

## Valorisation des rations alimentaires dans les troupeaux laitiers : états des lieux et facteurs explicatifs des différences entre production théorique et production observée

LEFEVRE A. (1), BOULET L. (1), DECRUYENAERE V. (1), VANDAELE L. (2), VERRIELE B. (3), DECAESTEKER E. (4), GAVILLON D. (3), MAHIEU J. (4), ROUILLE B. (5), FROIDMONT E. (1)

(1) Centre wallon de Recherches Agronomiques, Rue de Liroux 9 5030 Gembloux – Belgique

(2) ILVO, Scheldeweg 68 9090 Melle – Belgique

(3) Avenir Conseil Elevage, 5 Rue François Mitterrand, 59400 Cambrai – France

(4) INAGRO, vzw Ieperseweg 87 8800 Rumbekke-Beitem – Belgique

(5) Institut de l'élevage, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12 - France

**RESUME** - Les observations de terrain montrent que les troupeaux laitiers ont une production laitière cohérente par rapport à la composition des rations distribuées, mais qu'il existe néanmoins une forte variabilité entre exploitations. Afin de comprendre cette variabilité, des bases de données françaises (Avenir Conseil Elevage) et belges (Inagro), constituées dans le cadre du projet INTERREG PROTECOW, ont été mobilisées (n = 1604). Ces bases regroupent des données de production laitière (production et taux) en lien avec les rations distribuées (composition centésimale) dans la zone transfrontalière franco-belge. L'efficacité de valorisation des rations a été calculée en faisant le rapport entre la production observée et la production théorique, estimée sur base de la valeur nutritionnelle de la ration distribuée. Une analyse en composantes principales complétée d'un clustering a permis de constituer 4 groupes homogènes. Chaque groupe se différencie des autres en termes de niveau de production laitière, de taux (butyreux et protéique), de la nature de la ration (proportions de fourrages, de concentrés, type de fourrages) et de son efficacité de valorisation, cette dernière étant différente entre chaque groupe ( $P < 0,001$ ). Ainsi le premier groupe se caractérise par des rations de type ensilage de maïs, le deuxième par une production laitière permise par les concentrés, le troisième par des rations basées sur le pâturage et le quatrième par des rations mixtes. Si l'efficacité de valorisation de la ration est de 120,0% dans le groupe ensilage de maïs, elle varie de 85,3% à 95,0% au sein des trois autres groupes. L'analyse des productions observées sur le terrain montre qu'il existe des voies d'amélioration possibles dans l'adaptation et la valorisation des rations des vaches laitières et que, sur base du système d'alimentation en vigueur, le type de ration a une influence sur le rapport entre les productions laitières observée et attendue.

## Valuation of diets in dairy herds: state of play and factors explaining the differences between theoretical and observed production

LEFEVRE A. (1), BOULET L. (1), DECRUYENAERE V. (1), VANDAELE L. (2), VERRIELE B. (3), DECAESTEKER E. (4), GAVILLON D. (3), MAHIEU J. (4), ROUILLE B. (5), FROIDMONT E. (1)

(1) Centre wallon de Recherches Agronomiques, Rue de Liroux 9 5030 Gembloux – Belgique

**SUMMARY** - The observations in the field show that milk production of dairy herds is consistent with the composition of the rations distributed, but that there is nevertheless a high degree of variability between farms. In order to understand this variability, French (Avenir Conseil Elevage) and Belgian (Inagro) datasets, set up within the INTERREG PROTECOW project, were used (n = 1604). These datasets contain data on milk production (production and contents) in relation to diets distributed (centesimal composition) in the French-Belgian cross-border area. The use efficiency of the diet was calculated as the ratio between the observed milk production and the expected milk production, estimated according to the composition of the distributed ration. A principal component analysis completed by clustering was used to create four homogeneous groups. Each group differed from the others in terms of milk production level, milk composition (fat and protein contents), type of diet (proportions of forages, concentrates, type of forages) and its use efficiency, the latter being different between each group ( $P < 0,001$ ). Thus, the first group was characterised by silage maize rations, the second by milk production based on concentrates, the third by rations based on pasture and the fourth by mixed rations. While the use efficiency of the diet reached 120,0% in the silage maize group, it varied from 85,3% to 95,0% in the other three groups. The analysis of the productions observed in practical conditions shows that there is room for improvement in the adaptation and utilisation of dairy cow diets and that, based on the current feeding system, the type of ration has an influence on the observed vs expected milk production ratio.

