

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION POUR LA SÉLECTION OPTIMALE DE GÉNOTYPES HYBRIDES EN ÉLEVAGE

Abdoulaye DIAMOUTENE*, **Drissa COULIBALY**,
Pornon BAYOKO, **Naba KONATE** et **Moussa TANGARA**

*Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée,
Koulikoro, Mali*

(reçu le 11 Novembre 2024; accepté le 20 Décembre 2024)

* Correspondance, e-mail : abdoulayediamoutene@gmail.com

RÉSUMÉ

La présente étude a été menée pour améliorer les techniques de sélection de races hybrides de volailles à Koulikoro, au Mali. Dans l'expérimentation, les croisements de coqs cou-nus, bleus d'hollande avec des poules trois-quarts ont été réalisés afin de sélectionner une dizaine de coquelets de chaque croisement qui reçoivent la même alimentation et dans les mêmes conditions. Au bout de 4, 6, 7,8 et 10 semaines d'âge, 2 coquelets de chaque croisement ont été abattus ; les paramètres de composition corporelle ont été mesurés sur chacun des 20 sujets abattus. Une approche combinée comprenant l'Analyse en Composantes Principales et la méthode d'analyse de variance non paramétrique a été utilisée pour comparer les résultats des deux croisements. En conclusion, les résultats obtenus de l'approche combinée ont montré que le rendement n'était pas significativement différent sur les trois périodes où la variable rendement était bien représentée. Elle a aussi mise en évidence, une mauvaise représentation des individus à la septième semaine et une mauvaise représentation de la variable rendement à la huitième semaine d'âge. L'outil d'aide à la sélection a montré que le choix de l'un ou l'autre croisement pourrait conduire au même résultat en terme de rendement.

Mots-clés : *Analyse en Composantes Principales (ACP), analyse de variance non paramétrique, poulet bleu d'hollande, Cou-nu, trois-quart, rendement.*

ABSTRACT

Development of a decision support tool for the optimal selection of hybrid genotypes in breeding

This study was conducted to improve breeding techniques for hybrid poultry breeds in Koulikoro, Mali. In the experiment, crosses of naked-necked, blue Holland roosters with three-quarter hens were carried out in order to select about ten cockerels from each cross that received the same feed and under the same conditions. After 4, 6, 7, 8 and 10 weeks of age, 2 cockerels from each cross were slaughtered ; body composition parameters were measured on each of the 20 subjects slaughtered. A combined approach including Principal Component Analysis and the non-parametric analysis of variance method was used to compare the results of the two crosses. In conclusion, the results obtained from the combined approach showed that the yield was not significantly different over the three periods where the yield variable was well represented. It also highlighted a poor representation of individuals at the seventh week and a poor representation of the yield variable at the eighth week of age. The selection aid tool showed that choosing one or the other cross could lead to the same result in terms of yield.

Keywords : *Principal Components Analysis (PCA), Non- parametric Analysis Of Variance (ANOVA), Dutch blue rooster, naked neck rooster, three quarter chicken, poultry performance.*

I - INTRODUCTION

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique qui permet d'étudier simultanément un grand nombre de variables quantitatives. C'est aussi une méthode factorielle de réduction de dimension pour l'exploration statistique de données quantitatives complexes, [1]. Lorsque l'on dispose de plusieurs individus sur lesquels on effectue des mesures par rapport à un grand nombre de variables numériques, alors ces variables sont la plupart du temps corrélées entre elles. Elle consiste donc à rechercher des facteurs en nombre restreint en résumant le mieux possible les données considérées. L'ACP conduit à des représentations graphiques des données (des individus comme des variables) par rapport à ces facteurs représentés comme des axes. Ces représentations graphiques sont du type nuage de points, proposées par [2] mais elle n'est devenue une technique opérationnelle qu'à partir des années 1960 avec le développement des outils informatiques. Cette méthode a été réinterprétée sous un formalisme probabiliste par [3]. Elle a de nombreuses applications dans divers domaines tels que : la réduction de données, le

traitement des images, la visualisation, l'analyse exploratoire des données, la reconnaissance des formes, la prévision des séries chronologiques et les sciences des volailles, [3]. Dans le domaine des sciences animales et des volailles, beaucoup de travaux font référence aux applications de l'ACP dans la modélisation et l'analyse de données. Les auteurs de la référence [4] utilisent l'ACP dans la modélisation de la résistance du poulet « jaune de chine » à la coccidiose ; ceux de la référence [5] utilisent l'ACP pour décrire les traits morphologiques du « Ross 308 » et ceux de la référence [6] utilisent l'ACP comme une approche alternative à l'étude des traits, à la résolution des problèmes de multi colinéarité et la prédiction de production de lait. Ceux de [7] utilisent l'ACP dans la caractérisation de la qualité des œufs. En ce qui concerne ceux de [8], ils utilisent l'ACP dans l'étude de la variation du phénotype de poulets indigènes d'Indonésie ; ceux de la référence [9] utilisent l'ACP dans la mise en place d'un programme d'amélioration génétique avec la détermination de caractéristiques essentielles. Quant à [10], les auteurs utilisent l'ACP pour déterminer les critères d'amélioration du poids carcasse du poulet noir indigène « Haringhata ». Les auteurs de la référence [11] utilisent l'ACP pour déterminer les critères d'amélioration de la production d'œufs de la « rhode d'Islande ».

Cependant, l'utilisation de l'ACP comme outil d'aide à la sélection de races de volailles hybrides devrait faire l'objet d'investigations supplémentaires. En outre, l'analyse de la variance, (ANOVA) en anglais est une méthode statistique permettant d'évaluer l'effet d'un ou de plusieurs facteurs sur une variable quantitative dite aussi variable dépendante. Lorsque les hypothèses de validation du test ne sont pas vérifiées et qu'une transformation ne permet cette validation, on parle de tests non paramétriques tels que ceux de Kruskal-Wallis, le test U de Mann-Whitney, le test Wilcoxon et le test de Friedman. Les auteurs de la référence [12] utilisent l'ANOVA pour analyser la fréquence de la fièvre « Q » dans les fermes animales de cinq régions du nord-ouest de la Macédoine. Les auteurs de la référence [13] quant à eux, utilisent l'ANOVA à un facteur pour sélectionner le matériel adéquat dans l'accumulation de chaleur pour la construction de poulaillers. En raison du changement climatique, les pics de température et les fortes pluies sont des facteurs pouvant influencer négativement sur la filière avicole. Ainsi, la recherche de races hybrides à fort rendement s'avère cruciale pour la pérennisation et la rentabilité de la filière avicole. Dans ce travail, une approche combinée comprenant l'ACP et l'analyse de la variance non-paramétrique est utilisée pour proposer un outil d'aide à la sélection de meilleures races hybrides afin d'améliorer le rendement des volailles dans la région de Koulikoro.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Zone d'élevage et données

L'étude a été réalisée au secteur d'élevage de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR-IFRA) de Katibougou (Koulikoro). Les coordonnées géographiques sont : 12°55'49" N et 7°31'42" W en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 12,9303 et -7,52833 (en degrés décimaux). Les poussins sont obtenus à la suite de deux différents croisements (coquelets bleus d'hollande et poules « trois-quart » d'une part et d'autre part de (coquelets cous nus et poules « trois-quart »). Un lot expérimental de 20 poussins hybrides mâles a été constitué à partir des 50 poussins obtenus.

