

Etude des facteurs de variation des prix d'intérêt des matières premières de substitution utilisées dans les aliments concentrés des animaux d'élevage

Imen BELHADJ SLIMEN^{1,2*} et Taha NAJAR^{1,2}

¹ *Institut National Agronomique de Tunisie, Département Ressources Animales, Halieutiques, et de Technologie Agroalimentaire, 43 avenue Charles Nicolle 1082 Tunis Mahrajene, Tunisie*

² *Laboratoire Matériaux, Molécules et Applications, Institut Préparatoire aux Etudes Scientifiques et Techniques, BP 51 2070 La Marsa, Tunisie*

* Correspondance, courriel : belhadj_slimen_imen@yahoo.fr

Résumé

Ce travail vise à étudier les facteurs de variation du prix d'intérêt de quelques matières de substitution, notamment le blé fourrager, seigle, le sorgho, le triticale, l'avoine, le manioc, les grains de tournesol, les grains de colza, le tourteau de colza, le tourteau d'arachide, le tourteau de palmiste, la féverole, le pois, les drêches et distilleries du maïs (DDGS), le corn gluten feed (CGF), le lupin blanc, le lupin bleu, les coques de soja, le pois chiche et l'orge, afin de remplacer totalement ou partiellement le maïs et/ou le tourteau de soja dans les aliments composés des bovins, ovins, poules pondeuses, poulets de chair, dindes et lapins. Des modèles permettant la prédiction du prix d'intérêt de ces matières de substitution ont été établis en utilisant des régressions linéaires multiples et validés ($R^2 > 0,990$). Les résultats de ce travail montrent que les matières de substitution peuvent être classées en matières énergétiques, protéiques ou mixtes. Ainsi, le prix d'intérêt d'une matière de substitution donnée varie suivant les fluctuations des prix de marché du maïs et/ou du tourteau de soja ($p < 0,0001$). Le prix d'intérêt varie aussi en fonction de l'espèce animale à laquelle l'aliment concentré est destiné et de la composition de la formule du concentré ($p < 0,0001$). Le taux protéique du tourteau de soja n'affecte pas significativement le prix d'intérêt des matières premières étudiées.

Mots-clés : *prix d'intérêt, matière de substitution, maïs, tourteau de soja, taux protéique.*

Abstract

Study of the factors influencing the minimum prices of raw substituting materials used in livestock concentrates

This work aims to study the factors influencing the minimum price of some substituting raw materials, such as fodder wheat, rye, sorghum, triticale, oat, manioc, sunflower grains, colza grains, colza meal, peanut meal, palm meal, fababean, pea, corn distillers (DDGS), corn gluten feed (CGF), white and blue lupin, soya hulls, chickpea and barley, in poultry, rabbits, ovine and bovine concentrates. Predictive minimum price models of the studied substituting raw materials were developed using multiple linear regression models and validated ($R^2 > 0,990$).

Our results allow to classify substituting materials into 3 groups: materials source of energy, materials source of nitrogen, and materials source of energy and nitrogen at the same time. Hence, the minimum price depends on market prices of corn and/or soyabean meal ($p < 0,0001$). Moreover, the minimum price varies according to the animal species and the composition of the concentrate ($p < 0,0001$). The protein level of soyabean does not affect significantly the minimum price of the studied materials.

Keywords : *minimum price, substituting materials, corn, soyabean, protein level.*

