.14 | 40.65 | 39.16 | 0.04 |
| Taux protéique g/l | 33.35 | 32.87 | 33.13 | NS | 32.18 | 32.51 | 32.61 | NS |
| Lait standard kg/v/j | 28.53 | 30.55 | 30.53 | <0.001 | 29.16 | 30.03 | 28.23 | 0.02 |
| Matières grasses g/v/j | 1156 | 1197 | 1189 | NS | 1161 | 1192 | 1104 | 0.006 |
| Matières protéiques g/v/j | 906 | 1006 | 1000 | <0.01 | 907 | 953 | 914 | 0.03 |

Tableau 9 : Les productions laitières corrigées par analyse de covariance (SAS v8.2).

Essai 2 :

- Par rapport au témoin « GSC0 », l'apport de 2 kg de GSC a significativement augmenté la production laitière (+ 1,35 kg/v/j), tandis que l'apport de 6 kg de GSC a fait chuter celle-ci de 0,43 kg (NS).
- La modalité « GSC2 » n'a entraîné une dilution des MG que de 0,5 g/l par rapport au témoin ; par contre « GSC6 » a engendré une baisse significative de 2g/l du TB (vs GSC0) malgré la diminution de la production laitière. Les quantités de MG produites dans l'essai 2 sont similaires pour les modalités GSC0 et GSC2 (1161 et 1192 g/j) ; tandis qu'avec 6 kg de GSC, la production quotidienne de MG est significativement inférieure de 143 g (vs GSC0).
- La concentration en matières protéiques (TP) a été peu influencée par la présence de GSC et par son niveau. Il en résulte que seule la quantité de MP produite par le lot « GSC2 » est significativement meilleure que celle des lots « GSC0 » et GSC6 » (respectivement 953 vs 907 et 914 g/j)

Autres critères de composition du lait.

| Modalité alimentaire | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|----------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| CCS en milliers/ml de lait | 136 | 181 | 283 | 157 | 236 | 154 |
| Urée mg/l de lait | 200 | 220 | 238 | 208 | 193 | 435 |

Tableau 10 : Les comptages cellulaires du lait et la teneur en urée du lait de mélange.

Nous ne retiendrons pas d'influence des traitements alimentaires sur les CCS.

Le taux d'urée du lait du lot GSC6 est le seul à être significativement supérieur aux autres modalités.

| Essai 2 g/l | GSC 0 | GSC 2 | GSC 6 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| MAT | 33.03 | 33.97 | 34.17 |
| MA non protéique | 1.63 | 1.57 | 2.43 |
| MA coagulables | 27.83 | 26.93 | 27.63 |
| Lactose | 46.10 | 47.27 | 45.8 |
| M grasses (MG) | 43.92 | 41.17 | 39.92 |
| AG saturés (AGS) en % MG | 74.7 | 73.2 | 67.8 |
| AG mono insaturés (AGMI) en % MG | 22.9 | 23.0 | 27.6 |
| AG poly insaturés (AGPI) en % MG | 2.4 | 3.8 | 4.6 |
| AG courts (< 11 C) | 9.8 | 9.8 | 9.0 |
| AG moyens (12<C<17) | 59.8 | 55.2 | 46.1 |
| AG longs (24<C<18) | 30.4 | 35.1 | 44.9 |
| AG n-6 | 2.1 | 3.3 | 4.2 |
| AG n-3 | 0.2 | 0.5 | 0.7 |
| | | | |

Tableau 10 bis : composition des acides gras du lait.

La composition des AG des laits est en annexe 7.

La composition en AG des MG du lait a été uniquement déterminée pour l'essai 2.

Avec l'apport extrême de 6 kg de GSC/v/j, on constate les points suivants :

- La part des AG saturés (AGS en % des MG) baisse de façon importante (7 points p-cent)
- Cette diminution est compensée par l'augmentation des AG mono insaturés (AGMI) pour 4,6 points et par celle des AG polyinsaturés (AGPI) de 2,2 points.
- Si la proportion des AG courts reste sensiblement la même, celle des AG moyens baisse de façon importante (14 points environ) avec l'apport de 6 kg de GSC.
- La teneur en AG longs augmente proportionnellement aux apports de GSC aux vaches (14,5 points).

Les gains de poids vifs et les évolutions des états d'engraissement.

| | Essai 1 | | | | Essai 2 | | | |
|-------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | P | GSC 0 | GSC 2 | GSC 6 | P |
| Nombre de blocs retenus | 21 | 21 | 21 | | 20 | 20 | 20 | |
| Gains de poids vif en g/v/j | 0 | 357 | 271 | <0.01 | 178 | 362 | 267 | 0.01 |
| Etat d'engraissement début | 2.77 | 2.61 | 2.80 | NS | 2.61 | 2.85 | 2.60 | NS |
| fin | 2.87 | 2.82 | 2.88 | | 2.63 | 3.09 | 2.63 | |

Tableau 11 : Les gains de poids vifs et l'évolution des états d'engraissement.

Test de KS II D 0.05 = 9

Essai 1 : Dmax = 8

Essai 2 : Dmax = 8

Essai 1 :

La reprise de poids vif a été en moyenne nulle pour le lot « témoin », significativement plus élevée pour les lots avec GSC (+357 g/j pour GSC2 et + 271 g/j pour GSC4).

Ces évolutions n'ont pas été significatives au niveau des états d'engraissement.

Essai 2.

La reprise de poids vif a été positive pour les 3 modalités alimentaires. Au seuil 5 % du risque de première espèce, elle est non différente entre GSC0 (+ 178g/j) et GSC6 (267 g/j), mais significativement supérieure pour GSC2 (+362 g/j) par rapport à GSC0.

L'évolution des états d'engraissement de GSC2 a été meilleure (+0,24 points) que dans les 2 autres lots (voisin de zéro) mais l'écart est resté toujours non significatif.

Les faciès fermentaires ruminiaux.

| En % molaire | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|-----------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Modalité alimentaire | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| pH moyen | 6.83 | 6.22 | 6.24 | 6.30 | 6.16 | 5.81 |
| A acétique | 65.4 | 62.15 | 59.67 | 78.1 | 73.9 | 70.6 |
| A propionique | 18.9 | 20.66 | 22.02 | 21.9 | 26.1 | 29.4 |
| A butyrique | 15.67 | 17.18 | 18.31 | 15.0 | 12.4 | 15.6 |
| Propionates m-moles/l | 27.3 | 34.6 | 39.2 | 26.38 | 31.68 | 40.67 |
| AGV totaux m-moles/l | 145.1 | 165.6 | 176.8 | 120.0 | 120.3 | 136.8 |
| A lactique g/l | 0.0018 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0032 | 0.0013 | 0.0022 |

Tableau 12 : Les profils fermentaires réalisés sur jus de rumen prélevés par trocardage⁵ (post prandial).

⁵ selon la technique de l'Institut de l'Elevage (Dr Rousseau)

Pour chacun des essais, la proportion molaire d'acide acétique par rapport aux AGV totaux est la plus élevée pour le lot « témoin », le rapport acétates/propionates l'est aussi. La proportion d'acétates la plus faible est obtenue avec la ration GSC 4 et GSC 6. L'acidité totale est la plus faible pour la ration GSC 6.

La composition des bouses.

La composition des ingestats a été déterminée de façon additive à partir des compositions de chacune des matières premières.

| p-cent MS | Bouses | | | Ingestats | | |
|----------------------|--------|-------|-------|-----------|-------|------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC4 |
| Modalité alimentaire | | | | | | |
| pH moyen | 6.21 | 6.20 | 6.35 | | | |
| M sèche | 14.58 | 15.6 | 16.63 | 41.1 | 42.4 | 43.8 |
| M minérales | 8.52 | 8.31 | 8.55 | 6.1 | 6.1 | 6.2 |
| M azotées totales | 13.64 | 15.70 | 14.68 | 13.1 | 14.0 | 15.3 |
| Cellulose brute | 24.37 | 22.8 | 25.04 | 19.5 | 18.6 | 17.9 |
| Amidon Ewers | 6.4 | 5.32 | 4.22 | 25.5 | 24.5 | 23.2 |
| ADF | 29.9 | 27.91 | 28.65 | 22.0 | 20.8 | 19.7 |
| NDF | 56.7 | 53.08 | 53.78 | 42.3 | 40.1 | 38.0 |
| ADL | 6.25 | 5.41 | 4.7 | 2.4 | 2.0 | 1.8 |

Tableau 13 : La composition des bouses et des ingestats. Essai 1.

| p-cent MS | Bouses | | | Ingestats | | |
|----------------------|--------|-------|-------|-----------|-------|------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 6 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Modalité alimentaire | | | | | | |
| pH moyen | 6.19 | 6.23 | 6.05 | | | |
| M sèche | 13.73 | 14.94 | 17.2 | 39.2 | 40.6 | 44.5 |
| M minérales | 8.80 | 6.53 | 7.85 | 6.1 | 6.1 | 6.5 |
| M azotées totales | 12.50 | 11.38 | 11.50 | 12.6 | 13.5 | 17.7 |
| Cellulose brute | 24.38 | 23.42 | 22.17 | 20.0 | 19.0 | 17.2 |
| Amidon Ewers | 3.87 | 4.67 | 1.83 | 23.1 | 22.3 | 18.6 |
| ADF | 29.44 | 27.76 | 26.83 | 22.8 | 21.3 | 18.7 |
| NDF | 54.06 | 50.67 | 47.97 | 44.0 | 41.6 | 36.2 |
| ADL | 5.14 | 4.72 | 4.33 | 2.3 | 1.9 | 1.5 |

Tableau 13bis : La composition des bouses et des ingestats. Essai 2.

Les tableaux relatifs à la composition des bouses et des ingestats seront commentés dans la partie discussions/valorisations.

La pathologie observée.

La fréquence des pathologies observées ne semble pas avoir été affectée par les différentes modalités.

Il est peu probable que les écarts de performances zootechniques aient été biaisés par la pathologie observée.

| Nombre de vaches atteintes | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|----------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Mammites premières | 8 | 9 | 8 | 7 | 6 | 8 |
| Mammites avec récives | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Autres pathologies | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant | néant |

Tableau 14 : Fréquence et nature des pathologies cliniques.