II-2. Méthodes

Les poussins ainsi obtenus ont été élevés au bout de deux semaines au sol sur litière en copeau de bois dans un bâtiment d'élevage avec un chauffage à 35°C. Au démarrage, les poussins ont reçu un aliment de type industriel contenant 21 % de protéines brutes et 2850 Kcal EM/kg. Après les deux semaines de chauffage nous sommes passé à la température ambiante. Après le démarrage, ils ont reçu un autre aliment produit à la ferme contenant 18 % de protéines totales et 2600 à 2800 Kcal EM/kg d'aliment. Dans ce lot de mâles, 4 coquelets (soit 2 par génotype) ont été prélevés au hasard aux âges respectifs de 4, 6, 7, 8 et 10 semaines. À chacun des âges, l'on a déterminé les mesures de composition corporelle (poids carcasse, poids après saignée, poids des viscères, poids des abats et poids vif), le poids du sang, le poids des plumes après plumaison à sec et le rendement. L'ACP est appliquée à l'aide de la fonction *acp* du logiciel R 4.3.2 sur les données obtenues à chaque période d'abattage. Ainsi, on représente tous les individus et les variables mesurées sur chaque individu. Ensuite, en raison de la violation de certaines hypothèses de l'ANOVA, l'ANOVA non paramétrique est appliquée sur les mesures de rendement effectuées sur les vingt coquelets sélectionnés en fonction du nombre de semaines d'âge et du croisement.

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. RÉSULTATS

III-1-1. Analyse en composantes principales

L'ACP est appliquée à cinq reprises sur les mesures obtenues des variables à chacune des périodes 4, 6, 7, 8 et 10 semaines d'âge.

- *Quatrième semaine*
- *Graphe des variables et contributions aux composantes*

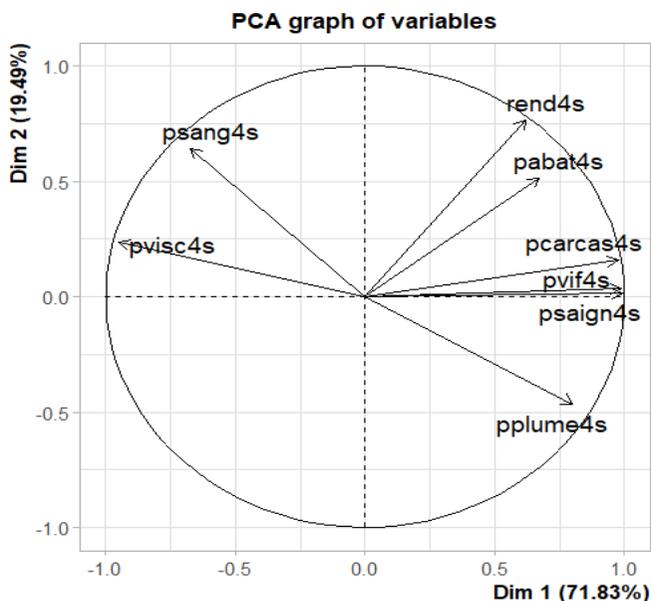


Figure 1 : *Graphe du cercle de corrélation des variables à la quatrième semaine d'âge*

Légende :

Poids du sang après 4 semaines d'âge : psang4s

Poids des viscères après 4 semaines d'âge : pvisc4s

Rendement après 4 semaines d'âge : rend4s

Poids des abats après 4 semaines d'âge : pabat4s

Poids carcasse après 4 semaines d'âge : pcarcas4s

Poids vif après 4 semaines d'âge : pvif4s

Poids après saignée à 4 semaines d'âge : psaign4s

Poids des plumes à 4 semaines d'âge : pplume4s

Les deux premières composantes résument plus de 91 % de la dispersion ; 71,83 % de l'inertie est récupérée par la première composante et 19,49 % par la deuxième composante. Ensuite, les valeurs propres associées aux deux premières composantes sont toutes supérieures à 1 ; d'après la règle de Kaiser, on peut retenir les deux premières composantes.

Tableau 1 : *Tableau des corrélations des variables à la quatrième semaine d'âge*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	0,9905841	0,03495477	0,1323680
Poids du sang	-0,6720424	0,64152537	0,3698705
Poids après saigné	0,9927263	0,01578202	0,1193539
Poids des plumes	0,8006185	-0,46416653	0,3788924
Poids des viscères	-0,9487183	0,23437776	0,2121338
Poids des abats	0,6708593	0,51539237	-0,5332152
Poids carcasse	0,9758621	0,15860393	0,1501262
Rendement	0,6199729	0,76501218	0,1743271

Les variables poids vif, poids après saignée, poids des plumes, poids carcasse, poids des viscères, poids du sang et poids des abats sont corrélées avec la première composante, donc bien représentées dans celles-ci. La variable poids des viscères et poids du sang sont négativement corrélées avec la première composante. La variable rendement est corrélée positivement avec la deuxième composante. Les variables poids vif, poids après saignée et poids carcasse sont positivement et étroitement corrélées entre elles. La variable poids des viscères est inversement corrélée aux variables poids vif, poids après saignée, poids des plumes, poids carcasse, poids des abats et le rendement.

Tableau 2 : *Tableau des contributions des variables aux différentes dimensions*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	17,076666	0,07835110	2,523309
Poids du sang	7,859841	26,39123648	19,701703
Poids après saigné	17,150605	0,01597193	2,051528
Poids des plumes	11,155052	13,81591689	20,674559
Poids des viscères	15,663719	3,52261238	6,480732
Poids des abats	7,832191	17,03366246	40,945823
Poids carcasse	16,572854	1,61309514	3,245769
Rendement	6,689071	37,52915362	4,376575

Les variables poids vif, poids après saignée, poids des plumes, poids des viscères et poids carcasse contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 17,08 %, 17,15 %, 11,16 %, 15,66 % et 16,57 %. Les variables poids du sang, poids des plumes, poids des abats et rendement contribuent le plus à la seconde composante avec respectivement, 26,39 %, 13,82 %, 17,03 % et 37,53 %.