## INTRODUCTION

Le contexte géopolitique actuel entraîne une hausse du prix des matières premières avec pour conséquence une hausse des coûts de production pour les agriculteurs. En élevage laitier, l'alimentation représente un des postes les plus importants dans les coûts de production du lait. Il convient dès lors pour l'éleveur d'ajuster au mieux la ration de ses vaches laitières afin d'atteindre un bon niveau de transformation ou d'efficacité de la ration tout en limitant le coût alimentaire. De nombreuses études ont déjà été réalisées afin d'optimiser le rendement de transformation de la ration par l'animal. En effet, tous les nutriments ingérés ne peuvent être valorisés, de par une digestibilité incomplète et un coût métabolique variable (selon les conditions climatiques, le stade physiologique de

l'animal, son niveau de production) (Fischer, 2017). En outre, si l'animal n'est pas en bonne santé, les nutriments seront aussi moins bien valorisés à des fins de production laitière (par exemple, en cas de mammite). Par ailleurs, les caractéristiques des rations distribuées aux vaches laitières sont fortement dépendantes du contexte régional. En effet, le projet Interreg PROTECOW a montré que les rations du nord de la France n'ont pas les mêmes caractéristiques que celles distribuées en Flandre (Belgique) : les rations françaises contiennent plus d'ensilage de maïs quand les rations belges contiennent plus d'herbe conservée et de concentrés de production (Rouillé et al., 2020). Dès lors, l'objectif de cette étude est de quantifier l'efficacité de valorisation de l'alimentation selon le type de ration distribuée et d'en évaluer leur coût de revient.

# 1. MATERIEL ET METHODES

## 1.1. DONNEES MOBILISEES

Les bases de données française (Avenir Conseil Elevage, n = 1007) et belge (Inagro, n = 601) constituées dans le cadre du projet INTERREG PROTECOW en 2016-2017, ont été mobilisées (Rouillé et al., 2020). Elles regroupent des données de production laitière moyenne du troupeau (production et taux) en lien avec les rations distribuées (composition centésimale) de 213 élevages de la zone transfrontalière franco-belge. Le nombre d'audits, réalisés à la demande de l'éleveur, est en moyenne de 7,5 (de 1 à 20) réparties de manière hétérogène sur les deux années (2016-2017). Le tableau 1 reprend les variables explicatives et supplémentaires, calculées sur base des données disponibles.

### Variables explicatives

*Lait* : Production laitière (en kg/j)  
*Lait\_FCL* : Production laitière corrigée selon les taux (kg/j)  
*TB* : Taux butyreux (g/kg)  
*TP* : Taux protéique (g/kg)  
*Paturage* : % d'herbe pâturée dans la ration  
*HerbeConservee* : % d'herbe conservée dans la ration (ensilage, enrubanné, foin, céréales immatures...)  
*ProduitsHerbagers* : % d'herbe dans la ration (paturage + herbeconservee)  
*EnsilageMais* : % d'ensilage de maïs dans la ration  
*Coproduits* : % de coproduits dans la ration (pulpes, drèches...)  
*Concentres* : % d'aliments concentrés dans la ration (maïs grain, céréales, tourteaux, correcteurs, concentrés de production,...)  
*Mineraux* : % de minéraux dans la ration  
*EfficienceRation* : Efficience de valorisation de la ration (en % de la production laitière théorique)

### Variables supplémentaires

*Fourrages* : % de fourrages dans la ration (herbe + ensilage de maïs + paille)  
*Complements* : % de compléments dans la ration (coproduits + concentrés)  
*MStot* : Quantité de matière sèche totale distribuée (en kg MS/vache/jour)  
*Energie* : Concentration énergétique de la ration (VEM/kg MS)  
*ProtDig* : Teneur en protéines digestibles de la ration (g DVE/kg MS)  
*MAT* : Teneur en Matières Azotées Totales de la ration (g/kg MS)  
*CoûtRation* : coût de la ration distribuée (€/vache/jour)  
*CoûtRationLait* : coût de la ration distribuée par kg de lait corrigé (€/vache/jour/kg de lait corrigé)  
*CoûtRationMS* : coût de la ration distribuée par kg de matière sèche distribuée (€/vache/jour/kg MS)

**Tableau 1** : Variables explicatives et variables supplémentaires mobilisées pour les analyses statistiques

## 1.2. CALCUL DE L'EFFICIENCE DE VALORISATION DE LA RATION

L'efficience de valorisation de la ration a été calculée selon l'équation suivante :

$$\text{efficience de valorisation} = \frac{\text{Production laitière réelle}}{\text{Production laitière théorique}}$$
, les deux productions laitières étant exprimées en kg de lait brut.

|                  |             | Mauvaise qualité | Qualité moyenne | Bonne qualité |
|------------------|-------------|------------------|-----------------|---------------|
| Herbe pâturée    | VEM/kg MS   | 840              | 920             | 1000          |
|                  | g DVE/kg MS | 65               | 80              | 95            |
| Ensilage d'herbe | VEM/kg MS   | 750              | 825             | 900           |
|                  | g DVE/kg MS | 50               | 60              | 70            |
| Ensilage de maïs | VEM/kg MS   | 930              | 960             | 970           |
|                  | g DVE/kg MS | 47               | 50              | 50            |

**Tableau 2** : Valeurs alimentaires de l'herbe pâturée, de l'ensilage d'herbe et de l'ensilage de maïs utilisées pour l'analyse de sensibilité