Discussion des résultats

Les ingestions

Pour chacun des essais, les ingestions totales ont été similaires tant dans les moyennes que dans leurs évolutions. On peut donc considérer que l'introduction de GSC (jusqu'à 6 kg/j) dans des rations à base d'ensilage de maïs, n'a pas altéré l'ingestion volontaire des vaches laitières. (courbes en annexe 1)

Ce faible effet sur l'ingestion se retrouve dans la plupart des essais concernant l'enrichissement de la ration avec des graines riches en AGPI.

Les productions laitières brutes et leurs compositions.

La production laitière brute.

- Il est constaté que l'introduction de 2 à 4 kg de GSC (avec tourteau tanné) en substitution du concentré protéique d'équilibre est bénéfique à la production laitière. Dans l'essai 1, la modalité GSC 2 a une réponse laitière plus élevée que dans l'essai 2 (respectivement +3,0 kg et + 1,35 kg/v/j). Cette différence inter essai dans la réponse proviendrait de la teneur initiale en matières grasses de la ration témoin « GSC0 » de l'essai 1 plus faible que celle de l'essai 2 (respectivement 2 % et 2,4 %). Il est sans doute probable que l'apport lipidique procuré par la ration « GSC0 » (0,44 kg/j) ait été limitant dans la fourniture en glycérol et en certains AG longs. La faible teneur relative en MG des maïs fourrages de la récolte 2003 expliquerait cet état (tableau : 1).
- De 3,5 % à 5 % de MG dans la ration, les productions laitières n'augmentent plus. Par contre avec une teneur de 7% de MG, les performances diminuent par rapport à « GSC2 » (3,8 % MG) mais aussi par rapport au témoin « GSC0 » (2,4 % de MG).
- Les réponses obtenues dans ces essais sont tout à fait conformes aux références bibliographiques, à savoir une réponse positive de la production laitière à des apports de MG végétales (plus ou protégées par la graine) jusqu'à des teneurs de 3,5 à 4 % de la ration ingérée et une réponse négative au-delà de 6 à 7 % de MG dans la ration.

La production de matières grasses du lait et leurs concentrations.

Dans l'essai 1, la baisse de TB (-3 g/l) avec l'apport de GSC a été constatée dès les premiers kg d'apport (GSC2). Le doublement de l'apport n'a pas accentué cette baisse. Il s'agit d'une dilution de la MG puisque sa production reste très similaire pour les 3 modalités.

Dans l'essai 2, la baisse de TB avec l'apport de 2 kg de GSC a été plus faible que dans l'essai 1 (-0,5 g/l), la plus faible dilution induite par un moindre accroissement de la production laitière est sans doute une raison. Cette baisse de TB (- 2 g/l) a par contre été significative avec l'apport élevé de GSC6, il s'agit dans ce cas d'une production de matière grasse significativement affaiblie. L'apport important d'AGPI et l'augmentation des propionates expliquent sans doute la chute de la production de MG du lait et leurs dilutions.

| MS totale de la ration | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|--------------------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Modalité alimentaire | | | | | | |
| % concentrés | 21.0 | 24.4 | 28.9 | 19.2 | 21.9 | 36.0 |
| % cellulose brute | 19.5 | 18.6 | 17.9 | 20.0 | 19.0 | 17.2 |
| % ADF | 42.3 | 40.1 | 38.0 | 44.0 | 41.6 | 36.2 |
| % ADL | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 2.3 | 1.9 | 1.5 |
| % MAT | 13.1 | 14.0 | 15.3 | 12.6 | 13.5 | 17.7 |
| % MG | 2.0 | 3.6 | 5.1 | 2.3 | 3.8 | 7.0 |
| Apports lipidiques alimentaires kg/j | 0.44 | 0.80 | 1.15 | 0.49 | 0.80 | 1.47 |

Tableau 15 : Quelques critères descriptifs des rations alimentaires.

La composition en AG du lait.

L'apport croissant de lipides de graines de soja crues et aplaties jusqu'à 6 kg/v/j a entraîné la baisse des AG saturés (- 7 points p-cent des MG) au profit des AGMI (+4,6 points) et des AGPI (+ 2,2 points).

Les AG courts sont restés stables, la baisse est manifeste au niveau des AG moyens (-13,7 points) et ces évolutions sont réalisées au profit des AG longs (+14,5 points).

Les apports alimentaires supérieurs d'AGPI liés à la GSC d'une part et la baisse des acétates et β -hydroxybutyrates du rumen d'autres part (tableau 12) expliquent ces évolutions. (Chilliard, 2001).

D'un point de vue qualité diététique, l'indice d'athérogénicité des AG du lait s'améliore avec les apports croissants de GSC (tableau 16). Le rapport C18 : 1 cis/C18 : 0 s'améliore dès les premiers niveaux d'apport de GSC (42 % pour GSC0, 52 % pour GSC2 et 54 % pour GSC6).

Le rapport des n-6/n-3 diminue aussi rapidement.

Les isomères ALC des acides linoléiques n'ont pas été déterminés. Mais la teneur en C18 : 1 t11 l'a été et présente peu d'évolution avec les apports croissants de GSC.

| Modalité alimentaire | Essai 2 | | |
|-------------------------|---------|-------|------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Indice d'athérogénicité | 3.61 | 3.22 | 2.32 |
| C18 : 1 cis/C18 : 0 | 0.42 | 0.52 | 0.54 |
| n-6/n-3 | 10.5 | 6.6 | 6.0 |
| C18 : 1 t11 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |

Tableau 16 : Quelques critères de qualité nutritionnelle des AG du lait.

La production de matières protéiques et leurs concentrations.

Pour chacun des essais, le taux protéique du lait n'a pas été influencé par l'apport de GSC (jusqu'à 6 kg/v/j).

L'évolution de la production de matières protéiques a donc suivi celle de la production laitière.

La synthèse protéique n'a pas été handicapée par l'apport de GSC accompagné de tourteaux tannés. Ces résultats confirmeraient donc la faible influence négative de l'apport d'huile végétale partiellement protégée par la graine aplatie, non traitée thermiquement, consommée en continu (ration complète) sur des vaches assez proches du pic de lactation (Brunschwig et al, 1997).

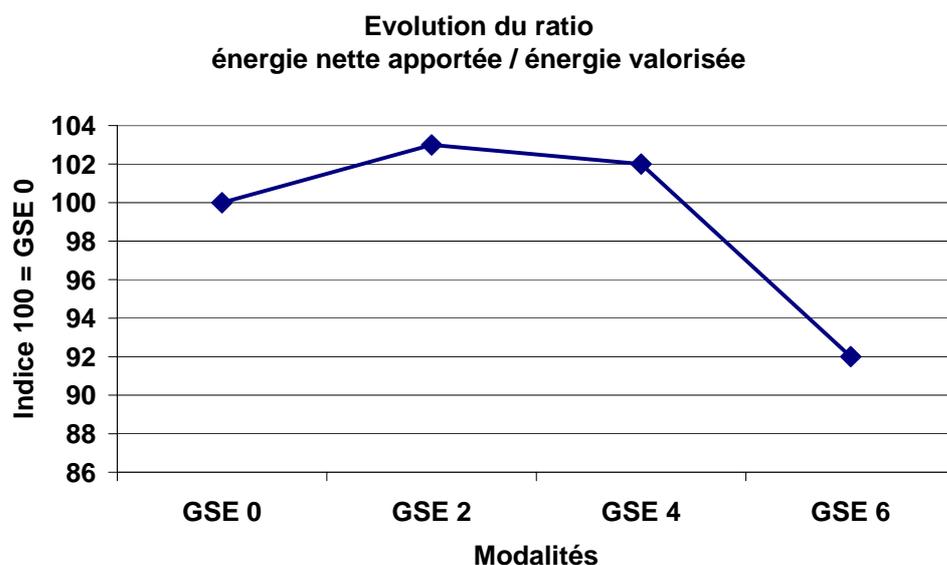
La valorisation énergétique des rations avec ou sans GSC.

| UFL/jour | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|--|---------|-------|-------|---------|--------|--------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Modalité alimentaire | | | | | | |
| Besoins totaux | 18.17 | 19.85 | 20.02 | 19.01 | 20.59 | 19.0 |
| Entretien | 5.48 | 5.49 | 5.54 | 5.38 | 5.41 | 5.38 |
| Lait | 12.69 | 13.40 | 13.36 | 12.83 | 13.49 | 12.42 |
| croissance | 0 | 0.96 | 1.12 | 0.80 | 1.69 | 1.20 |
| Interaction fourrages/concentré | 0.74 | 0.87 | 1.08 | 0.74 | 0.87 | 1.15 |
| Total de la valorisation apparente | 18.91 | 20.72 | 21.10 | 19.75 | 21.46 | 20.15 |
| Kg de MS ingérés/v/j | 22.22 | 22.15 | 22.51 | 21.93 | 22.51 | 21.3 |
| Valorisation UFL/kg de MS (A) | 0.851 | 0.935 | 0.937 | 0.90 | 0.95 | 0.9 |
| Apports théoriques d'énergie nette en UFL/kg de MS (B) | 0.904 | 0.94 | 0.974 | 0.951 | 0.983 | 1.06 |
| Ratio de valorisation énergétique (A)/ B) * 100 | 94 % | 99 % | 96 % | 94.6 % | 96.7 % | 86.7 % |

Tableau 17 : La valorisation énergétique des rations.

D'un point de vue énergétique, la valorisation des rations est bonne jusqu'à un apport de 4 kg de GSC/v/j (96% de valorisation de l'énergie nette potentielle apportée). A 6 kg de GSC, ce ratio de valorisation chute à 87 % (tableau 17). A ce niveau d'apport, l'effet dépressif des lipides sur les populations microbiennes du rumen d'une part et l'interaction négative Fourrage/concentrés d'autre part, sont donc suffisamment importants pour détériorer la digestibilité globale de la ration. Toutefois cet effet n'est apparemment pas visible ni au niveau de la composition des bouses ni au niveau du TP du lait (exprimant aussi d'une certaine façon le niveau d'apport énergétique valorisé).