- *Graphe des individus et contributions aux composantes*

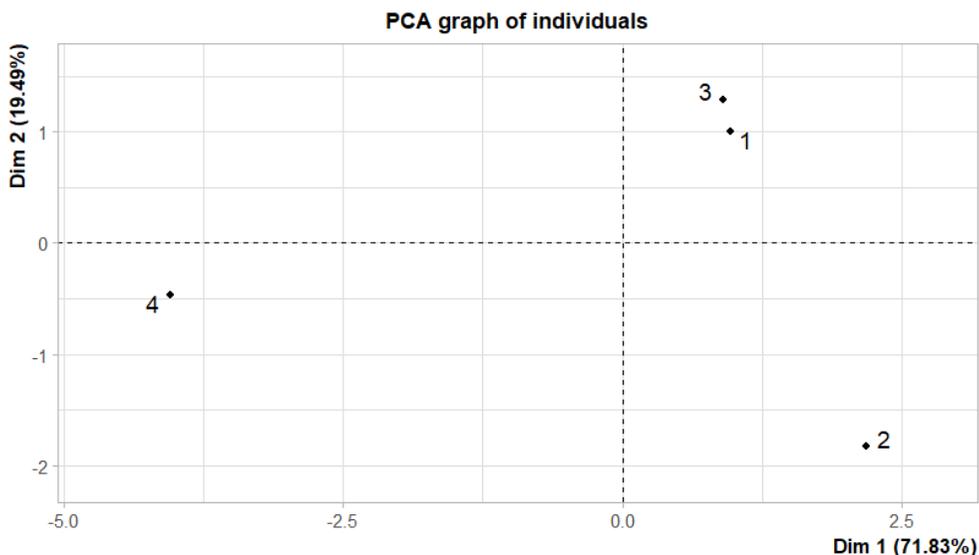


Figure 1 : *Graphe de la représentation des individus par rapport aux deux premières composantes à la quatrième semaine d’âge*

Les individus 2 et 4 sont bien représentés sur la première composante. Les individus 1, 2 et 3 sont bien représentés sur la seconde composante.

Tableau 3 : *Tableau de la contribution des individus aux composantes*

Individu	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
1	4,048435	16,194097	54,757468548
2	20,850598	53,748573	0,400829119
3	3,538661	26,624634	44,836704301
4	71,562306	3,432696	0,004998032

Les individus 2 et 4 contribuent plus à la première composante avec respectivement 20,85 % et 71,56 %. Les individus 1, 2 et 3 contribuent plus à la seconde composante avec respectivement 16,19 %, 53,75 % et 26,62 %. L’individu 2 a un poids des plumes assez élevé. Les individus 1 et 3 sont proches et ont un rendement élevé. L’individu 4 a un poids des viscères assez élevé ce qui conduit au fait que les variables poids vif, poids après saignée, poids des plumes, poids carcasse, poids des abats et le rendement ne prennent pas des valeurs assez élevées.

- *Sixième semaine*
- *Graphe des variables et contributions aux composantes*

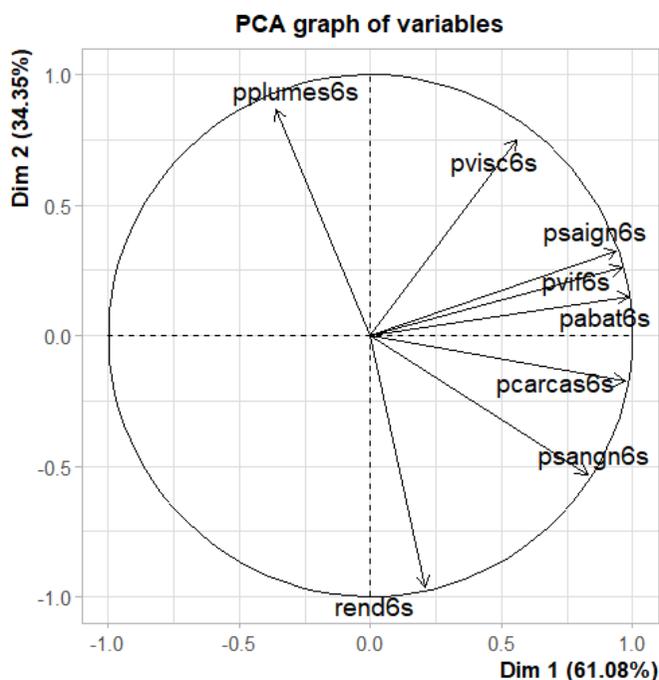


Figure 3 : *Graphe du cercle de corrélation des variables à la sixième semaine d'âge*

Les deux premières composantes résument plus de 95 % de la dispersion ; 61,08 % de l'inertie est récupérée par la première composante et 34,35 % par la deuxième composante. Ensuite, les valeurs propres associées aux deux premières composantes sont toutes supérieures à 1 ; d'après la règle de Kaiser, on peut retenir les deux premières composantes.

Tableau 4 : *Tableau des corrélations des variables à la sixième semaine d'âge*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	0,9606058	0,2602945	0,09738181
Poids du sang	0,8286258	-0,5307857	-0,17789263
Poids après saigné	0,9383828	0,3243117	0,11941389
Poids des plumes	-0,3599661	0,8660811	0,34688320
Poids des viscères	0,5564604	0,7517612	-0,35384578
Poids des abats	0,9862087	0,1518870	0,06574810
Poids carcasse	0,9702634	-0,1760925	0,16607360
Rendement	0,2081062	-0,9612777	0,18065697

Les variables poids vif, poids du sang, poids après saignée, poids des abats et le poids carcasse sont positivement corrélées avec la première composante, donc, bien représentées. Les variables poids des plumes, poids des viscères et le rendement sont corrélées avec la deuxième composante. Les variables poids des plumes et poids des viscères sont positivement corrélées avec la deuxième composante, tandis que la variable rendement est négativement corrélée avec celle-ci. Elles sont toutes bien représentées sur la deuxième composante. Les variables poids vif, poids après saignée, poids des abats et poids carcasse sont étroitement et positivement corrélées entre elles. Les variable rendement et poids du sang sont inversement corrélées au poids des plumes. Les variables poids du sang et poids des viscères ne sont pas corrélées ; ces deux variables sont indépendantes.

Tableau 5 : *Tableau des contributions des variables aux différentes dimensions à la sixième semaine d'âge*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	18,8839481	2,4655108	2,594845
Poids du sang	14,0513903	10,2521620	8,659079
Poids après saigné	18,0203169	3,8273856	3,901804
Poids des plumes	2,6517069	27,2956974	32,924738
Poids des viscères	6,3368132	20,5653895	34,259723
Poids des abats	19,9039824	0,8394953	1,182830
Poids carcasse	19,2655592	1,1283887	7,546698
Rendement	0,8862831	33,6259706	8,930284

Les variables poids vif, poids du sang, poids après saignée, poids des abats et poids carcasse contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 18,88 %, 14,05 %, 18,02 %, 19,90 % et 19,27 %. Les variables poids du sang, poids des plumes, poids des viscères et rendement contribuent le plus à la seconde composante avec respectivement, 10,25 %, 27,30 %, 20,57 % et 33,63 %.