La production laitière théorique a été calculée sur base de la composition de la ration distribuée en se basant sur le système hollandais (Tamminga et al., 1994, Van Es & Van der Honing, 1977) car il s'agit d'un des deux systèmes d'alimentation usité dans la région. Les valeurs alimentaires des différents composants de la ration sont issues des valeurs de tables INRAE-CIRAD-AFZ ([www.feedtables.com](http://www.feedtables.com)). Les valeurs alimentaires utilisées pour l'herbe pâturée, l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs sont les suivantes : 965 VEM/kg MS et 99 g de DVE/kg MS ; 903 VEM/kg MS et 78 g de DVE/kg de MS ; 965 VEM/kg de MS et 53 g de DVE/kg de MS respectivement (valeurs moyennes reprises dans la base de données belge). Pour réaliser le calcul, les apports en énergie (VEM) et en protéines digestibles dans l'intestin grêle (g de DVE) ont été calculés en sommant les apports permis par chaque composant de la ration. La production laitière théorique permise par les apports énergétiques (VEM) et en protéines digestibles dans l'intestin grêle (DVE) a été calculée selon les équations suivantes (Tamminga et al., 1994, Van Es & Van der Honing, 1977) :

$$\text{Apport en VEM} = (6,45 \times \text{poids} + 1265 + 442 \times \text{FCL} \times \text{Lait}) \times [1 + 0,00165 \times (\text{FCL} \times \text{Lait} - 15)]$$

Avec le poids fixé à 650 kg, FCL le facteur correctif du lait (0,337 + 0,116 × %matières grasses du lait + 0,06 × %protéines du lait) et Lait la quantité brute de lait produit par vache par jour (en kg)

$$\text{Apport en DVE} = \frac{\text{Poids}}{10} + 54 + 1,396 \times \text{MP} + 0,000195 \times \text{MP}^2$$

Avec le poids fixé à 650 kg et MP la quantité de protéines dans le lait (kg de lait par jour × %taux azoté × 10 ; en g/jour).

La production laitière théorique correspond au minimum entre la production laitière permise par l'apport en VEM et celle permise par l'apport en DVE. Une analyse de sensibilité portant sur les valeurs alimentaires des fourrages (herbe pâturée, ensilage d'herbe et ensilage de maïs, Tableau 2) a été réalisée pour contrôler l'influence de l'utilisation de valeurs fixes sur les calculs de la production laitière théorique et de l'efficience de valorisation de la ration.

Les rations présentant une efficience de valorisation de la ration supérieure à 160% ont été considérées comme aberrantes (apport total en matière sèche insuffisant compte tenu du niveau de production laitière, n=4). Finalement, ce sont donc 1604 rations qui ont été prises en compte dans l'analyse.

## 1.3. CALCUL DU COÛT DE LA RATION

Optimiser l'efficience de valorisation de la ration n'est pas une fin en soi mais doit contribuer à limiter le coût de l'alimentation des vaches. Cependant, la relation entre efficience de valorisation de la ration et coût alimentaire dépend des spécificités de l'exploitation. Afin de préciser l'intérêt économique de l'efficience, nous avons mobilisé les bases de données comptables, communiquées par Elevéo et la DAEA dans le cadre du projet EFFORT. Elles ont permis de déterminer les coûts de revient ou les coûts d'achat de chaque grand type d'aliments constituant chaque ration pour les années 2016-2017 (Tableau 3).

|                  | Prix de revient/d'achat<br>(€/t MS) |
|------------------|-------------------------------------|
| Pâturage         | 45 €                                |
| Herbe conservée  | 90 €                                |
| Ensilage de maïs | 90 €                                |
| Autres fourrages | 50 €                                |
| Coproduits       | 700 €                               |
| Concentrés       | 300 €                               |
| Minéraux         | 5000 €                              |

**Tableau 3 :** Prix d'achats moyen des différents types d'aliments dans les rations en 2016-2017.

Sur base des différentes méthodes de calculs du coût des fourrages, répertoriées par le RMT Prairies Demain (2016), le coût de l'herbe pâturée a été estimée à 50% du coût de l'herbe conservée.

#### 1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Dans un premier temps, le calcul des corrélations entre les variables explicatives a permis de ne sélectionner que les variables corrélées à moins de 60%. Ainsi les variables *Fourrages* et *Complement*, fortement corrélées aux variables *Concentrés* et *Coproduits* ont été classées dans les variables supplémentaires. Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée pour étudier les relations entre l'efficacité de valorisation de la ration et les autres variables explicatives caractérisant la ration ou la production laitière.