L'énergie valorisée en reprise de poids vif est améliorée par l'apport de GSC jusqu'à 4 kg/j ; Au-delà, il semblerait que cette amélioration soit moindre.



Graphique 1

Le niveau des apports azotés et leurs valorisations.

D'un point de vue protéines, les apports ont été prévus dès le départ à un même niveau en PDIE (92 à 93 g/kg de MS). Comme prévu aussi, les écarts d'apport ont été constatés sur les PDIN surtout avec le niveau élevé de 6 kg de GSC.

Pour la modalité GSC6, cet excès s'est logiquement manifesté par l'accroissement du taux d'urée du lait mais aussi par celui des rejets azotés (fèces et urines). Les niveaux intermédiaires d'apport (2 et 4 kg de GSC) n'ont pas significativement dégradé ces critères. Là aussi, l'optimum est à 2 kg de GSC/v/j.

| G PDI/jour | Essai 1 | | | | | | Essai 2 | | | | | |
|------------|---------|------|-------|------|-------|------|---------|------|-------|------|------|------|
| | GSC 0 | | GSC 2 | | GSC 4 | | GSC 0 | | GSC 2 | | GSC6 | |
| Besoins | 1819 | | 1951 | | 1965 | | 1896 | | 1984 | | 1840 | |
| Entretien | 435 | | 436 | | 440 | | 425 | | 427 | | 425 | |
| lait | 1384 | | 1462 | | 1457 | | 1412 | | 1448 | | 1335 | |
| croissance | 0 | | 53 | | 68 | | 59 | | 109 | | 80 | |
| | PDIN | PDIE | PDIN | PDIE | PDIN | PDIE | PDIN | PDIE | PDIN | PDIE | PDIN | PDIE |
| Apports | 2073 | 2068 | 2183 | 2082 | 2359 | 2081 | 1813 | 1965 | 1889 | 1968 | 2429 | 1951 |
| Bilan | +254 | +249 | +232 | +131 | +394 | +116 | -83 | 69 | -95 | -16 | 589 | +111 |

Tableau 18 : Les bilans protéiques.

| G PDI/jour | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|----------------------|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| Modalité alimentaire | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| PDIE/kg de MS | 93 | 94 | 92 | 93 | 93 | 93 |
| PDIE/UFL | 103 | 100 | 95 | 98 | 95 | 88 |
| PDIN/UFL | 103 | 105 | 107 | 90 | 91 | 109 |

Tableau 19 : Critères d'équilibre global Energie nette et protéines digestibles dans les intestins.

| En kg de N/v/j | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|---------------------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| Modalité alimentaire | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Apports | 0.466 | 0.496 | 0.551 | 0.422 | 0.453 | 0.595 |
| Sorties (lait + rétention corporelle) | 0.151 | 0.166 | 0.166 | 0.155 | 0.162 | 0.156 |
| Rejets | 0.315 | 0.330 | 0.385 | 0.267 | 0.291 | 0.439 |
| Rejets kg/tonne de lait | 11.0 | 10.5 | 12.2 | 9.0 | 9.5 | 15.2 |

Tableau 20 : Les rejets azotés.

La valorisation économique de la graine de soja crue.

Le coût alimentaire/litre de lait.

Si l'on considère comme premier critère basique, le coût alimentaire/l de lait produit, seule la modalité GSC6 est pénalisée (+ 23% par rapport au témoin). Tandis que les niveaux intermédiaires d'apport (2 et 4 kg de GSC/j) n'ont pas significativement modifié ce critère par rapport au témoin sans GSC. (tableau 21 et annexes 8 et 9).

D'un point de vue plus global, en intégrant les besoins de grains de soja produits et auto consommés sur l'exploitation, leurs productions venant se substituer à celle du maïs grain irrigué, on constate les évolutions suivantes sur l'écart de marge économique par rapport au témoin (GSC* – GSC0) :

- Cet écart est le moins négatif avec l'apport de 2 kg/j de GSC. Pour l'essai 1, jusqu'à un prix de vente de 0,10-0.12 €/kg de MS du grain (85-102 €/q), la marge est identique avec 2 kg/j d'apport de GSC ou sans. Avec l'augmentation du prix de vente du maïs grain, l'écart de marge de GSC2 vs GSC0 devient négatif. Pour l'essai 2, cet écart de marge est négatif au-delà de 0,08-0.10 €/kg de maïs grain.
- Pour les apports supérieurs à 2 kg de GSC, les écarts de marge par rapport au témoin sont de plus en plus négatifs (dans la plage des prix réalistes) et d'autant plus que l'apport en GSC est important.
- L'influence du prix de vente du maïs grain et du prix d'achat des protéines est grandissante avec l'élévation du niveau des apports. Mais l'influence du prix du maïs grain est bien supérieure à celle du prix d'achat des protéines, le différentiel de

rendement au champ explique cette différence d'influence : 105 q de maïs et 30 q de GSC/ha.

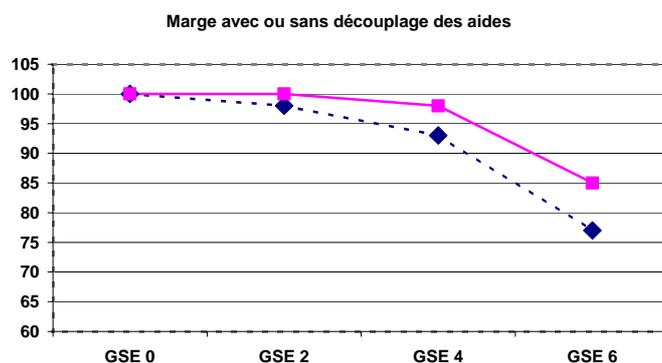
- En bref, la détérioration de la marge économique est la plus faible avec l'apport de 2 kg de GSC/j, cela correspond également à l'obtention de la meilleure réponse zootechnique.

| Modalité alimentaire | Essai 1 | | | Essai 2 | | |
|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | GSC 0 | GSC 2 | GSC 4 | GSC 0 | GSC 2 | GSC6 |
| Prix moyen du lait vendu €1 000 l | 311.6 | 299.2 | 299.2 | 300.0 | 300.5 | 294.2 |
| Produit quotidien en €/v/j | 8.569 | 9.769 | 9.726 | 8.834 | 9.572 | 8.709 |
| Quota de lait produit en 100 j | 103456 | 110000 | 110000 | 106926 | 108241 | 110000 |
| Quota de MG (kg) produit en 100 j | 4400 | 4328 | 4317 | 4400 | 4400 | 4307 |
| Nombre de vaches nécessaires | 37.62 | 36.1 | 36.7 | 37.68 | 36.45 | 39.33 |
| Produit lait en € 100j | 32 237 | 32 912 | 32 912 | 32 078 | 32 526 | 32 366 |
| Coût instantané de ration €/v/j | 2.745 | 2.807 | 2.953 | 2.599 | 2.702 | 3.083 |
| Marge sur coût alimentaire en €/ 100 j | 21 909 | 22 779 | 22 074 | 22 284 | 22 677 | 20 236 |

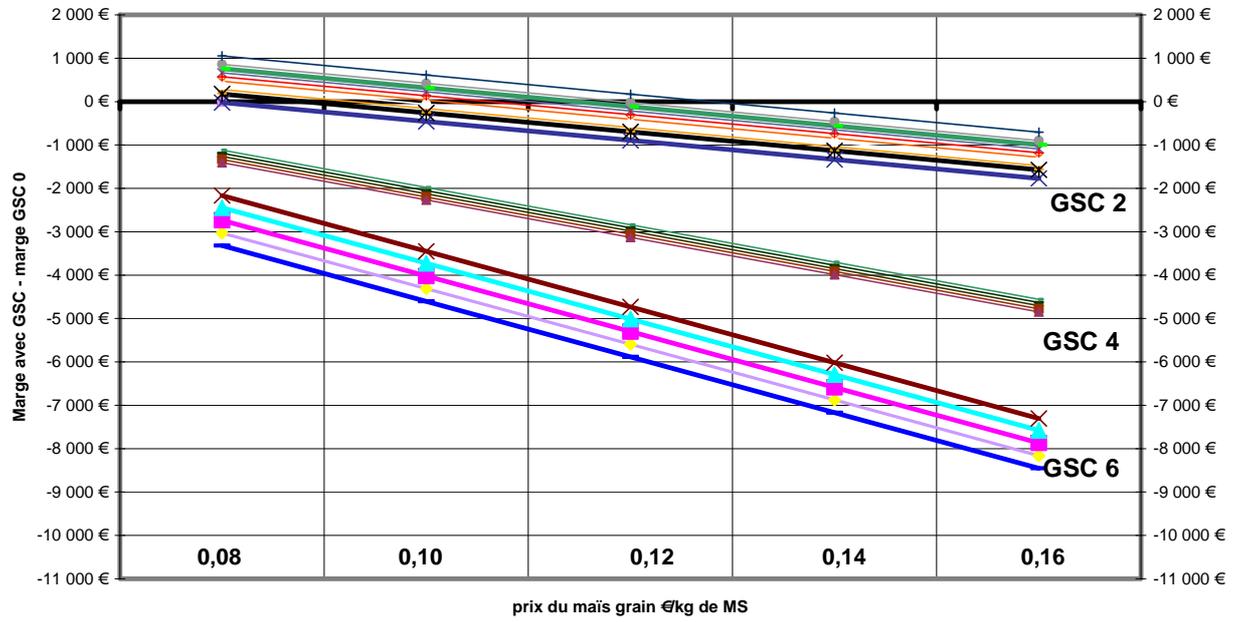
Tableau 21 : Quelques critères économiques. (voir données en annexes 9 et 10)

- L'intégration du découplage des aides PAC - céréales influence favorablement l'utilisation de la graine de soja mais n'est pas suffisante pour modifier les conclusions économiques pour des incorporations dans les rations supérieures à 2 kg/j.

Graphique 2.



Ecart de marge économique en €/ 100 000 litres de lait



Graphique 3.