- **Graphe des individus et contributions aux composantes**

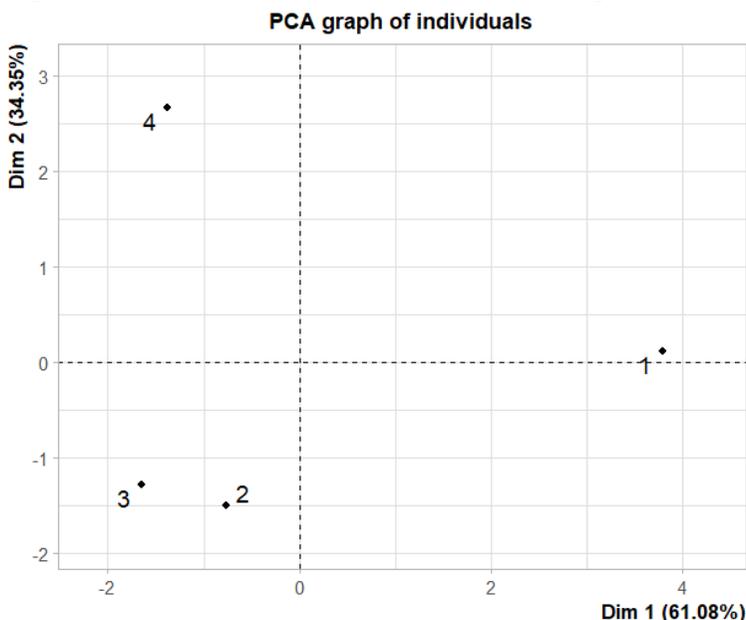


Figure 2 : *Graphe de la représentation des individus par rapport aux deux premières composantes à la sixième semaine d'âge*

- *Les individus 2 et 4 sont bien représentés sur la première composante.*
- *Les individus 1, 2 et 3 sont bien représentés sur la seconde composante.*
- *Les individus 1 et 3 sont bien représentés sur la première composante.*
- *Les individus 2, 3 et 4 sont bien représentés sur la deuxième composante.*

Tableau 6 : *Tableau de la contribution des individus aux composantes à la sixième semaine*

Individu	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
1	73,430035	0,1119547	1,4580101
2	2,985460	20,2366541	51,7778864
3	13,861210	15,0193724	46,1194175
4	9,723295	64,6320188	0,6446861

- *Les individus 1 et 3 contribuent plus à la première composante avec respectivement 73,43 % et 13,86 %.*
- *Les individus 2, 3 et 4 contribuent plus à la seconde composante avec respectivement 20,24 %, 15,02 % et 64,63 %.*
- *L'individu 1 a des valeurs élevées pour les variables poids vif, poids carcasse, poids après saignée et poids des abats tandis que les*

individus 3 a de faibles valeurs pour ces différentes variables.

- *L'individu 2 a un bon rendement. L'individu 4 a un poids des plumes élevé mais de faibles valeurs pour les variables poids vif, poids carcasse, poids après saigné, poids des abats, poids des viscères et poids du sang.*
- *Septième semaine*
- *Graphe des variables par rapport aux composantes 1 et 2*

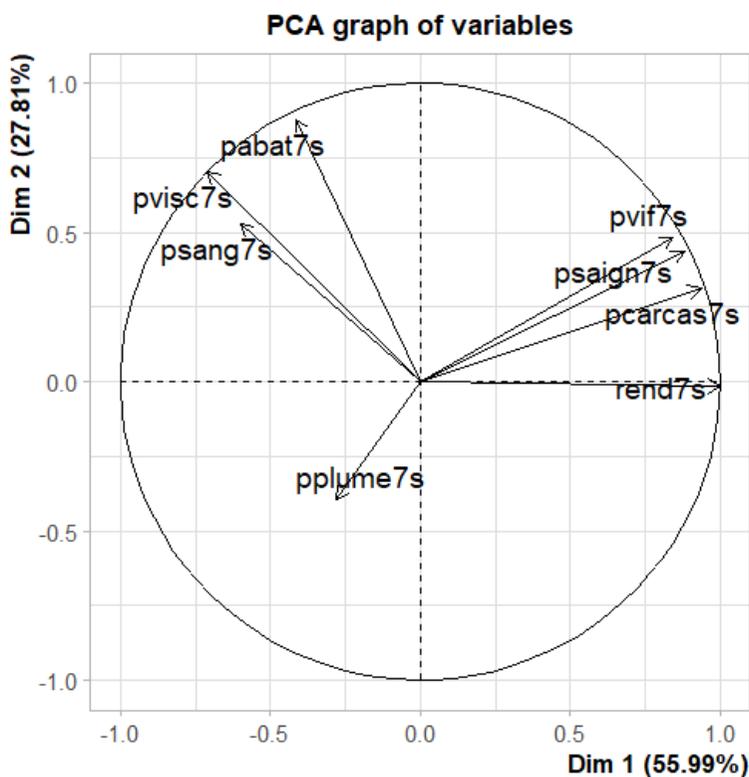


Figure 3 : *Graphe du cercle de corrélation des variables à la septième semaine d'âge suivant les composantes 1 et 2*

- *Graphe des variables par rapport aux composantes 1 et 3*

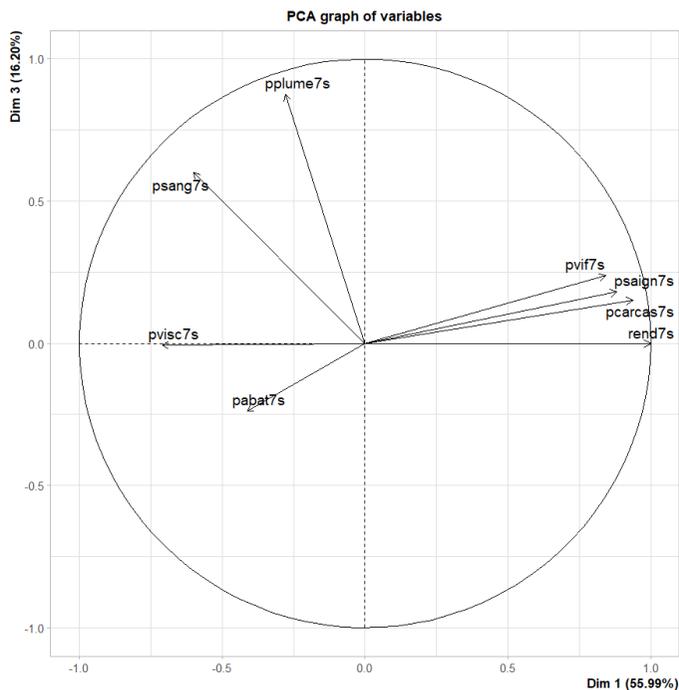


Figure 4 : *Graphe du cercle de corrélation des variables à la septième semaine d'âge suivant les composantes 1 et 2*