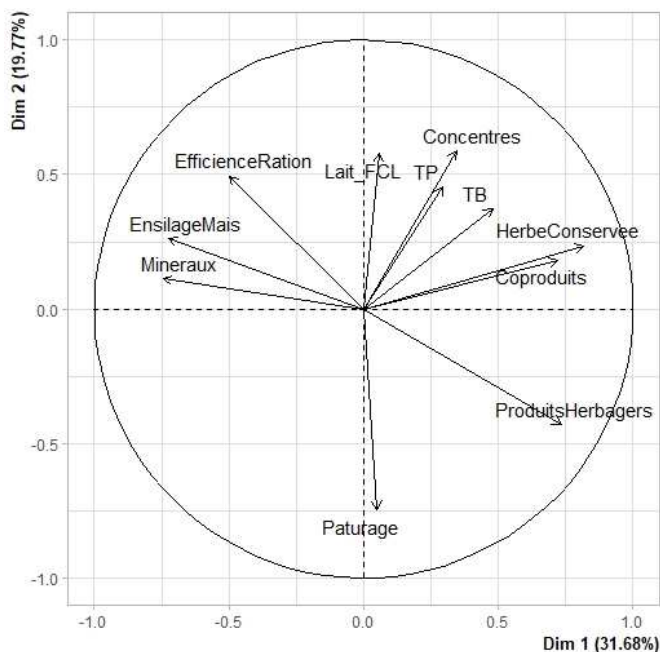
Dans un deuxième temps, un clustering a été réalisé sur base des résultats de l'ACP afin de déterminer des groupes homogènes tant en termes de caractéristiques de la ration, que de production laitière et d'efficacité de valorisation de la ration. Une ANOVA a été réalisée pour chaque variable (explicative et supplémentaire) afin de mettre en évidence les différences entre les groupes, tandis que des comparaisons de moyennes multiples ont été effectuées sur la base du test de Tukey Kramer. Toutes ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.0.3 (R Core Team 2020). Les packages "FactoMineR" (Le et al 2008), "car" (Fox & Weisberg 2019) et "multcomp" (Hothorn et al 2008) ont été utilisés respectivement pour l'ACP, l'ANOVA et le test de Tukey Kramer.

## 2. RESULTATS

L'analyse de sensibilité concernant les valeurs alimentaires utilisées pour l'herbe pâturée, l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs montrent que cette hypothèse a une influence faible (moins de 5% de différence) quant au calcul de la production laitière théorique et au calcul de l'efficacité de valorisation de la ration (Tableau 4).

L'efficacité de valorisation de la ration calculée sur l'ensemble des données disponible présente une moyenne de 94,1% avec un écart-type de 16,1% et une médiane de 91,8%. Le minimum observé est de 47,8% et le maximum est de 157,3%.

L'analyse en composantes principales a été réalisée avec l'ensemble des variables explicatives reprises dans le tableau 1. La figure 1 représente le cercle des corrélations sur le plan défini par les deux premières composantes. 51,5% de la variabilité est expliquée par ces deux premières composantes. La première composante explique 31,7% de la variabilité.



**Figure 1 :** Cercle des corrélations sur le plan défini par les deux premières composantes principales.

Elle permet de différencier les rations avec une part importante de coproduits et d'herbe conservée de celles ayant un pourcentage de maïs élevé et de minéraux. La deuxième composante explique 19,7% de la variabilité. Elle permet de discriminer les rations ayant une part importante de concentrés avec une bonne efficacité de valorisation de la ration et une production laitière élevée de celles ayant une part importante de pâturage. Les deux premières composantes de cette analyse semblent montrer que l'efficacité de valorisation de la ration est corrélée à une production laitière corrigée élevée et à une part importante d'ensilage de maïs dans la ration. Mais il semble que plus la part de produits herbagers dans la ration est importante et moins bonne sera l'efficacité de valorisation de la ration.

Le clustering a été réalisé en prenant en compte les 5 premières composantes de l'ACP, soit 79,9% de la variabilité observée. Il conduit à la formation de 4 groupes dont les caractéristiques sont reprises dans le tableau 5. Les ANOVA réalisées pour chaque variable sont significatives ( $p < 0,0001$ ). Le cluster 1 se caractérise par des rations qui permettent les plus hauts niveaux de productions laitière. Ce sont des rations avec peu d'herbe (6,6%), qu'elle soit pâturée ou conservée mais avec le plus d'ensilage de maïs (61,7%). Ces rations comportent la plus grande complémentarité en minéraux. Elles ont en moyenne les valeurs les plus faibles de protéines digestibles dans l'intestin (69,6 g DVE/kg MS). Ce sont des rations de type maïs productif qui permettent aux vaches laitières de produire 120,0% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Ces rations ont un coût moyen de 4,83 €/vache/jour, ce qui correspond au coût le plus élevé ramené à la quantité de matière sèche distribuée. Le cluster 2 regroupe les rations riches en concentrés mais contenant moins d'ensilage de maïs (35,0%) que le cluster 1. Elles produisent un lait riche en matières utiles (41,5 g/kg TB et 34,3 g/kg TP).