Conclusion :

Ces essais ont confirmé que la gaine de soja crue aplatie (GSC) peut être distribuée et valorisée par des vaches laitières en production. L'optimum zootechnique est atteint avec 2 kg/jour avec des rations à base de maïs fourrage. Cet apport réalisé en ration complète et accompagné de tourteau tanné permet, à même niveau d'ingestion, d'augmenter les performances laitières de 3 à 7 % sans diluer les matières protéiques tout en favorisant la reprise de poids vif par rapport à un régime témoin sans apport de GSC.

Le doublement des apports de GSC (4 kg/j) n'améliore plus les performances. L'apport de 6 kg/j les détériore avec une moindre production laitière et une dilution des matières protéiques.

La baisse du taux butyreux est perceptible à 2 kg de GSC/j et s'accroît fortement pour les apports plus élevés. Avec l'apport de GSC, la qualité des MG du lait s'améliore du point de vue de l'athérogénicité et de l'insaturation. Les autres critères, relatifs à la qualité diététique des acides gras, ne sont que légèrement améliorés, même avec des apports élevés de GSC.

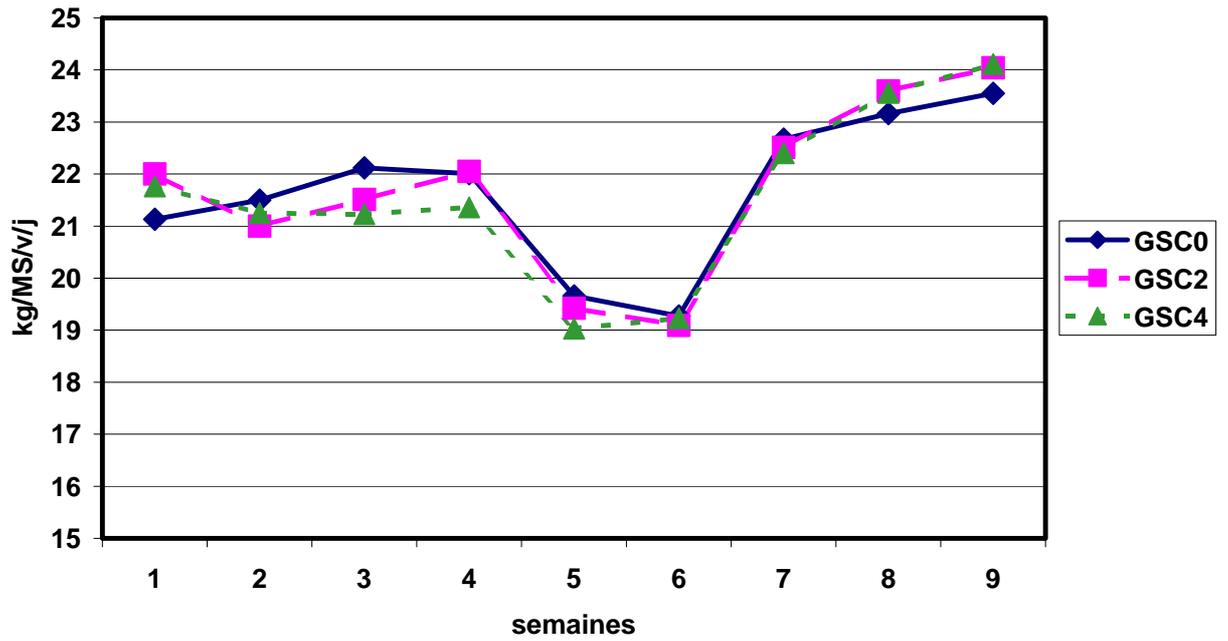
L'optimum économique est aussi obtenu avec des apports quotidiens de 2 kg, au-delà, les marges économiques diminuent par rapport au témoin.

Dans le contexte de la nouvelle PAC (2003), il n'est donc pas aberrant de prévoir une culture de soja qui serait auto consommée par l'élevage de vaches laitières. En substituant une partie de la culture de maïs irrigué par celle de soja, les besoins en eau d'irrigation peuvent légèrement diminuer et l'assolement amélioré. Toutefois, la culture de soja a ses propres exigences culturales qu'il faut maîtriser pour avoir des rendements peu variables. L'importance relative des surfaces à cultiver en soja d'une part et leurs disponibilités sur l'exploitation d'autre part, font que les surfaces sont parfois un frein à l'autonomie protéique.

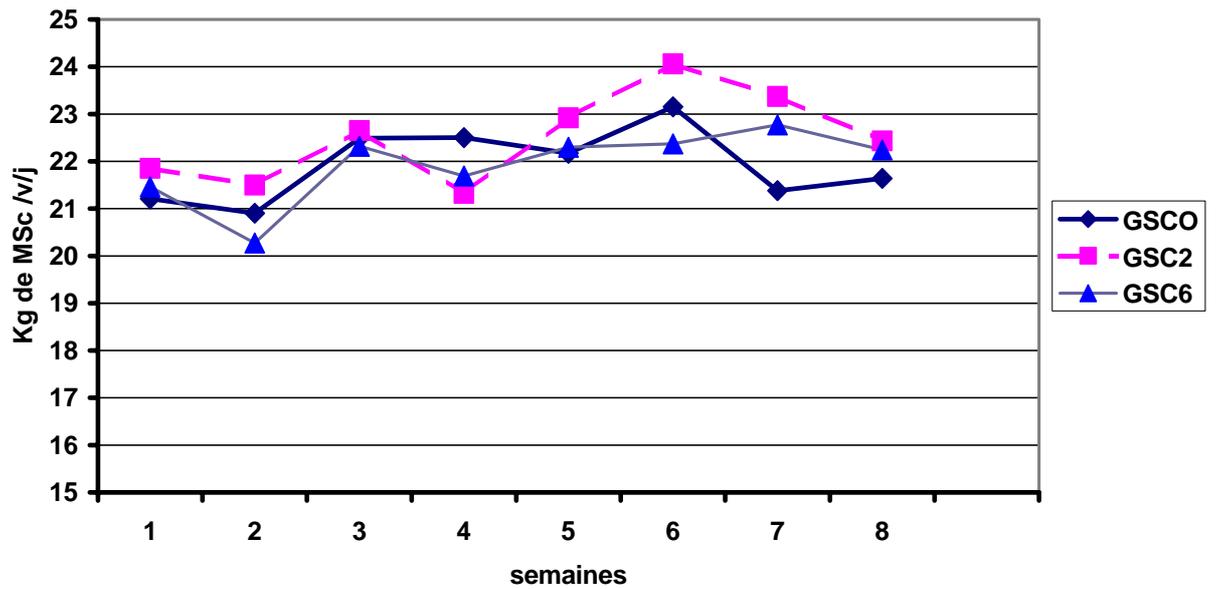
Annexes

Annexe 1 : Evolutions des ingestions totales.

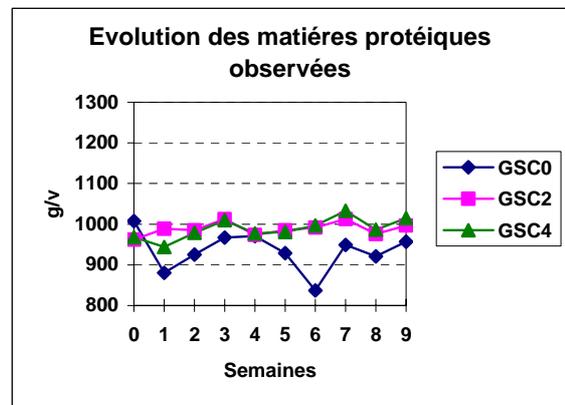
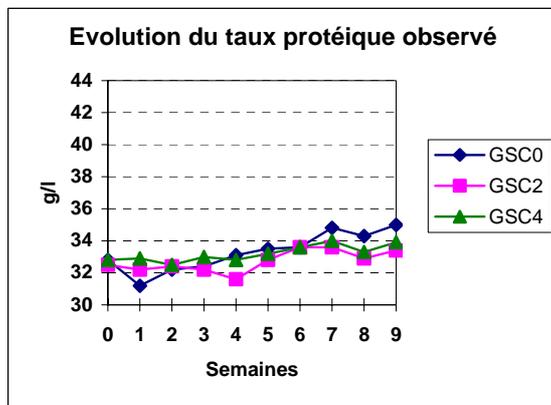
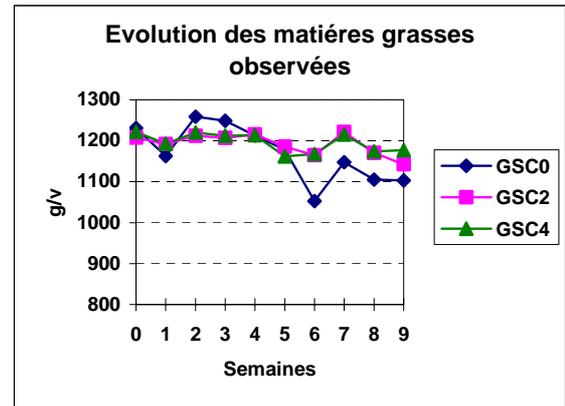
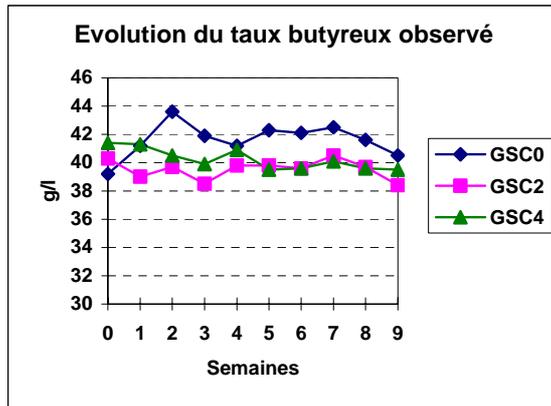
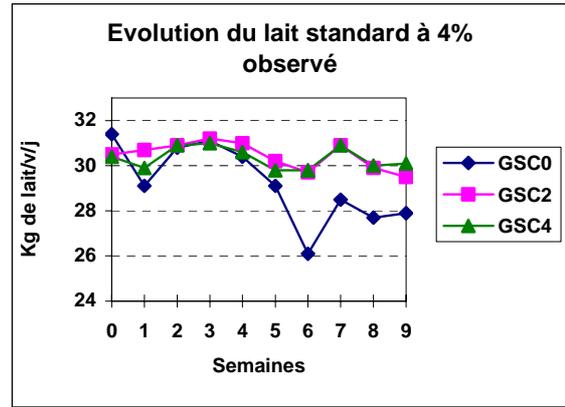
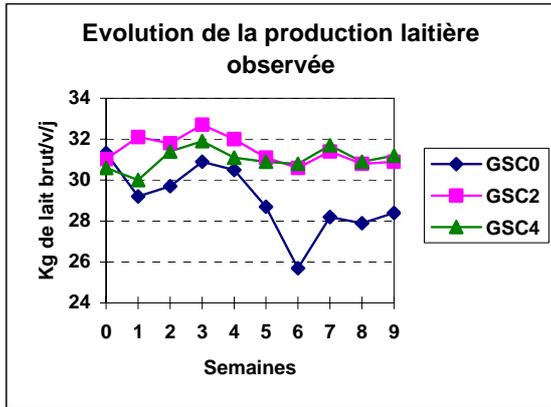
Evolution de l'ingestion (essai 1)