Tableau 7 : *Tableau des corrélations des variables aux composantes à la septième semaine d'âge*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	0,8430148	0,48184195	0,239069704
Poids du sang	-0,6001833	0,52817097	0,600679189
Poids après saignée	0,8814191	0,43635485	0,180816958
Poids des plumes	-0,3599661	-0,39552919	0,875027900
Poids des viscères	-0,7102820	0,70388644	-0,006586888
Poids des abats	-0,4127191	0,87952624	-0,236847063
Poids carcasse	0,9375230	0,31275924	0,152421217
Rendement	0,9998943	-0,01445972	-0,001527289

• *Interprétation suivant les composantes 1 et 2*

Les variables poids vif, poids après saignée, poids des viscères, poids carcasse et rendement sont corrélées avec la première composante et bien représentées sur celle-ci. Les variables poids vif, poids après saigné, poids carcasse et le rendement sont positivement corrélées à la première composante ; tandis que

la variable poids des viscères est négativement corrélée à celle-ci. La variable poids des abats est positivement corrélée à la deuxième composante et bien représentée sur celle-ci. Les variables rendement, poids carcasse, poids après saignée et poids vif sont positivement et étroitement corrélées entre elles. Les variables poids des abats et le poids après saignée ne sont pas corrélées ; ces deux variables sont indépendantes. Les variables poids du sang et poids des plumes ne sont pas bien représentées.

- **Interprétation suivant les composantes 1 et 3**

Les variables poids vif, poids après saignée, poids carcasse et rendement sont positivement corrélées avec la première composante et bien représentées sur celle-ci. Les variables poids du sang et poids des plumes sont positivement corrélées avec la troisième composante et bien représentées sur celle-ci. Les variables poids des plumes et poids vif ne sont pas corrélées ; elles sont indépendantes.

Tableau 8 : *Tableau des contributions des variables aux composantes à la septième semaine d'âge*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	15,865908	10,434517051	4,411033e+00
Poids du sang	8,041966	12,537535934	2,784687e+01
Poids après saignée	17,344406	8,557418029	2,523304e+00
Poids des plumes	1,738746	7,031050595	5,909286e+01
Poids des viscères	11,263052	22,267339739	3,348511e-03
Poids des abats	3,802801	34,766481192	4,329395e+00
Poids carcasse	19,622683	4,396260594	1,793007e+00
Rendement	22,320436	0,009396866	1,800254e-04

Les variables poids vif, poids après saigné, poids des viscères, poids carcasse et rendement contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 15,87 %, 17,34 %, 11,26 %, 19,62 % et 22,32 %. Les variables poids vif, poids du sang, poids des viscères et poids des abats contribuent le plus à la seconde composante avec respectivement, 10,43 %, 12,54 %, 22,27 % et 34,77 %. Les contributions des variables sont faibles dans la troisième composante.

- *Graphe des individus par rapport aux composantes 1 et 2*

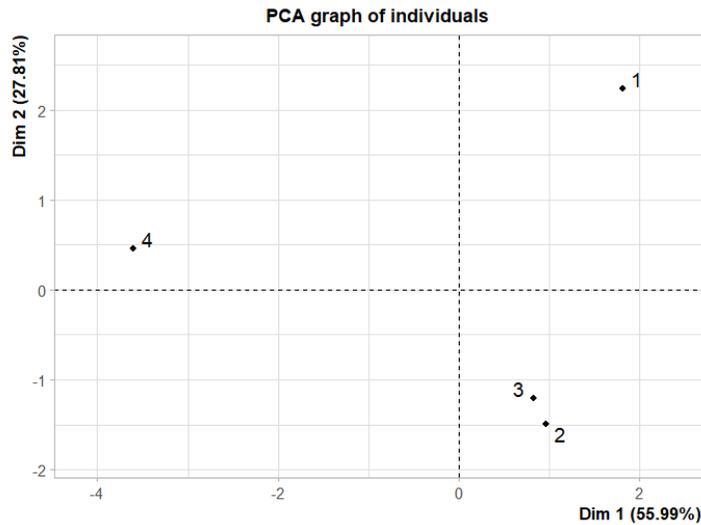


Figure 5 : *Graphe de la représentation des individus par rapport aux deux premières composantes à la septième semaine d'âge*

- *Graphe des individus par rapport aux composantes 1 et 3*

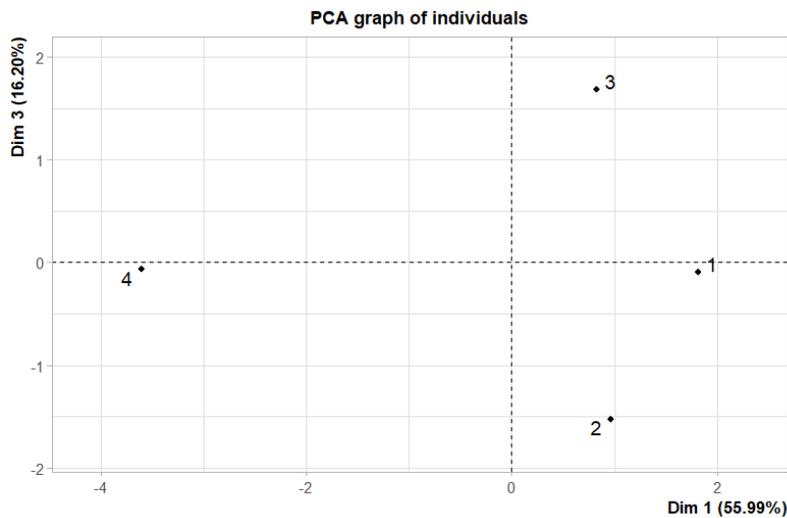


Figure 6 : *Graphe de la représentation des individus par rapport à la première et la troisième composante à la septième semaine d'âge*

- *Seul l'individu 4 est bien représenté sur la première composante.*
- *Les individus 1, 2 et 3 sont bien représentés sur la deuxième composante.*
- *Les individus 2 et 3 sont bien représentés sur la troisième composante.*

Tableau 9 : Tableau de la contribution des individus aux trois composantes à la septième semaine d'âge

Individu	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
1	18,430909	56,405421	0,1636700
2	5,201112	24,932092	44,8667963
3	3,786073	16,337440	54,8764862
4	72,581906	2,325046	0,0930475

- Les individus 1 et 4 contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 18,43 % et 72,58 %.
- Les individus 1, 2 et 3 contribuent plus à seconde composante avec respectivement 56,41 %, 24,93 % et 16,34 %.
- Les individus 2 et 3 contribuent plus à la troisième composante avec respectivement 44,87 % et 54,88 %.