1. Introduction

En Tunisie, l'industrie des aliments composés pour bétail est essentiellement influencée par les fluctuations des prix des matières premières sur le marché mondial, puisque les matières premières utilisées sont totalement ou majoritairement importées. Les principales matières premières utilisées dans la fabrication des aliments concentrés industriels sont le tourteau de soja, le maïs, l'orge et le son de blé. L'instabilité des prix du maïs et du tourteau de soja sur le marché international s'est répercutée négativement sur le marché tunisien des aliments composés, et sur l'économie des éleveurs de bétail. Par conséquent, plusieurs travaux de recherche ont été menés pour trouver des alternatives qui peuvent substituer totalement ou partiellement le maïs et le tourteau de soja. Plusieurs matières de substitution ont été étudiées, notamment la féverole, le pois, les drêches de distillerie de maïs (DDGS), le gluten de maïs (CGF), le tourteau de colza, les coques de soja, ... [1, 2]. Parallèlement à l'étude des différents taux de substitution sur les performances de production et de reproduction des bovins, ovins, lapins et volailles, d'autres travaux ont été menés pour étudier les variations des prix minima et la rentabilité économique des différentes matières premières de substitution [3, 4]. Etant donné que le calcul du prix d'intérêt (ou prix minimum) permet de décider de la rentabilité de l'incorporation d'une matière de substitution dans la formule de l'aliment concentré, il s'avère indispensable d'étudier les facteurs de variation de ce prix.

2. Matériel et méthodes

2-1. Calcul du prix d'intérêt des matières de substitution

Les prix d'intérêt (PI) des matières de substitution étudiées ont été calculés suivant Belhadj Slimen et al. [5], en utilisant le logiciel de formulation Libra. La composition nutritionnelle des matières premières ainsi que celle des matières de substitution étudiées est conforme à celle décrite par Sauvant et al. [6]. Le travail de formulation a abouti à la mise en place d'une matrice de données comprenant 625 combinaisons de prix de maïs et de tourteau de soja ainsi que 12757 optimisations de PI. Cette matrice a servi de support pour ce travail.

2-2. Analyse statistique

Les données ont été traitées statistiquement par le logiciel R, version 3.1.0 et le complément XLSTAT de Microsoft Excel. Les principaux tests statistiques utilisés sont l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA), la comparaison des moyennes, les tests de corrélation et la régression linéaire multiple. Sous R, la première étape consiste à tester la normalité des données avec le test de Shapiro.

Si les données suivent une loi normale, le test d'ANOVA est exécuté en utilisant la fonction `aov`, et le test de comparaison de moyennes est fait en appelant la fonction `t.test`. Si les données ne suivent pas une loi normale, la fonction `kruskal.test` est utilisée pour l'analyse de la variance, et la fonction `wilcox.test` est utilisée pour la comparaison des moyennes. Les résultats sont considérés significatifs si la *p-value* calculée est au moins inférieure à 0,05.

3. Résultats et discussion

Nos résultats montrent que le prix d'intérêt d'une matière de substitution donnée varie en fonction de sa teneur en azote et en énergie, de l'espèce animale cible et de la composition de la formule du concentré.

3-1. Vérification de la normalité des données

Une attention particulière doit être portée aux résidus centrés réduits, qui, étant données les hypothèses liées à l'ANOVA et à la régression linéaire, doivent être distribués suivant une loi normale $N(0,1)$. Cela signifie, entre autres, que 95% des résidus doivent se trouver dans l'intervalle $[-1.96, 1.96]$. Les histogrammes des résidus centrés réduits présentés par les **Figures 1 et 2** permettent de repérer rapidement l'absence de valeurs hors de l'intervalle $[-1.96, 1.96]$, et indiquent ainsi une distribution normale des PI calculés.

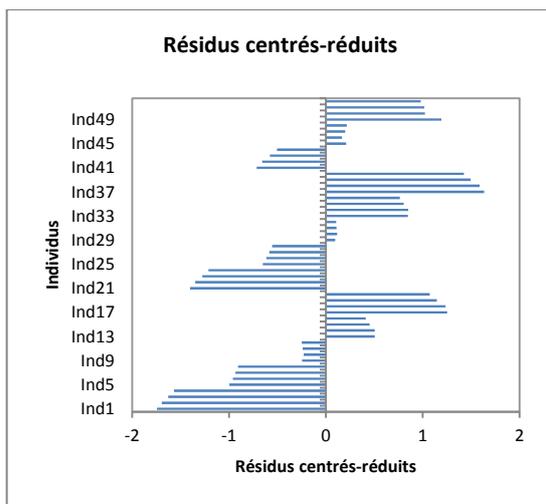


Figure 1 : *Histogramme des résidus centrés-réduits des PI du tourteau de palmiste*