|                  | Production laitière théorique |                 |                | Efficience de valorisation de la ration |                 |               |
|------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|---|-----------------|---------------|
|                  | Mauvaise qualité              | Qualité moyenne | Bonne qualité  | Mauvaise qualité                        | Qualité moyenne | Bonne qualité |
| Herbe pâturée    | -4,9% +/- 4,2%                | -2,6% +/- 2,3%  | -0,4% +/- 0,6% | 5,5% +/- 5,0%                           | 2,8% +/- 2,5%   | 0,4% +/- 0,6% |
| Ensilage d'herbe | -4,9% +/- 3,5%                | -3,0% +/- 2,2%  | -1,2% +/- 1,0% | 5,3% +/- 3,9%                           | 3,2% +/- 2,3%   | 1,2% +/- 1,0% |
| Ensilage de maïs | -3,5% +/- 1,7%                | -1,6% +/- 0,9%  | -1,6% +/- 1,0% | 3,6% +/- 1,8%                           | 1,7% +/- 1,0%   | 1,6% +/- 1,1% |

**Tableau 4** : Résultats de l'analyse de sensibilité portant sur l'utilisation de valeurs alimentaires de table (herbe pâturée, ensilage d'herbe, ensilage de maïs) pour le calcul de la production laitière théorique et celui de l'efficience de valorisation de la ration (Différence moyenne (%) et écart-type entre les calculs réalisés sur base des valeurs alimentaires utilisées pour l'étude et celles de fourrages de mauvaise, moyenne et bonne qualité).

|  | Cluster 1<br><i>Ensilage de maïs</i> | Cluster 2<br><i>Concentrés</i> | Cluster 3<br><i>Pâturage</i> | Cluster 4<br><i>Ration mixte</i> |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Nombre de rations                                | 177                                  | 641                            | 57                           | 729                              |
| Lait (kg/j)                                      | 31,4 <sup>c</sup> +/- 2,9            | 28,4 <sup>b</sup> +/- 3,6      | 26,3 <sup>a</sup> +/- 2,9    | 28,3 <sup>b</sup> +/- 3,3        |
| TB (g/kg)  | 39,4 <sup>a</sup> +/- 1,8            | 41,5 <sup>b</sup> +/- 2,8      | 38,5 <sup>a</sup> +/- 2,2    | 39,2 <sup>a</sup> +/- 2,8        |
| TP (g/kg)  | 33,9 <sup>b</sup> +/- 0,9            | 34,3 <sup>c</sup> +/- 2,0      | 32,9 <sup>a</sup> +/- 1,2    | 33,6 <sup>b</sup> +/- 1,4        |
| Lait FCL (kg/j)                                  | 31,3 <sup>d</sup> +/- 2,8            | 29,1 <sup>c</sup> +/- 3,5      | 25,8 <sup>a</sup> +/- 2,9    | 28,0 <sup>b</sup> +/- 3,2        |
| Paturage (%)                                     | 1,4 <sup>a</sup> +/- 2,9             | 5,0 <sup>b</sup> +/- 8,6       | 46,8 <sup>c</sup> +/- 14,7   | 5,5 <sup>b</sup> +/- 8,6         |
| Herbeconservée (%)                               | 5,2 <sup>b</sup> +/- 5,7             | 24,0 <sup>c</sup> +/- 8,5      | 1,6 <sup>a</sup> +/- 5,0     | 6,3 <sup>b</sup> +/- 6,9         |
| ProduitsHerbagers (%)                            | 6,6 <sup>a</sup> +/- 5,6             | 28,9 <sup>c</sup> +/- 8,3      | 48,4 <sup>d</sup> +/- 14,7   | 11,8 <sup>b</sup> +/- 9,3        |
| EnsilageMaïs (%)                                 | 61,7 <sup>c</sup> +/- 9,8            | 35,0 <sup>a</sup> +/- 9,3      | 34,7 <sup>a</sup> +/- 14,9   | 51,3 <sup>b</sup> +/- 15,9       |
| Fourrages (%)                                    | 76,0 <sup>b</sup> +/- 6,0            | 67,5 <sup>a</sup> +/- 7,4      | 87,5 <sup>d</sup> +/- 5,2    | 81,5 <sup>c</sup> +/- 4,5        |
| Concentrés (%)                                   | 21,1 <sup>c</sup> +/- 5,0            | 21,5 <sup>c</sup> +/- 4,6      | 10,2 <sup>a</sup> +/- 5,1    | 16,3 <sup>b</sup> +/- 4,2        |
| Complements (%)                                  | 22,3 <sup>c</sup> +/- 6,0            | 32,2 <sup>d</sup> +/- 7,4      | 11,5 <sup>a</sup> +/- 5,2    | 17,3 <sup>b</sup> +/- 4,5        |
| Coproduits (%)                                   | 1,2 <sup>a</sup> +/- 3,4             | 10,7 <sup>b</sup> +/- 5,1      | 1,3 <sup>a</sup> +/- 2,9     | 1,0 <sup>a</sup> +/- 3,0         |
| Minéraux (%)                                     | 1,7 <sup>d</sup> +/- 0,7             | 0,3 <sup>a</sup> +/- 0,4       | 1,0 <sup>b</sup> +/- 0,9     | 1,2 <sup>c</sup> +/- 0,6         |
| Mstot (kg MS/j)                                  | 22,0 <sup>ab</sup> +/- 1,9           | 22,4 <sup>b</sup> +/- 2,7      | 21,3 <sup>a</sup> +/- 1,8    | 23,5 <sup>c</sup> +/- 3,1        |
| Energie (VEM/kg MS)                              | 952 <sup>b</sup> +/- 22              | 977 <sup>c</sup> +/- 27        | 960 <sup>b</sup> +/- 20      | 935 <sup>a</sup> +/- 37          |
| ProtDig (g DVE/kg MS)                            | 69,6 <sup>a</sup> +/- 7,4            | 89,0 <sup>d</sup> +/- 7,9      | 83,7 <sup>c</sup> +/- 6,8    | 74,3 <sup>b</sup> +/- 8,2        |
| MAT (g/kg MS)                                    | 150,0 <sup>a</sup> +/- 22,0          | 164,2 <sup>b</sup> +/- 11,7    | 151,4 <sup>a</sup> +/- 22,0  | 146,6 <sup>a</sup> +/- 19,0      |
| EfficienceRation (%)                             | 120,0 <sup>c</sup> +/- 10,3          | 86,6 <sup>a</sup> +/- 11,0     | 85,3 <sup>a</sup> +/- 9,3    | 95,0 <sup>b</sup> +/- 14,5       |
| CoûtRation (€/vache/jour)                        | 4,83 <sup>c</sup> +/- 0,86           | 4,73 <sup>c</sup> +/- 1,19     | 3,11 <sup>a</sup> +/- 1,11   | 4,20 <sup>b</sup> +/- 0,85       |
| CoûtRationLait (€/vache/jour/kg de lait corrigé) | 0,15 <sup>b</sup> +/- 0,02           | 0,16 <sup>c</sup> +/- 0,03     | 0,12 <sup>a</sup> +/- 0,05   | 0,15 <sup>b</sup> +/- 0,03       |
| CoûtRationMS (€/vache/jour/kg MS)                | 0,22 <sup>d</sup> +/- 0,04           | 0,21 <sup>c</sup> +/- 0,04     | 0,15 <sup>a</sup> +/- 0,05   | 0,18 <sup>b</sup> +/- 0,03       |