- **Composante 1 et 2**

Les individus 1, 2 et 3 ont de faibles valeurs pour toutes les variables. L'individu 4 a de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées.

- **Composante 1 et 3**

Les individus 2 et 3 ont de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées. L'individu 4 a de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées sauf la variable poids des viscères.

- **Huitième semaine**

- **Graphe des variables par rapport aux composante 1 et 2**

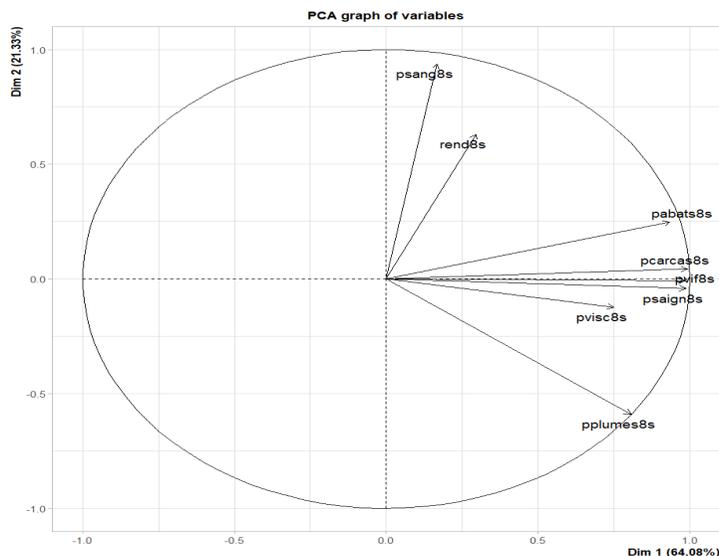


Figure 7 : Graphe du cercle de corrélation des variables par rapport aux deux premières composantes

- *Graphe des variables par rapport aux composante 1 et 3*

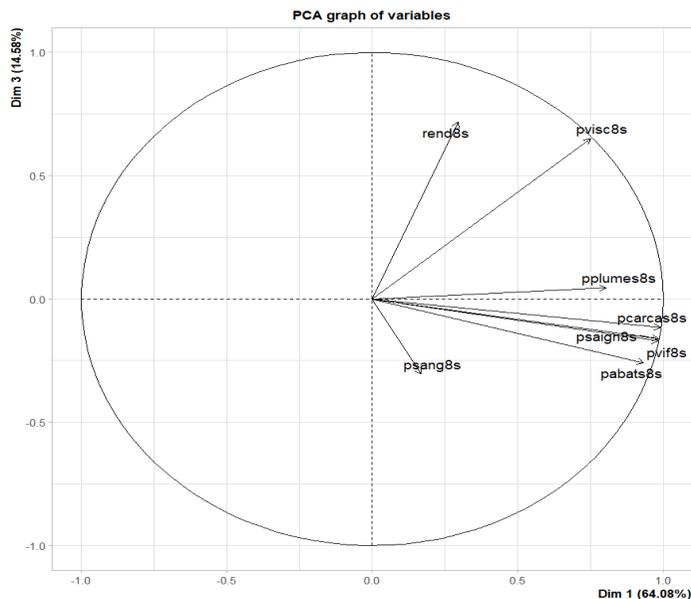


Figure 8 : *Graphe du cercle de corrélation des variables par rapport à la première et la troisième composante*

Tableau 10 : *Tableau des corrélations des variables aux composantes à la huitième semaine d'âge*

Variable	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	0,9852262	-0,007990243	-0,17107178
Poids du sang	0,1673595	0,937757813	-0,30430427
Poids après saigné	0,9860211	-0,042109064	-0,16121184
Poids des plumes	0,8056902	-0,590653412	0,04463068
Poids des viscères	0,7502694	-0,123294758	0,64953383
Poids des abats	0,9337293	0,247817737	-0,25833299
Poids carcasse	0,9922661	0,043612150	-0,11621487
Rendement	0,2950283	0,631018553	0,71747744

- *Interprétation selon les composantes 1 et 2*

Toutes les variables sont positivement corrélées à la première composante. Les variables poids vif, poids après saigné, poids des plumes, poids des abats et poids carcasse sont positivement corrélées à la première composante et bien représentées sur celle-ci. La variable poids du sang est positivement corrélée à la deuxième composante et bien représentée sur celle-ci. Les variables poids carcasse, poids vif, poids des abats et poids après saignée sont positivement et étroitement corrélées entre elles. Le poids du sang et le poids des plumes sont inversement corrélées. La variable rendement n'est pas bien représentée.

- **Interprétation selon les composantes 1 et 3**

Les variables poids vif, poids après saignée, poids des plumes, poids des abats et poids carcasse sont positivement corrélées avec la première composante. La variable poids du sang n'est pas bien représentée. La variable rendement est positivement corrélée à la troisième composante et bien représentée sur celle-ci

Tableau 11 : *Tableau de la contribution des variables aux composantes à la huitième semaine d'âge*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	18,9345850	0,003740567	2,5082803
Poids du sang	0,5463672	51,522720523	7,9366167
Poids après saigné	18,9651513	0,103888765	2,2274768
Poids des plumes	12,6625170	20,440091669	0,1707208
Poids des viscères	10,9804062	0,890649086	36,1595384
Poids des abats	17,0069292	3,598174139	5,7197764
Poids carcasse	19,2061472	0,111437767	1,1575580
Rendement	1,6978969	23,329297484	44,1200326

Les variables poids vif, poids après saignée, poids des plumes, poids des abats et poids carcasse contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 18,93 %, 18,97 %, 12,66 %, 17,00 % et 19,21 %. Les variables poids du sang, poids des plumes et rendement contribuent le plus à la seconde composante avec respectivement, 51,52 %, 20,44 % et 23,33 %. Aucune variable n'était bien représentée sur la troisième composante, la contribution importe donc peu.