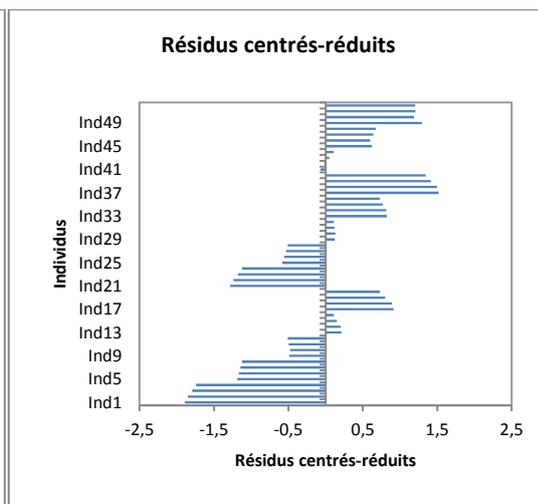


Figure 2 : *Histogramme des résidus centrés-réduits des PI des coques de soja*

3-2. Variation du prix d'intérêt en fonction de la nature de la matière de substitution

Les matières de substitution peuvent être classées en 3 grands groupes : les matières protéiques, les matières énergétiques et les matières de substitution mixtes. Ainsi, les prix d'intérêt des matières de substitution de type protéique suivent les fluctuations des prix de marché du tourteau de soja, les prix d'intérêt des matières premières énergétiques suivent les variations des prix de marché du maïs, et les prix d'intérêt des matières de substitution mixtes sont influencés à la fois des prix de marché du maïs et du tourteau de soja.

Ces résultats confirment ceux rapportés par Najar et Belhadj Slimen [7] et Taga et al. [4]. Le **Tableau 1** présente la corrélation entre les prix de certaines matières de substitution et les prix du marché du maïs et du tourteau de soja.

Tableau 1 : *Corrélation des prix d'intérêt de certaines matières de substitution avec les prix de marché du maïs et du tourteau de soja*

Matières de substitution	Type	Corrélation avec le prix du maïs	Corrélation avec le prix du tourteau de soja
Sorgho	Energétique	0,998	0,114
Seigle	Energétique	0,995	0,071
Triticale	Energétique	0,983	0,088
Tourteau de colza	Protéique	-0,190	0,836
Tourteau d'arachide	Protéique	-0,082	0,987
Féverole	Mixte	0,452	0,912
DDGS	Mixte	0,392	0,886
CGF	CGF	0,509	0,670

3-3. Variation du prix d'intérêt en fonction de l'espèce animale

Les prix d'intérêt des matières de substitution étudiées varient plus ou moins significativement d'une espèce animale à l'autre. Cette variation est expliquée par la différence des besoins en protéines et en énergie entre les espèces (**Tableau 2**). La variation des prix d'intérêt des matières de substitution entre les espèces monogastriques et les espèces polygastriques est très significative (**Tableau 3**). Cependant, au sein d'une même espèce, la variation du stade de production n'influe pas le prix d'intérêt d'une matière première donnée. Le **Tableau 2** décrit la variation du prix d'intérêt de certaines matières de substitution en fonction de l'espèce animale lorsque le prix du maïs est de 538,02 dinar tunisien par tonne (Dt/T) et celui du tourteau de soja est de 1131,9 Dt/T.

Tableau 2 : *Variation du prix d'intérêt en fonction de l'espèce animale*
Unités : Dt/T