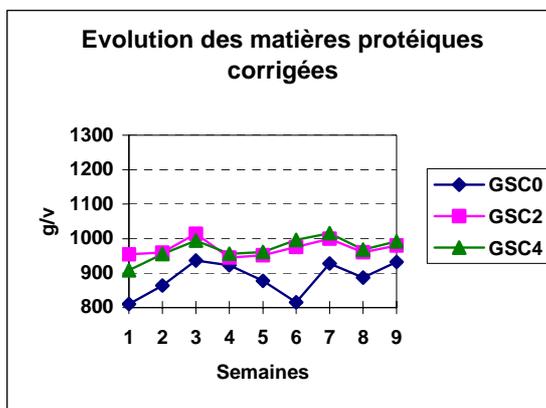
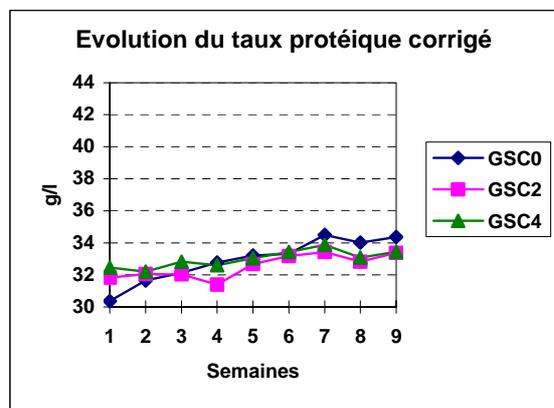
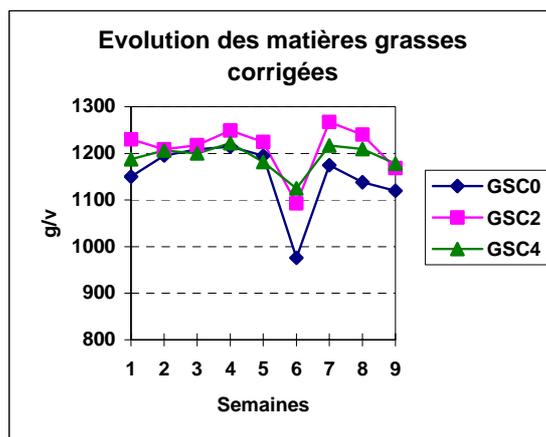
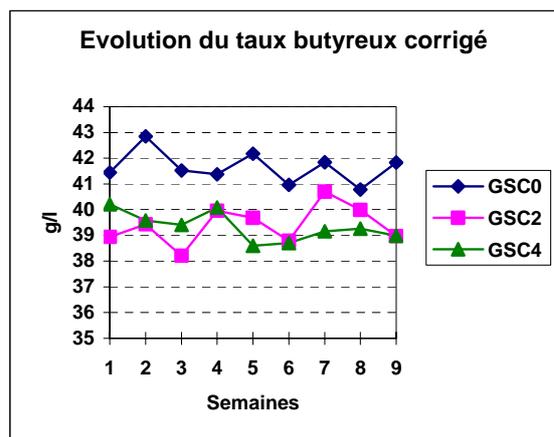
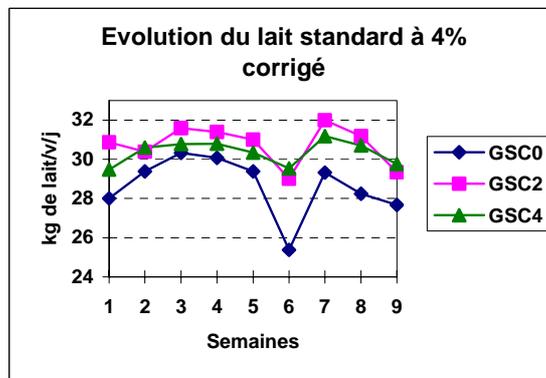
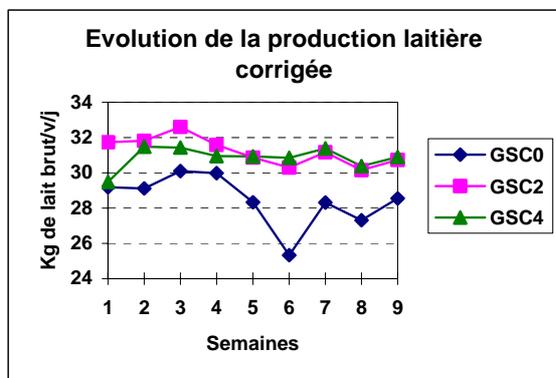
Evolution de l'ingestion (Essai 2)



Annexe 2 : Les courbes observées de production laitière de l'essai 1.

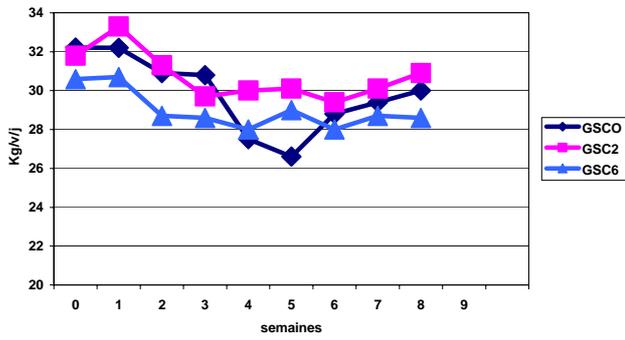


Annexe 3 : Les courbes corrigées de production laitière de l'essai 1.

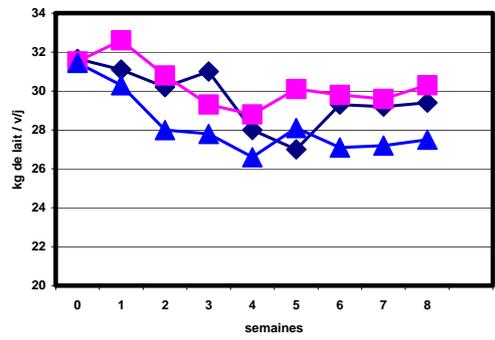


Annexe 4 : Les courbes observées de production laitière de l'essai 2

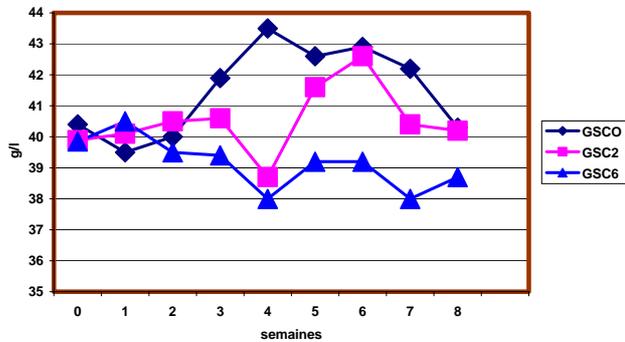
Evolution de la production laitière observée



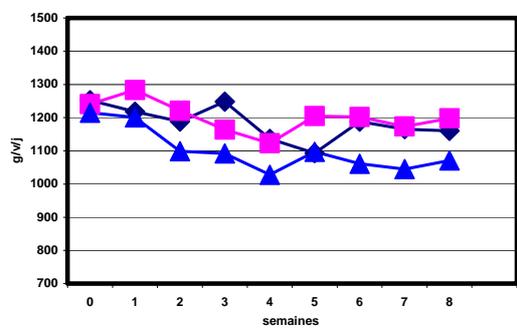
Evolution de la production laitière standard observée



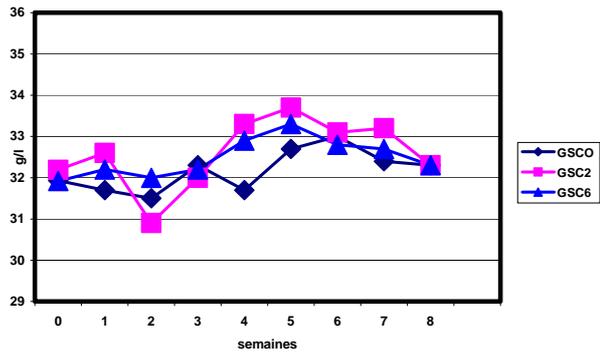
Evolution du taux butyreux observé



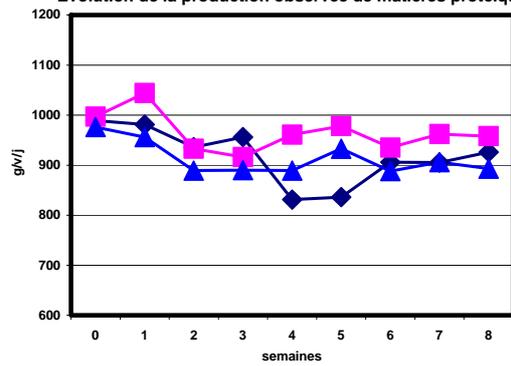
Evolution de la production observée de matières grasses



Evolution du taux protéique observé

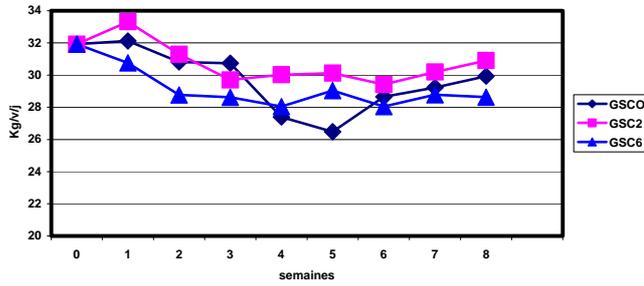


Evolution de la production observée de matières protéiques

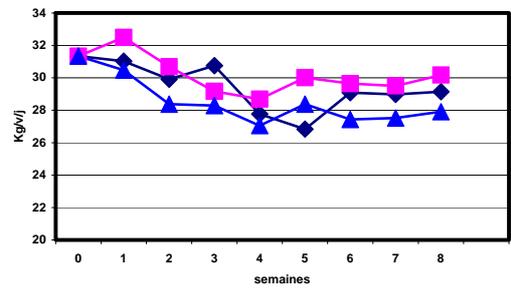


Annexe 5 : Les courbes corrigées de production laitière de l'essai 2.