- *Graphe des individus par rapport aux composante 1 et 2*

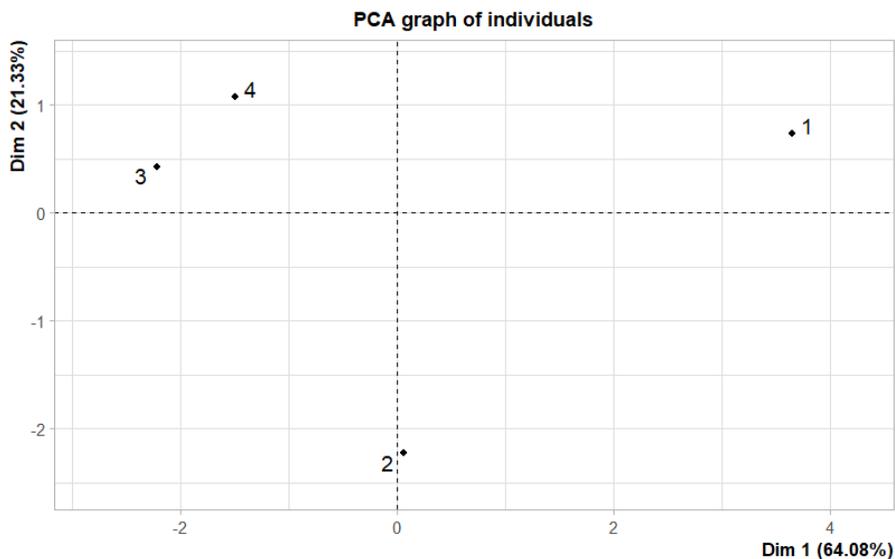


Figure 9 : *Graphe des individus par rapport aux deux premières composantes à la huitième semaine d'âge*

- *Graphe des individus par rapport aux composante 1 et 3*

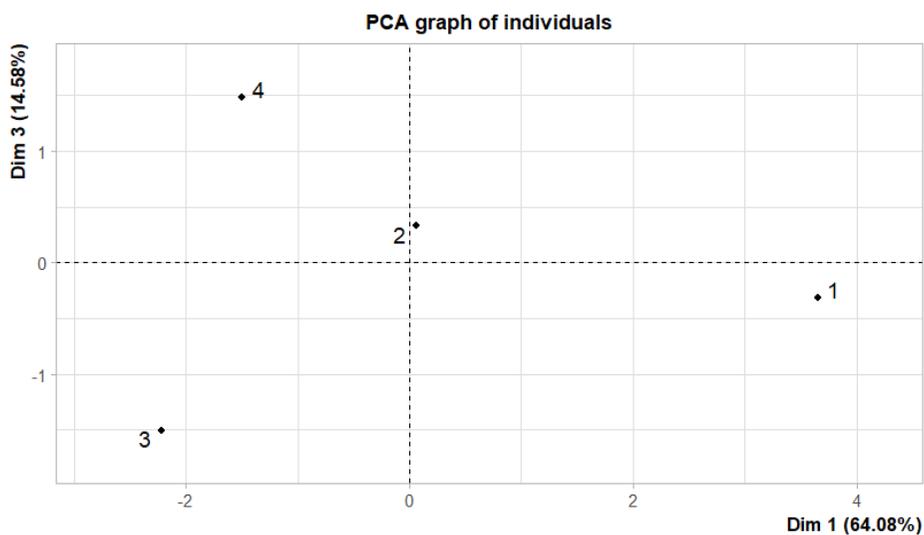


Figure 10 : *Graphe des individus par rapport à la première et à la troisième composante à la huitième semaine d'âge*

- **Composante 1 et 2**

Les individus 1 et 3 sont bien représentés sur la première composante. Seul l'individu 2 est bien représenté sur la deuxième composante.

- **Composante 1 et 3**

Les individus 1 et 3 sont bien représentés sur la première composante. Les individus 3 et 4 sont bien représentés sur la troisième composante. L'individu 2 n'est pas bien représenté car il est très proche du centre.

- **La contribution des individus aux composantes**

Tableau 12 : *Tableau de la contribution des individus aux composantes à la huitième semaine d'âge*

Individu	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
1	65,06684802	7,868102	2,06505
2	0,01843513	72,674625	2,30694
3	24,01102553	2,609122	48,37985
4	10,90369133	16,848151	47,24816

- *Les individus 1 et 3 contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 65,07 % et 24,01 %.*
- *Les individus 2 et 4 contribuent plus à seconde composante avec respectivement 72,67 % et 16,85 %.*

- **Composante 1 et 2**

L'individu 1 a un poids après saignée, un poids carcasse, un poids vif, un poids des viscères et un poids des abats assez élevés. Les individus 2 et 3 ont de très faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées.

- **Composante 1 et 3**

L'individu 1 a un poids après saignée, un poids carcasse, un poids vif, un poids des viscères et un poids des abats assez élevés. Les individus 3 et 4 ont de très faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées.

- *Dixième semaine*
- *Graphe des variables et contributions aux composantes*

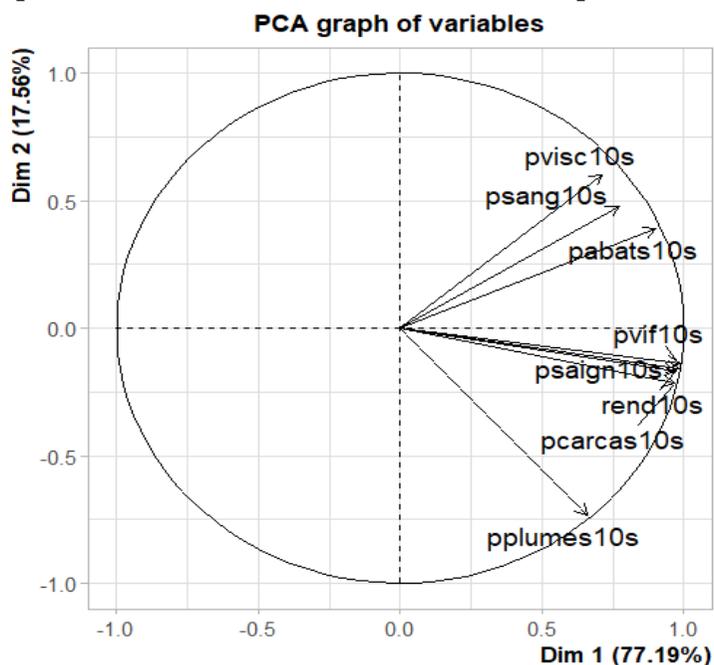


Figure 11 : *Graphe du cercle de corrélation des variables par rapport aux deux premières dimension*

Tableau 13 : *Tableau des corrélations des variables aux composantes à la dixième semaine*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	0.9856692	-0.1387322	-0.09596652
Poids du sang	0.7718454	0.4788387	-0.41829205
Poids après saigné	0.9837705	-0.1585187	-0.08406831
Poids des plumes	0.6582120	-0.7349365	0.16317285
Poids des viscères	0.7109372	0.6033389	0.36131769
Poids des abats	0.9006660	0.3896628	0.19225933
Poids carcasse	0.9697641	-0.2171484	0.11137383
Rendement	0.9746768	-0.1666857	-0.14906722

Toutes les variables sont positivement corrélées à la première composante. Les variables poids vif, poids après saignée, poids des abats, poids carcasse et rendements sont positivement corrélées à la première composante et bien représentées sur celle-ci. Les variables poids des viscères et poids des plumes sont corrélées à la deuxième composante et bien représentées sur celle-ci.