**Tableau 5** : Moyenne et écart-type par cluster des différentes variables. Les moyennes d'une même ligne qui ne partagent pas de lettre commune sont significativement différentes (Test de Tukey-Kramer).

Les rations au sein de ce cluster se caractérisent aussi par des pourcentages élevés d'herbe conservée (24,0%). Les parts de coproduits et de concentrés sont les plus élevées (10,7% et 21,5% respectivement). Ce sont les rations qui ont les plus hautes densités énergétique et azotée. Ces rations de type production de lait par les concentrés permettent de produire 86,6% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Leur coût est parmi les plus élevés que ce soit pour la ration ou par litre de lait produit (4,73 €/vache/jour ; 0,16 €/kg lait corrigé produit). Le cluster 3 se caractérise par les plus faibles taux dans le lait (38,5 g/kg TB et 32,9 g/kg TP). Les rations de ce cluster comportent le plus d'herbe (48,4%) principalement sous forme pâturée (46,8%), le pourcentage d'herbe conservée étant le plus faible au sein de ce cluster. La part de concentrés au sein de ce cluster est la plus faible (10,2%). Ces rations de type pâturage permettent de produire 85,3% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Ce sont les rations qui ont les coûts les plus faibles que ce soit en considérant la ration dans sa globalité (3,11 €/vache/jour) par kg de lait produit (0,12 €/vache/jour/kg de lait corrigé) ou par kg de MS distribuée (0,15 €/vache/jour/kg MS). Enfin le cluster 4 se caractérise par des rations avec l'apport de matière sèche quotidien le plus élevé et la densité énergétique de la ration la plus faible. Ces rations de type mixte permettent aux vaches de produire 95,0% de la production laitière attendue sur base de la ration distribuée. Bien que plus élevés que pour les rations de type pâturage, ces rations de type mixte ont des coûts moyens relativement faibles comparativement aux deux autres clusters (4,20 €/vache/jour soit 0,15 €/vache/jour/kg lait corrigé et 0,18 €/vache/jour/kg MS).

### 3. DISCUSSION

La valeur moyenne de l'efficience de valorisation de la ration de 94,1% montre que globalement les rations distribuées aux vaches laitières sont bien ajustées au potentiel de production des troupeaux et que les pertes en termes de production laitière sont minimales. Toutefois, la plage de variation des valeurs montre que de fortes disparités existent entre rations. En effet, 20% des rations entraînent une efficience de valorisation de la ration inférieure à 80% (moins de 5% des rations entraînent une efficience de valorisation de la ration inférieure à 70%). Dans ces cas-là, le troupeau a produit moins de lait que ce qui était théoriquement possible sur base de la ration distribuée. Ces extrêmes peuvent en partie s'expliquer par l'utilisation de valeurs de tables pour évaluer les apports nutritifs permis par les aliments distribués. En effet, ces valeurs ne reflètent pas toujours la variabilité de valeurs nutritives qui peuvent être observées sur le terrain et qui traduisent entre autres le niveau de technicité de l'éleveur. L'analyse de sensibilité portant sur les valeurs alimentaires des fourrages montre que cette hypothèse n'explique que de l'ordre de 5% des variations observées. Cependant, il convient de noter que les refus de nourriture ne sont pas considérés du fait de la prise en compte de la ration distribuée et non de la ration ingérée par le troupeau. Or, dans certains cas, et même si ce n'est pas une pratique préconisée, les éleveurs peuvent volontairement apporter une ration excédentaire aux vaches laitières en production pour ensuite redistribuer les refus aux autres animaux présents sur la ferme (vaches tarées, génisses, troupeau allaitant) ou simplement pour assurer un certain niveau de production. Dans ce cas-là, l'efficience de valorisation de la ration sera plus faible. L'état sanitaire du troupeau (recrudescence de mammites par exemple) peut