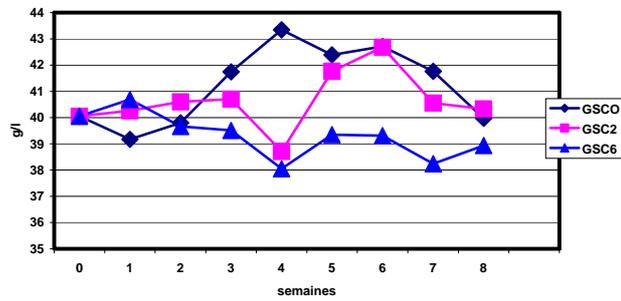
Evolution de la production laitière corrigée



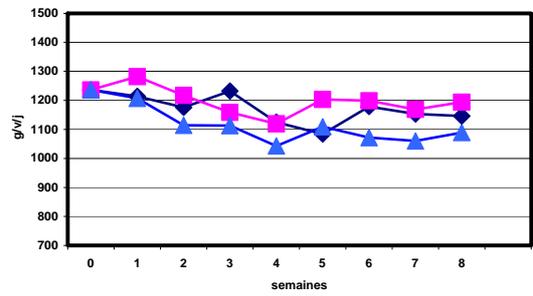
Evolution de la production laitière standard corrigée



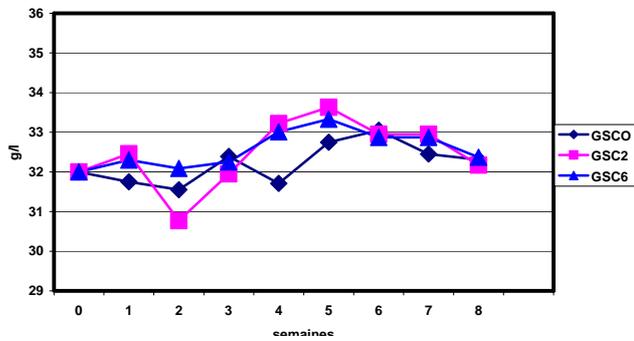
Evolution du taux butyreux corrigé



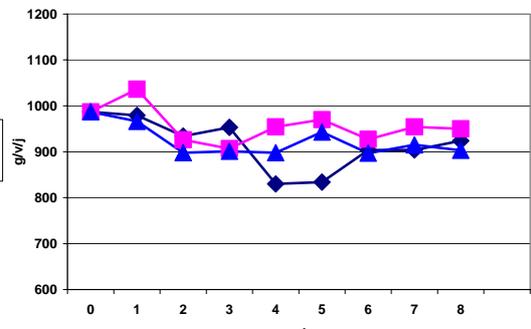
Evolution de la production corrigée de matières grasses



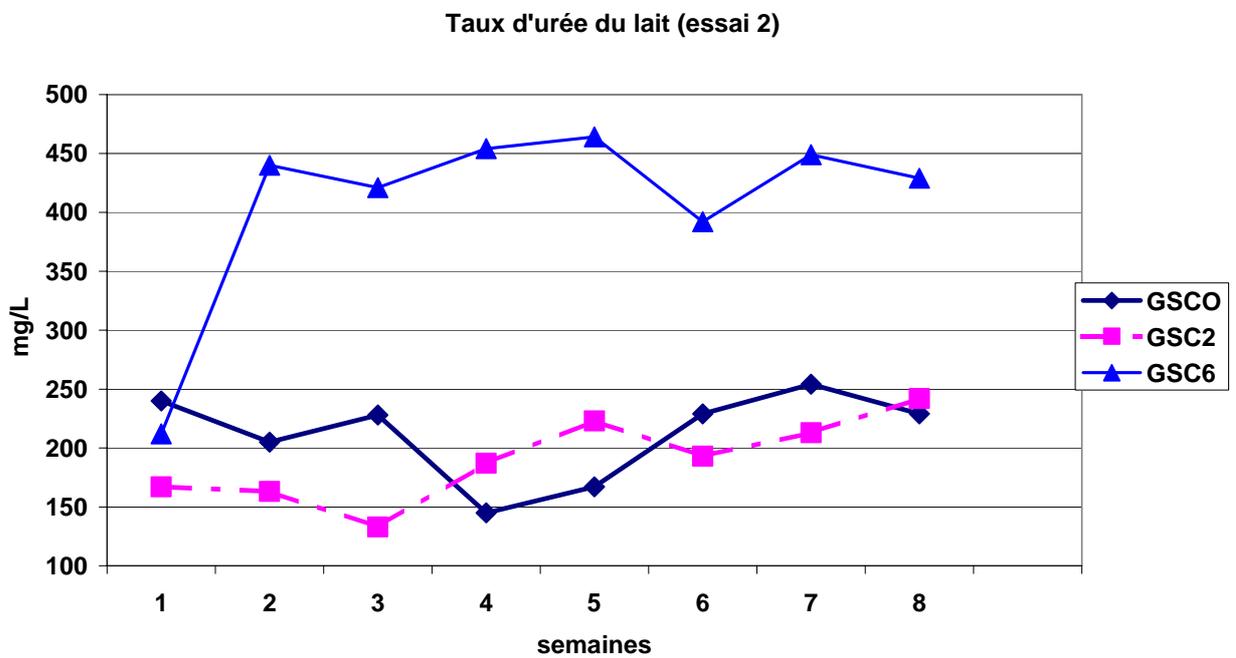
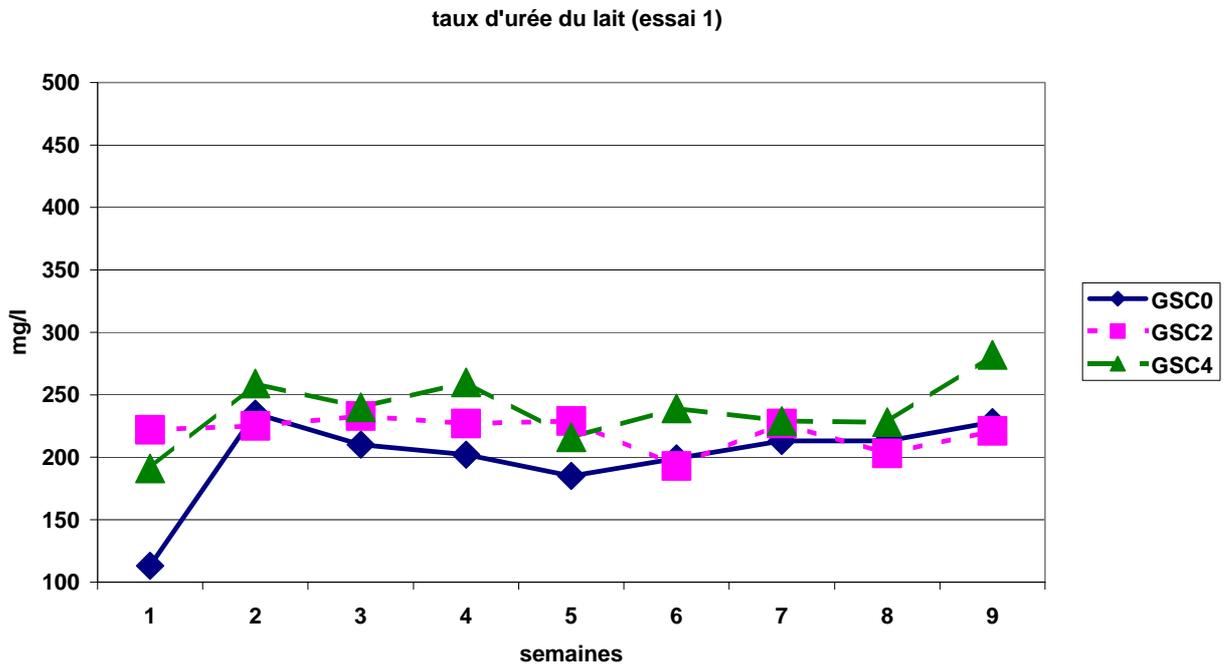
Evolution du taux protéique corrigé



Evolution de la proction corrigée de matières protéiques



Annexe 6 : Les courbes de taux d'urée du lait de l'essai 1 et 2



Annexes 7 : Composition des acides gras du lait de l'essai 2.