Matières de substitution	Bovins	Poules pondeuses	Poulet de chair	Dindes	Signification
Sorgho	425.0 ± 108.82 ^a	456.4 ± 125.15 ^b	459.5 ± 125.51 ^b	450.2 ± 122.29 ^b	**
Triticale	394.1 ± 95.84 ^a	455.3 ± 120.56 ^b	459.9 ± 120.74 ^b	455.5 ± 120.64 ^b	****
DDGS	549.6 ± 92.97 ^a	602.1 ± 130.35 ^{bc}	528.9 ± 146.67 ^a	589.1 ± 130.34 ^b	****
Féverole	613.0 ± 117.74 ^a	618.2 ± 136.45 ^a	623.4 ± 134.68 ^a	635.3 ± 135.28 ^a	NS
Tourteau de colza	546.0 ± 145.99 ^a	691.1 ± 180.49 ^b	343,27 ± 17.13 ^b	719.6 ± 161.78 ^b	****
Tourteau d'arachide	847.8 ± 229.89 ^a	840.5 ± 251.81 ^a	854.5 ± 246.3 ^a	833.9 ± 235.57 ^a	NS

Tableau 3: *Variation du prix d'intérêt entre les matières de substitution destinées aux espèces monogastriques et ceux destinées aux espèces polygastriques Unités : DT/T*

Matière de substitution	Espèces monogastriques	Espèces polygastriques	Seuil de Signification
Sorgho	454.9 ± 123.63 ^a	425.0 ± 108.82 ^b	**
Triticale	489.4 ± 138.74 ^a	394.1 ± 95.84 ^b	****
DDGS	574.2 ± 138.91 ^a	549.6 ± 92.97 ^b	*
Féverole	732.5 ± 204.32 ^a	613.0 ± 117.74 ^a	NS
Tourteau de colza	698.6 ± 173.4 ^a	546.0 ± 145.99 ^b	****
Tourteau d'arachide	841.2 ± 243.61 ^a	847.8 ± 229.89 ^a	NS

3-4. Variation du prix d'intérêt en fonction de la composition de la formule du concentré

En Tunisie, les matières premières utilisées dans les aliments concentrés des volailles sont essentiellement le maïs et le tourteau de soja. Chez les bovins, le son de blé et l'orge sont utilisées en plus. De ce fait, et comme montré dans le **Tableau 4**, la composition de la formule affecte significativement le prix d'intérêt des matières de substitution. Cette variation peut être expliquée par la variation de la teneur en azote et en énergie du son de blé et de l'orge. Le tableau 5 présente la corrélation des PI de certaines matières de substitution avec les prix du son de blé et de l'orge.

Tableau 4 : *Variation du prix d'intérêt de certaines matières de substitution en fonction de la composition de la formule d'un concentré pour bovins*

Matière de substitution	Formule 1 : Maïs + Son de blé + Tourteau de Soja	Formule 2 : Maïs + Orge + Tourteau de Soja	Signification
Triticale	394,1 ± 95,84 ^a	419.3 ± 81,37 ^b	***
Lupin bleu	823.5 ± 188.52 ^a	954.4 ± 230.54 ^b	****
Pois Chiche	664.9 ± 158.5 ^a	839.1 ± 216.51 ^b	****
Pois	547.2 ± 101.85 ^a	575.4 ± 101.74 ^b	**
Tournesol grains	827.0 ± 274.3 ^a	1251.2 ± 444.37 ^b	****

Tableau 5 : *Corrélation des prix d'intérêt de certaines matières de substitution avec les prix de marché du son de blé et de l'orge*

Matières de substitution	Corrélation avec le prix du son de blé	Corrélation avec le prix de l'orge
Sorgho	0,205	0,488
Seigle	0,261	0,605
Triticale	0,347	0,737
Tourteau de colza	0,577	0,348
Tourteau d'arachide	0,213	0,09
Féverole	0,283	0,319
DDGS	0,483	0,536
CGF	0,727	0,748

Le **Tableau 5** fait ressortir que les prix minima des matières de substitution protéiques sont corrélées principalement avec le son de blé, ceux des matières énergétiques suivent les fluctuations des prix de marché de l'orge et ceux des matières mixtes sont corrélés à la fois avec les prix de l'orge et du son de blé.

3-5. Prix d'intérêt de l'orge

Etant une matière première énergétique, le prix d'intérêt de l'orge peut être estimé en fonction du prix de marché du blé ou bien celui du maïs. Une forte corrélation ($r=1$) a été calculée entre le prix d'intérêt de l'orge et les prix de marché du maïs et du blé (**Figures 3 et 4**). Cependant, une différence significative ($p<0,01$) a été révélée entre les prix d'intérêt de l'orge estimés en se basant sur le prix du maïs, et ceux basés sur le prix du blé.