aussi expliquer les valeurs basses observées dans la cadre de cette étude. Enfin, la parité moyenne du troupeau n'a pas été prise en considération dans l'étude (donnée non disponible). Un nombre important de primipares ou de vaches en seconde lactation dans le troupeau peut toutefois expliquer une moins bonne efficacité de la ration pour la production laitière en raison de la nécessité de couvrir les besoins de croissance de ces animaux.

Inversement, environ 15% des rations de la base de données mobilisée conduisent à une efficacité de valorisation de la ration supérieure à 110%. Ces situations correspondent à des vaches qui ont produit plus de lait que ce qui était théoriquement attendu sur base de la ration distribuée. Cette meilleure valorisation de la ration pourrait s'expliquer par le stade moyen de lactation du troupeau, les vaches en début de lactation mobilisant leurs réserves corporelles à des fins de production. Les conseillers à l'origine de l'élaboration de la base de données nous ont confirmé que dans les élevages suivis les vêlages avaient lieu toute l'année. Le stade de lactation, bien que pouvant amener une certaine variabilité n'a pas été pris en compte dans cette étude.

Par contre, le management de l'alimentation peut fortement influencer l'efficacité de valorisation de la ration. Un éleveur qui repousse régulièrement les refus, qui prend en compte l'appétence de ses aliments mais aussi qui gère au mieux les transitions alimentaires de ses animaux va favoriser une bonne efficacité de valorisation de sa ration. La fréquence de traite des animaux, qui peut augmenter en présence d'un robot et ainsi stimuler la production laitière, ainsi que, les paramètres relatifs au logement et à l'ambiance dans les bâtiments d'élevage, bien que pouvant avoir de l'influence sur la valorisation de la ration n'ont pas été pris en compte dans cette étude. Enfin, pour le calcul de la production laitière théorique moyenne du troupeau, ce sont les besoins d'entretien moyen qui ont été pris en compte. Or ces derniers peuvent varier selon les déplacements effectués par l'animal : les besoins d'entretien au pâturage sont plus élevés que lorsque les animaux sont en bâtiment. De plus, en l'absence de données disponibles, le poids moyen des animaux, nécessaire au calcul des besoins alimentaires, a été fixé à 650 kg. Si la majorité des troupeaux de la zone géographique concernée sont de race Holstein, le gabarit moyen des animaux peut varier et ainsi influencer les besoins réels des animaux. Par ailleurs le système hollandais de nutrition ne tient compte que de l'additivité des apports de chaque composant de la ration, les interactions digestives ne sont pas prises en compte. Toutefois, nous avons privilégié ce système car il était et est encore en vigueur à l'heure actuelle, tout du moins en Flandre. Cependant, il pourrait être intéressant de confirmer ces résultats en utilisant le système de rationnement français qui prend maintenant en compte les interactions entre les aliments de la ration (INRA 2018).

Les résultats de l'ACP permettent de distinguer les rations avec un pourcentage élevé d'ensilage de maïs de celles ayant une part plus importante d'herbe conservée et de coproduits. On retrouve ici les observations réalisées par Rouillé et al. (2020) lors de l'analyse de cette base de données en ce qui concerne les différences entre les rations françaises et belges (plus d'herbe conservée dans les rations belges, plus d'ensilage de maïs dans les rations françaises). Le deuxième axe de l'ACP permet de différencier les rations avec une part importante de produits herbagers ou de pâturage de celles apportant des concentrés. Cela s'explique par le fait que les produits herbagers sont plus équilibrés d'un point de vue nutritionnel que l'ensilage de maïs et vont donc nécessiter moins de concentrés pour équilibrer les apports énergétiques et protéiques. Les résultats de cette étude (ACP et clustering) suggèrent que l'efficacité de valorisation de la ration est dépendante de la part d'ensilage de maïs. Ce résultat est à relativiser aux conditions inhérentes d'analyse de cette étude, qui considère des valeurs nutritionnelles fixées pour les aliments et qui ne prend pas en compte le stade de lactation,

la part de primipares ni les interactions digestives entre aliments.