| <i>Essai 2 en % des MG</i> | <i>GSC 0</i> | <i>GSC 2</i> | <i>GSC 6</i> |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| C4 : 0 | 3.0 | 2.9 | 2.7 |
| C6 : 0 | 2.9 | 2.9 | 2.7 |
| C8 : 0 | 1.1 | 1.1 | 1.0 |
| C10 : 0 | 2.7 | 2.8 | 2.5 |
| C11 : 0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| C12 : 0 | 3.6 | 3.6 | 3.1 |
| C13 : 0 | 0.1 | 0.2 | 0.1 |
| C14 : 0 | 12.2 | 11.9 | 10.5 |
| C14 : 1 | 1.1 | 1.1 | 0.9 |
| C15 : 0 | 1.2 | 1.2 | 1.1 |
| C16 : 0 | 38.97 | 35.2 | 29.6 |
| C16 : 1 | 2.0 | 1.5 | 1.3 |
| C17 : 0 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |
| C18 : 0 | 8.3 | 10.7 | 13.6 |
| C18 : 1 (n-9) | 19.4 | 20.0 | 24.8 |
| C18 : 1 (n-9) trans | 0.3 | 0.4 | 0.4 |
| C18 : 2 (n-6) | 1.6 | 2.7 | 3.5 |
| C18 : 2 (n-6) trans | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| C18 : 3 (n-3) | 0.2 | 0.4 | 0.5 |
| C20 : 0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| C20 : 1 (n-9) | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| C20 : 3 (n-6) | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| C20 : 4 (n-6) | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| C22 : 5 (n-3) | 0 | 0 | 0.1 |
| C 22 : 0 | 0 | 0 | 0.1 |
| C22 : 4 (n-6) | 0 | 0.1 | 0.1 |
| C 20 : 5 (n-3) | 0 | 0.1 | 0 |
| C 24 : 1 (n-9) | 0 | 0 | 0.1 |

Annexe 8 économique essai 1

Charges alimentaires, marges alimentaires et écart de marge avec ou sans GSC (en € 100 000 litres de lait).

| GSC0 | | | | | | GSC2 | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 7 734 € | 8 259 € | 8 784 € | 9 309 € | 9 835 € | 0,08 | 7 598 € | 8 155 € | 8 712 € | 9 270 € | 9 827 € |
| 0,1 | 8 505 € | 9 030 € | 9 555 € | 10 081 € | 10 606 € | 0,1 | 8 308 € | 8 865 € | 9 423 € | 9 980 € | 10 537 € |
| 0,12 | 9 276 € | 9 802 € | 10 327 € | 10 852 € | 11 377 € | 0,12 | 9 018 € | 9 575 € | 10 133 € | 10 690 € | 11 248 € |
| 0,14 | 10 048 € | 10 573 € | 11 098 € | 11 623 € | 12 148 € | 0,14 | 9 728 € | 10 286 € | 10 843 € | 11 400 € | 11 958 € |
| 0,16 | 10 819 € | 11 344 € | 11 869 € | 12 394 € | 12 920 € | 0,16 | 10 438 € | 10 996 € | 11 553 € | 12 111 € | 12 668 € |
| coût alimentaire GSC0 | | | | | | coût alimentaire GSC2 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 24 503 € | 23 978 € | 23 453 € | 22 928 € | 22 402 € | 0,08 | 25 314 € | 24 757 € | 24 200 € | 23 642 € | 23 085 € |
| 0,1 | 23 732 € | 23 207 € | 22 682 € | 22 156 € | 21 631 € | 0,1 | 24 604 € | 24 047 € | 23 489 € | 22 932 € | 22 375 € |
| 0,12 | 22 961 € | 22 435 € | 21 910 € | 21 385 € | 20 860 € | 0,12 | 23 894 € | 23 337 € | 22 779 € | 22 222 € | 21 664 € |
| 0,14 | 22 189 € | 21 664 € | 21 139 € | 20 614 € | 20 089 € | 0,14 | 23 184 € | 22 626 € | 22 069 € | 21 512 € | 20 954 € |
| 0,16 | 21 418 € | 20 893 € | 20 368 € | 19 843 € | 19 317 € | 0,16 | 22 474 € | 21 916 € | 21 359 € | 20 801 € | 20 244 € |
| marge sur Coût alimentaire GSC0 | | | | | | marge sur Coût alimentaire GSC2 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 811 € | 779 € | 747 € | 715 € | 682 € | 0,08 | 811 € | 779 € | 747 € | 715 € | 682 € |
| 0,1 | 872 € | 840 € | 808 € | 776 € | 743 € | 0,1 | 872 € | 840 € | 808 € | 776 € | 743 € |
| 0,12 | 933 € | 901 € | 869 € | 837 € | 804 € | 0,12 | 933 € | 901 € | 869 € | 837 € | 804 € |
| 0,14 | 994 € | 962 € | 930 € | 898 € | 866 € | 0,14 | 994 € | 962 € | 930 € | 898 € | 866 € |
| 0,16 | 1 055 € | 1 023 € | 991 € | 959 € | 927 € | 0,16 | 1 055 € | 1 023 € | 991 € | 959 € | 927 € |
| marge sur coût alimentaire GSC2 - GSC0 | | | | | | marge GSC2 - GSC0 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 279 € | 472 € | 666 € | 859 € | 1 052 € | 0,08 | 279 € | 472 € | 666 € | 859 € | 1 052 € |
| 0,1 | -160 € | 33 € | 227 € | 420 € | 613 € | 0,1 | -160 € | 33 € | 227 € | 420 € | 613 € |
| 0,12 | -599 € | -406 € | -212 € | -19 € | 174 € | 0,12 | -599 € | -406 € | -212 € | -19 € | 174 € |
| 0,14 | -1 038 € | -845 € | -651 € | -458 € | -264 € | 0,14 | -1 038 € | -845 € | -651 € | -458 € | -264 € |
| 0,16 | -1 477 € | -1 284 € | -1 090 € | -897 € | -703 € | 0,16 | -1 477 € | -1 284 € | -1 090 € | -897 € | -703 € |
| GSC4 | | | | | | GSC4 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 8 242 € | 8 839 € | 9 437 € | 10 034 € | 10 632 € | 0,08 | 8 242 € | 8 839 € | 9 437 € | 10 034 € | 10 632 € |
| 0,1 | 8 942 € | 9 539 € | 10 137 € | 10 734 € | 11 332 € | 0,1 | 8 942 € | 9 539 € | 10 137 € | 10 734 € | 11 332 € |
| 0,12 | 9 642 € | 10 239 € | 10 837 € | 11 434 € | 12 032 € | 0,12 | 9 642 € | 10 239 € | 10 837 € | 11 434 € | 12 032 € |
| 0,14 | 10 342 € | 10 939 € | 11 537 € | 12 134 € | 12 732 € | 0,14 | 10 342 € | 10 939 € | 11 537 € | 12 134 € | 12 732 € |
| 0,16 | 11 042 € | 11 639 € | 12 237 € | 12 834 € | 13 432 € | 0,16 | 11 042 € | 11 639 € | 12 237 € | 12 834 € | 13 432 € |
| Coût alimentaire GSC4 | | | | | | Coût alimentaire GSC4 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 24 670 € | 24 073 € | 23 475 € | 22 878 € | 22 280 € | 0,08 | 24 670 € | 24 073 € | 23 475 € | 22 878 € | 22 280 € |
| 0,1 | 23 970 € | 23 373 € | 22 775 € | 22 178 € | 21 580 € | 0,1 | 23 970 € | 23 373 € | 22 775 € | 22 178 € | 21 580 € |
| 0,12 | 23 270 € | 22 673 € | 22 075 € | 21 478 € | 20 880 € | 0,12 | 23 270 € | 22 673 € | 22 075 € | 21 478 € | 20 880 € |
| 0,14 | 22 570 € | 21 973 € | 21 375 € | 20 778 € | 20 180 € | 0,14 | 22 570 € | 21 973 € | 21 375 € | 20 778 € | 20 180 € |
| 0,16 | 21 870 € | 21 273 € | 20 675 € | 20 078 € | 19 480 € | 0,16 | 21 870 € | 21 273 € | 20 675 € | 20 078 € | 19 480 € |
| marge sur C alimentaire GSC4 | | | | | | marge sur C alimentaire GSC4 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 167 € | 95 € | 22 € | -50 € | -122 € | 0,08 | 167 € | 95 € | 22 € | -50 € | -122 € |
| 0,1 | 238 € | 166 € | 94 € | 21 € | -51 € | 0,1 | 238 € | 166 € | 94 € | 21 € | -51 € |
| 0,12 | 310 € | 237 € | 165 € | 93 € | 20 € | 0,12 | 310 € | 237 € | 165 € | 93 € | 20 € |
| 0,14 | 381 € | 309 € | 236 € | 164 € | 92 € | 0,14 | 381 € | 309 € | 236 € | 164 € | 92 € |
| 0,16 | 452 € | 380 € | 308 € | 235 € | 163 € | 0,16 | 452 € | 380 € | 308 € | 235 € | 163 € |
| marge alimentaire GSC 4 - GSC0 | | | | | | marge alimentaire GSC 4 - GSC0 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | -1 118 € | -1 190 € | -1 263 € | -1 335 € | -1 407 € | 0,08 | -1 118 € | -1 190 € | -1 263 € | -1 335 € | -1 407 € |
| 0,1 | -1 978 € | -2 051 € | -2 123 € | -2 195 € | -2 268 € | 0,1 | -1 978 € | -2 051 € | -2 123 € | -2 195 € | -2 268 € |
| 0,12 | -2 839 € | -2 911 € | -2 983 € | -3 056 € | -3 128 € | 0,12 | -2 839 € | -2 911 € | -2 983 € | -3 056 € | -3 128 € |
| 0,14 | -3 699 € | -3 771 € | -3 843 € | -3 916 € | -3 988 € | 0,14 | -3 699 € | -3 771 € | -3 843 € | -3 916 € | -3 988 € |
| 0,16 | -4 559 € | -4 631 € | -4 704 € | -4 776 € | -4 848 € | 0,16 | -4 559 € | -4 631 € | -4 704 € | -4 776 € | -4 848 € |
| marge GSC 4 - GSC 0 | | | | | | marge GSC 4 - GSC 0 | | | | | |

Annexe 9 économique essai 2

Charges alimentaires, marges alimentaires et écart de marge avec ou sans GSC (en €
100 000 litres de lait).