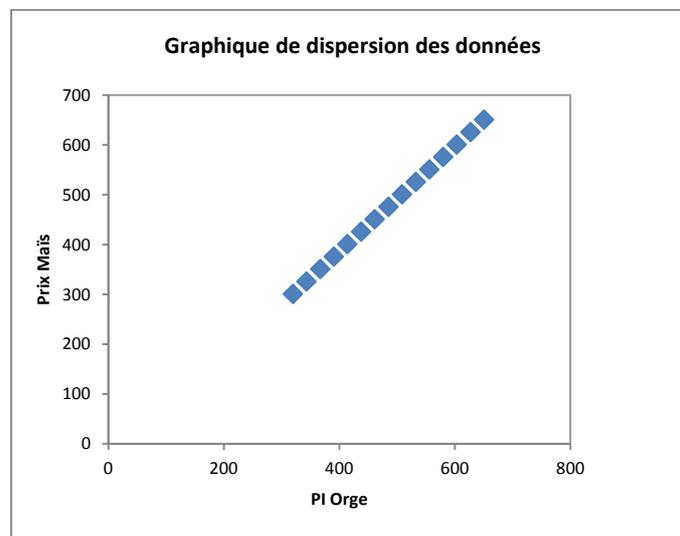


Figure 4 : Relation entre le prix d'intérêt de l'orge et le prix du blé

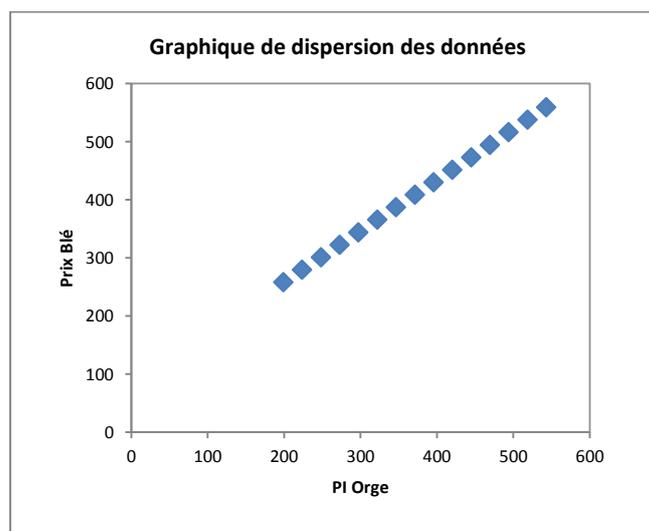


Figure 3 : Relation entre le prix d'intérêt de l'orge et le prix du maïs

3-6. Variation du prix d'intérêt en fonction du taux protéique du tourteau de soja

Bien que la variation du taux protéique du tourteau de soja entraîne une légère diminution de son taux d'incorporation et par suite du prix de la formule du concentré, l'effet du taux protéique sur la variation du prix d'intérêt n'est pas significatif ($p > 0,05$). Les p-values sont présentés dans le **Tableau 6**.

Tableau 6 : *Effet du taux protéique du tourteau de soja sur le prix d'intérêt de certaines matières de substitution chez les volailles*

Matière de substitution	Espèce animale	p-value
Tourteau de colza	Poulet de chair	0,703
	Poule pondeuse	0,831
	Dindes	0,931
Tourteau d'arachide	Poulet de chair	0,348
	Poule pondeuse	0,836
	Dindes	0,728
Tourteau de tournesol	Poulet de chair	0,504
	Poule pondeuse	0,834
	Dindes	0,921
Féverole	Poulet de chair	0,931
	Poule pondeuse	0,824
	Dindes	0,782
Sorgho	Poulet de chair	0,928
	Poule pondeuse	0,967
	Dindes	0,996
Triticale	Poulet de chair	0,990
	Poule pondeuse	0,964
	Dindes	0,999

De même, le taux protéique du tourteau de soja n'affecte pas significativement les prix minima des matières de substitution pouvant être incorporées dans des aliments concentrés destinés aux espèces bovine et ovine.