Enfin, si on s'intéresse aux 4 groupes de rations issus du clustering, on retrouve les principaux types de rations que l'on rencontre en élevage laitier à savoir les rations à base d'ensilage de maïs, les rations riches en concentrés, les rations basées sur le pâturage et les rations de type mixte qui combinent les différentes catégories d'aliments (ensilage de maïs, herbe conservée, coproduits et concentrés).

Les rations à base d'ensilage de maïs présentent les meilleurs niveaux d'efficacité de valorisation de la ration. Bien qu'ayant les coûts d'alimentation les plus élevés, compte-tenu de ce niveau d'efficacité de la ration, leur coût ramené au kg de lait corrigé produit est parmi les plus faibles. Cela correspond à des élevages qui ont pour objectif de produire du lait en quantité mais aussi en qualité (taux élevés). Les rations riches en concentrés correspondent à des élevages qui cherchent à atteindre des niveaux élevés de production laitière grâce à l'apport de concentrés. De fait, les concentrations énergétiques et protéiques moyennes de ces rations sont les plus élevées. Mais le niveau d'efficacité de valorisation de la ration est parmi les plus bas. De plus, d'un point de vue économique, ce sont les rations les plus chères, que ce soit globalement ou par kg de lait corrigé produit. Ces rations correspondent à des éleveurs qui favorisent le niveau de production laitière au détriment du coût de la ration. Il serait intéressant au sein de ces exploitations d'évaluer l'efficacité du concentré (via l'analyse du rendement marginal du concentré par exemple) afin d'ajuster son apport pour diminuer le coût de la ration. Les rations basées sur le pâturage présentent les coûts les plus faibles. Ce sont aussi les rations qui présentent les moins bons niveaux d'efficacité de valorisation de la ration. Cela peut s'expliquer par la technicité de l'éleveur nécessaire pour bien gérer et valoriser son pâturage. En effet, la complémentation au pâturage doit se raisonner selon la quantité et la qualité de l'herbe disponible au pâturage. Mais cela peut aussi refléter les difficultés à estimer la disponibilité en herbe au pâturage. Ces rations permettent à l'éleveur d'accéder à des filières spécifiques de valorisation de son lait qui tiennent compte de la place du pâturage dans la ration. Généralement, ces filières conduisent à un meilleur paiement du lait. Compte-tenu du coût plus faible de ces rations, même si le niveau de production laitière est lui aussi plus faible, la marge permise pourrait être plus élevée. Enfin, le dernier groupe correspond à des rations de type mixte, c'est-à-dire qui contiennent les différentes grandes catégories d'aliments dans des proportions intermédiaires aux précédents types de ration. Elles présentent des niveaux d'efficacité de valorisation intermédiaires proches de la moyenne de l'ensemble des observations. Ces rations ont des coûts économiques plus élevés que les rations à base de pâturage mais moins élevées que les deux autres types de rations. Les éleveurs qui mobilisent ce type de ration vont a priori adapter le choix des aliments à leur coût économique tout en tenant compte bien sûr de l'équilibre de la ration.

## CONCLUSION

Cette étude montre que, sur le terrain, si en moyenne les rations sont bien adaptées aux niveaux de production moyen des troupeaux laitiers, des différences importantes existent selon le type de rations distribuées. Afin d'adapter au mieux la ration des animaux, il est important pour l'éleveur de rester cohérent par rapport à son système afin de limiter le coût alimentaire et l'impact environnemental lié à une moindre efficacité de son troupeau.

Des études complémentaires sont nécessaires pour expliquer les différences d'efficacité de valorisation que l'on observe selon le type de ration distribuée.

*Cette recherche a été financée par les fonds issus de la déduction du précompte professionnel accordée aux*

*institutions de recherche (Loi Moerman) – projet EFFORT, CRA-W (<https://www.cra.wallonie.be/fr/effort>).*

**Fischer A. 2017.** Etude de la variabilité interindividuelle de l'efficacité alimentaire de la vache laitière. Thèse d'Agrocampus Ovest

**Fox J. & Weisberg S. 2019.** An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>

**Hothorn T., Bretz F. & Westfall P. 2008.** Biometrical Journal 50(3), 346-363.

**INRA. 2018.** Alimentation des ruminants. Edition Quae, Versailles, France. 728p.

**Le S., Josse J., Husson F. 2008.** Journal of Statistical Software, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01

**RMT Prairies Demain. 2016.** Fiche méthode sur le coût d'un fourrage. <https://afpf-asso.fr/fiches-techniques>.

**Rouillé B., Verrièle B., Decaestecker E., Vandaele L., Boulet L., Fourdin S., Deleu L., Mahieu J. 2020.** Renc. Rech. Ruminants 25, 368.

**Tamminga, S., Van Straalen, W.M., Subnel, A.P.J., Meijer, R.G.M., Steg, A., Wever, C.J.G., Blok, M.C. 1994.** Livestock Production Science, 40, 139-155.

**Van Es, A.J.H., Van der Honing, Y. 1977.** Het nieuwe energetische voederwaarderingssysteem voor herkauwers: wijze van afleiding en uiteindelijk voorstel. Report IVVO 92, 48p.