| GSC0 = | | | | | | GSC2 | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 7 155 € | 7 648 € | 8 140 € | 8 633 € | 9 114 € | 0,08 | 7 221 € | 7 751 € | 8 281 € | 8 811 € | 9 341 € |
| 0,1 | 7 981 € | 8 474 € | 8 967 € | 9 460 € | 9 939 € | 0,1 | 8 005 € | 8 535 € | 9 065 € | 9 595 € | 10 125 € |
| 0,12 | 8 807 € | 9 300 € | 9 793 € | 10 286 € | 10 764 € | 0,12 | 8 789 € | 9 319 € | 9 849 € | 10 379 € | 10 909 € |
| 0,14 | 9 634 € | 10 127 € | 10 620 € | 11 112 € | 11 589 € | 0,14 | 9 573 € | 10 103 € | 10 633 € | 11 164 € | 11 694 € |
| 0,16 | 10 460 € | 10 953 € | 11 446 € | 11 939 € | 12 414 € | 0,16 | 10 357 € | 10 888 € | 11 418 € | 11 948 € | 12 478 € |
| coût alimentaire GSC0 | | | | | | coût alimentaire GSC2 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 24 923 € | 24 430 € | 23 938 € | 23 445 € | 22 964 € | 0,08 | 25 305 € | 24 775 € | 24 245 € | 23 715 € | 23 185 € |
| 0,1 | 24 097 € | 23 604 € | 23 111 € | 22 618 € | 22 139 € | 0,1 | 24 521 € | 23 991 € | 23 461 € | 22 931 € | 22 401 € |
| 0,12 | 23 271 € | 22 778 € | 22 285 € | 21 792 € | 21 314 € | 0,12 | 23 737 € | 23 207 € | 22 677 € | 22 147 € | 21 617 € |
| 0,14 | 22 444 € | 21 951 € | 21 458 € | 20 966 € | 20 489 € | 0,14 | 22 953 € | 22 423 € | 21 893 € | 21 362 € | 20 832 € |
| 0,16 | 21 618 € | 21 125 € | 20 632 € | 20 139 € | 19 664 € | 0,16 | 22 169 € | 21 638 € | 21 108 € | 20 578 € | 20 048 € |
| marge sur Coût alimentaire GSE0 | | | | | | marge sur Coût alimentaire GSC2 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 382 € | 345 € | 308 € | 270 € | 221 € | 0,08 | 382 € | 345 € | 308 € | 270 € | 221 € |
| 0,1 | 424 € | 387 € | 350 € | 312 € | 262 € | 0,1 | 424 € | 387 € | 350 € | 312 € | 262 € |
| 0,12 | 466 € | 429 € | 392 € | 355 € | 302 € | 0,12 | 466 € | 429 € | 392 € | 355 € | 302 € |
| 0,14 | 509 € | 471 € | 434 € | 397 € | 343 € | 0,14 | 509 € | 471 € | 434 € | 397 € | 343 € |
| 0,16 | 551 € | 513 € | 476 € | 439 € | 384 € | 0,16 | 551 € | 513 € | 476 € | 439 € | 384 € |
| marge alimentaire GSE2 - GSC 0 | | | | | | marge alimentaire GSE2 - GSC 0 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | -20 € | 177 € | 375 € | 573 € | 758 € | 0,08 | -20 € | 177 € | 375 € | 573 € | 758 € |
| 0,1 | -457 € | -260 € | -62 € | 136 € | 320 € | 0,1 | -457 € | -260 € | -62 € | 136 € | 320 € |
| 0,12 | -895 € | -697 € | -499 € | -302 € | -119 € | 0,12 | -895 € | -697 € | -499 € | -302 € | -119 € |
| 0,14 | -1 332 € | -1 134 € | -936 € | -739 € | -557 € | 0,14 | -1 332 € | -1 134 € | -936 € | -739 € | -557 € |
| 0,16 | -1 769 € | -1 571 € | -1 373 € | -1 176 € | -996 € | 0,16 | -1 769 € | -1 571 € | -1 373 € | -1 176 € | -996 € |
| marge GSC 2 - GSC 0 | | | | | | marge GSC 2 - GSC 0 | | | | | |
| GSC 6 | | | | | | GSC 6 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 8 942 € | 9 864 € | 10 785 € | 11 707 € | 12 629 € | 0,08 | 8 942 € | 9 864 € | 10 785 € | 11 707 € | 12 629 € |
| 0,1 | 9 611 € | 10 533 € | 11 455 € | 12 377 € | 13 299 € | 0,1 | 9 611 € | 10 533 € | 11 455 € | 12 377 € | 13 299 € |
| 0,12 | 10 281 € | 11 203 € | 12 125 € | 13 047 € | 13 969 € | 0,12 | 10 281 € | 11 203 € | 12 125 € | 13 047 € | 13 969 € |
| 0,14 | 10 951 € | 11 873 € | 12 795 € | 13 717 € | 14 639 € | 0,14 | 10 951 € | 11 873 € | 12 795 € | 13 717 € | 14 639 € |
| 0,16 | 11 621 € | 12 543 € | 13 465 € | 14 386 € | 15 308 € | 0,16 | 11 621 € | 12 543 € | 13 465 € | 14 386 € | 15 308 € |
| coût alimentaire GSE6 | | | | | | coût alimentaire GSE6 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | 23 420 € | 22 498 € | 21 577 € | 20 655 € | 19 733 € | 0,08 | 23 420 € | 22 498 € | 21 577 € | 20 655 € | 19 733 € |
| 0,1 | 22 751 € | 21 829 € | 20 907 € | 19 985 € | 19 063 € | 0,1 | 22 751 € | 21 829 € | 20 907 € | 19 985 € | 19 063 € |
| 0,12 | 22 081 € | 21 159 € | 20 237 € | 19 315 € | 18 393 € | 0,12 | 22 081 € | 21 159 € | 20 237 € | 19 315 € | 18 393 € |
| 0,14 | 21 411 € | 20 489 € | 19 567 € | 18 645 € | 17 723 € | 0,14 | 21 411 € | 20 489 € | 19 567 € | 18 645 € | 17 723 € |
| 0,16 | 20 741 € | 19 819 € | 18 897 € | 17 976 € | 17 054 € | 0,16 | 20 741 € | 19 819 € | 18 897 € | 17 976 € | 17 054 € |
| marge sur Coût alimentaire GSC6 - GSC0 | | | | | | marge sur Coût alimentaire GSC6 - GSC0 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | -1 503 € | -1 932 € | -2 361 € | -2 790 € | -3 231 € | 0,08 | -1 503 € | -1 932 € | -2 361 € | -2 790 € | -3 231 € |
| 0,1 | -1 346 € | -1 775 € | -2 204 € | -2 633 € | -3 076 € | 0,1 | -1 346 € | -1 775 € | -2 204 € | -2 633 € | -3 076 € |
| 0,12 | -1 190 € | -1 619 € | -2 048 € | -2 477 € | -2 921 € | 0,12 | -1 190 € | -1 619 € | -2 048 € | -2 477 € | -2 921 € |
| 0,14 | -1 033 € | -1 462 € | -1 891 € | -2 320 € | -2 766 € | 0,14 | -1 033 € | -1 462 € | -1 891 € | -2 320 € | -2 766 € |
| 0,16 | -877 € | -1 306 € | -1 735 € | -2 164 € | -2 610 € | 0,16 | -877 € | -1 306 € | -1 735 € | -2 164 € | -2 610 € |
| marge alimentaire GSC6 | | | | | | marge alimentaire GSC6 | | | | | |
| Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | Pmg/PCA | 0,2 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
| 0,08 | -3 319 € | -3 027 € | -2 736 € | -2 444 € | -2 165 € | 0,08 | -3 319 € | -3 027 € | -2 736 € | -2 444 € | -2 165 € |
| 0,1 | -4 602 € | -4 311 € | -4 019 € | -3 727 € | -3 449 € | 0,1 | -4 602 € | -4 311 € | -4 019 € | -3 727 € | -3 449 € |
| 0,12 | -5 886 € | -5 594 € | -5 302 € | -5 011 € | -4 734 € | 0,12 | -5 886 € | -5 594 € | -5 302 € | -5 011 € | -4 734 € |
| 0,14 | -7 169 € | -6 877 € | -6 586 € | -6 294 € | -6 019 € | 0,14 | -7 169 € | -6 877 € | -6 586 € | -6 294 € | -6 019 € |
| 0,16 | -8 452 € | -8 161 € | -7 869 € | -7 577 € | -7 303 € | 0,16 | -8 452 € | -8 161 € | -7 869 € | -7 577 € | -7 303 € |
| marge GSC 6 - GSC 0 | | | | | | marge GSC 6 - GSC 0 | | | | | |

Annexe 10 : Paramètres économiques retenus.

Rendements maïs irrigués

105 q/ha à 15 % d'humidité
16 t de MS/ha

Rendements soja : 30 q/ha aux normes

Prix de base retenus :

- E de maïs distribué : 0,08 €/kg de MS (variable paramétrée)
- maïs grain : 0,12 €/kg de MS (variable paramétrée)
- CPMD : 0,06 €/kg de MS
- foin de luzerne : 0,18 €/kg de MS
- concentré protéique : 0,28 €/kg de MS (variable paramétrée)
- tourteau tanné : 0,30 €/kg de MS (indexé sur le concentré protéique)
- graine de soja crue et aplatie : 0,22 €/kg de MS (variable paramétrée)
- AMV : 0,4 €/kg
- farine de maïs : 0,17 €/kg de MS (indexé sur le prix du maïs grain)
- Prix de vente du litre de lait (base 38 pm de MG et 32 pm de MP)
 - 290 € 1 000 l
 - MG : +/- 2.897 €/kg
 - MP : +/- 5,48 €/kg
- croissance : 1,68 €/kg de gain.

Août 2006

Compte rendu 03 06 31 013

Département TEQ

Conduite et traite troupeaux lait

Jean LEGARTO, Benoît BEAUMONT

Détermination des seuils d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières

En vue de l'augmentation de l'autonomie protéique des exploitations laitières mais aussi de l'amélioration nécessaire de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait de vache obtenues avec des régimes à base d'ensilage de maïs, deux essais zootechniques ont été menés afin de déterminer les seuils souhaitables d'incorporation de la graine de soja crue dans l'alimentation des vaches laitières en production.

collection résultats



Conseil Régional d'Aquitaine
14, rue François sourdis
33077 BORDEAUX



Cité Galliane
BP 279
40 005 Mont de Marsan cedex



Institut de l'Élevage
149, rue de Bercy
75595 Paris cedex 12
www.inst-elevage.asso.fr