3-7. Validation des modèles de prédiction du prix d'intérêt

Des régressions linéaires simples et multiples ont été utilisés pour établir des modèles de prédiction du prix d'intérêt des matières de substitution étudiées, en tenant compte des prix de marché du maïs et du tourteau de soja, ainsi que des différents facteurs de variation discutés précédemment. Tous les modèles établis sont hautement significatifs ($p < 0,0001$), ayant des $R^2 > 0,990$. La validation des modèles de prédiction a été faite en comparant les différents prix d'intérêt estimés par les modèles établis, à ceux calculés réellement. De même la validation a concerné des valeurs de prix en dehors des intervalles utilisés pour le calcul des PI. Les **Figures 3, 4, 5 et 6** représentent des exemples de validation des modèles de prédiction du tourteau de palmiste et de la féverole respectivement pour les lapins d'engraissement et les dindes.

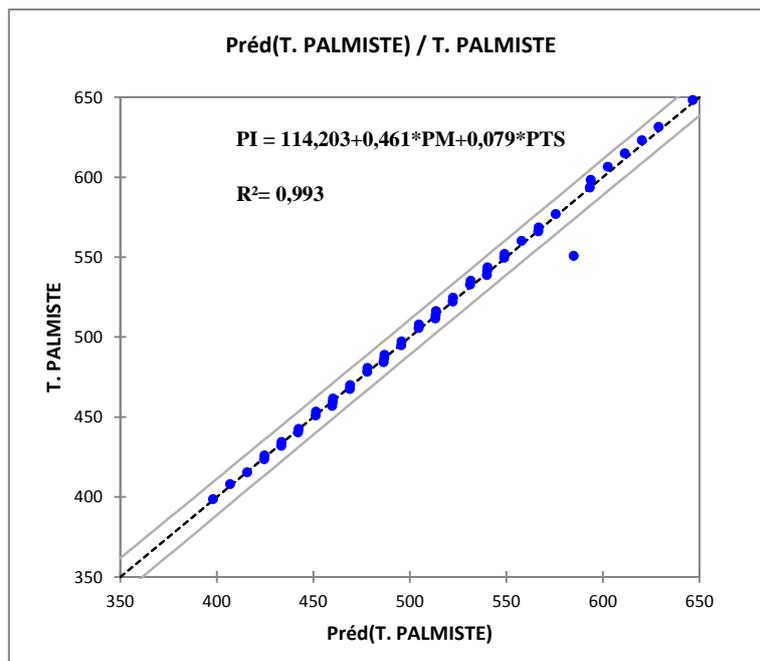


Figure 5 : Validation du modèle de prédiction du prix d'intérêt du tourteau de palmiste pour les lapereaux d'engraissement

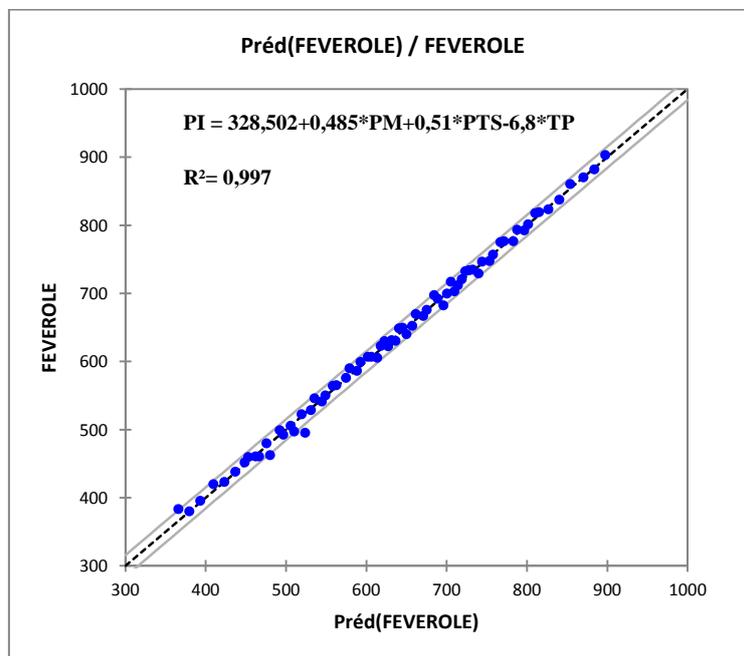


Figure 6 : Validation du modèle de prédiction du prix d'intérêt de la féverole pour les dindes

PI : prix d'intérêt, PM : prix du maïs, PTS : prix du tourteau de soja, TP : taux protéique du tourteau de soja

4. Conclusion

Bien que l'utilisation des matières de substitution permette de diminuer les frais tributaires de l'utilisation du maïs et du tourteau de soja, l'achat d'une matière déterminée doit être raisonné en fonction de son prix d'intérêt. Les prix d'intérêt des matières de substitution étudiées dépendent étroitement des prix de marché du maïs, de l'orge, du son de blé et du tourteau de soja. Cette corrélation est due à la nature énergétique, protéique ou mixte de ces matières. En outre, les prix minima calculés varient en fonction de l'espèce animale pour laquelle l'aliment concentré est destiné, et en fonction de la composition de la formule. Cependant, le taux protéique du tourteau de soja ne semble pas influencer les PI de toutes les matières de substitution étudiées, quelle que soit leur nature. L'intégration de tous ces facteurs de variation dans les modèles mathématiques de prédiction des prix d'intérêt permet d'améliorer leur précision et de maximiser la rentabilité économique à l'achat d'une matière de substitution déterminée.

Ainsi, la connaissance des facteurs de variation des PI permet aux éleveurs et aux fabricants d'aliments de mieux cerner le prix d'achat des matières de substitution en ciblant l'espèce animale tout en tenant compte de la composition de leur aliment. Au niveau des décideurs, le calcul précis des PI contribue à la fixation du prix de vente des matières de substitution au niveau du marché local et permet de décider de l'import des matières de substitution en fonction de leur prix de vente sur le marché international. Bien entendu, la production locale des matières de substitution permet de diminuer les frais d'importation des protéines et de l'énergie et de limiter la dépendance au marché international. Ce travail doit être complété par l'étude des facteurs externes dont les frais peuvent s'ajouter au prix d'intérêt calculé, afin de déterminer le coût global des matières de substitution. Les différents modèles de prédiction des PI des différentes matières de substitution étudiées feront l'objet d'une application informatique qui automatise le calcul des prix minima, en tenant compte des différents facteurs de variation étudiés.

Références

- [1] - H. BOUKHRIS, C. DAMERGI, T. NAJAR, 14th seminar of the FAO-CIHEAM subnetwork on Sheep and Goat Nutrition. Hammamet, Tunisia, 15-17 May (2012).
- [2] - N. MOUJEHED, R. A. MOUJEHED-RAACH, M. JLALI, T. NAJAR, C. KAYOULI, *Res J Anim Sci*, 3(1) (2009) 1-5.
- [3] - I. BELHADJ SLIMEN ET T. NAJAR, *Rev INAT*, 27(2) (2013) 23-34.
- [4] - H. TAGA, N. MOUJAHED, T. NAJAR, C. KAYOULI, *Livestock Res Rural Dev*, 20(12) (2008) 199-199.
- [5] - I. BELHADJ SLIMEN, T. NAJAR ET M. BEN MRAD, *Int J App Poult Res*, 2(1) (2013) 19-22.
- [6] - D. SAUVANT, J M. PEREZ, G. TRAN, Tables de composition et de valeur nutritive des matières destinées aux animaux d'élevages. INRA, Paris, (2002) 303 p.
- [7] - T. NAJAR ET I. BELHADJ SLIMEN, *Volailles de Tunisie*, 49 (2012) 29-32.