Les variables poids vif, poids après saignée, rendement et poids carcasse sont positivement et étroitement corrélées entre elles. Le poids des viscères et le poids des plumes ne sont pas corrélées ; ces deux variables sont indépendantes.

Tableau 14 : *Tableau de contribution des variables aux composantes à la dixième semaine*

Variables	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
Poids vif	15,732472	1,370271	2,192703
Poids du sang	9,647065	16,324140	41,658116
Poids après saignée	15,671918	1,789010	1,682694
Poids des plumes	7,015621	38,454882	6,339226
Poids des viscères	8,184593	25,916389	31,082709
Poids des abats	13,135969	10,810100	8,800661
Poids carcasse	15,228839	3,357106	2,953294
Rendement	15,383524	1,978102	5,290597

Les variables poids vif, poids après saignée, poids des abats, poids carcasse et rendement contribuent le plus à la première composante avec respectivement, 15,73 %, 15,67 %, 13,14 %, 15,23 % et 15,38 %. Les variables poids du sang, poids des plumes et poids des viscères contribuent le plus à la seconde composante avec respectivement, 16,32 %, 38,45 % et 25,92 %.

- *Graphe des individus et contributions aux composantes*

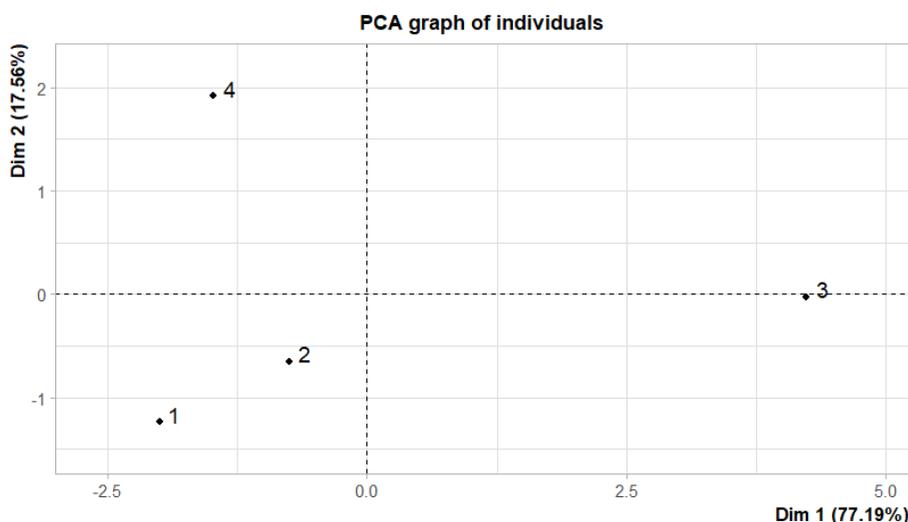


Figure 12 : *Graphe des individus par rapport aux deux premières composantes à la dixième semaine*

- Les individus 1 et 3 sont bien représentés sur la première composante.
- Les individus 1 et 4 sont bien représentés sur la deuxième composante.
- L'individu 2 n'est pas bien représenté.

Tableau 15 : Tableau de la contribution des individus aux composantes à la dixième semaine

Individu	Dimensions		
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
1	16,244690	27,1545908	31,6007195
2	2,290984	7,5176729	65,1913435
3	72,603566	0,0165608	2,3798729
4	8,860760	65,3111754	0,8280641

Seul l'individu 3 contribue le plus à la première composante avec 72,60 %. Les individus 1 et 4 contribuent plus à seconde composante avec respectivement 27,15 % et 65,31 %. Les individus 1 et 4 ont de faibles valeurs pour toutes les variables. L'individu 3 a de fortes valeurs pour les variables rendement, poids carcasse, poids après saignée, poids vif et poids des abats.

- **Synthèse des variables et des individus suivant les composantes**

Tableau 16 : Tableau des variables entrant dans la constitution des composantes

Nombre de Semaines d'âge	Composante 1	Composante 2	Composante 3	Variables corrélées
4 semaines	Poids : carcasse, vif, après saignée, des viscères et des plumes	Poids : du sang, des abats Rendement		Poids : carcasse, après saignée et vif
6 semaines	Poids : carcasse, vif, après saignée, des abats et du sang	Poids des plumes Rendement		Poids : carcasse, après saignée, vif et des abats
7 semaines	Poids : carcasse, vif, après saignée et Rendement	Poids des abats et poids des viscères	Poids du sang et poids des plumes	Poids : carcasse, après saignée, vif Rendement Poids : des abats et poids des viscères

8 semaines	Poids : carcasse, vif, après saignée, des abats, des viscères et des plumes	Poids du sang	Rendement	Poids : carcasse, après saignée, vif et des abats
10 semaines	Poids : carcasse, après saignée, vif, des abats, des viscères, du sang et Rendement	Poids des plumes		Poids : carcasse, après saignée, vif et Rendement Poids : des abats, des viscères et du sang

De cette synthèse, il ressort que :

- Le poids carcasse, le poids après saignée et le poids vif sont présents dans la constitution de la première composante quel que soit le nombre de semaines d'âge ; donc cette composante peut être considérée comme l'axe de composition corporelle et permet d'évaluer le rendement.
- Le rendement et le poids du sang sont aussi présents dans la constitution de la deuxième composante deux fois sur cinq où des variables forment la seconde composante.
- Le poids carcasse, le poids après saignée et le poids vif sont étroitement corrélés deux à deux quel que soit le nombre de semaines d'âge.
- On remarque aussi que la variable rendement n'est pas bien représentée à la huitième semaine et donc, elle n'entre pas dans la constitution des composantes.

- *Synthèse des individus suivant les composantes*

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des individus suivant les composantes

Semaine	Composante 1	Composante 2	Composante 3	Classement
4	Individu 2 et 4 2 et 4 ont de faibles valeurs pour les toutes les variables	Individus 1, 2 et 3 1 et 3 ont de bons rendements 2 a de faibles valeurs pour toutes les variables		Les individus 1 et 3 ont de bons rendements Les individus 2 et 4 ont de faibles rendements
6	Individu 1 et 3 1 a des valeurs élevées pour les variables poids vif, poids carcasse, poids après saignée et poids des abats 3 a de faibles valeurs pour ces différentes variables	Individu 2, 3 et 4 Les individus 3 et 4 ont de faibles valeurs pour toutes les variables à l'exception de l'individu 4 qui a un poids plume élevé. L'individu 2 a un bon rendement		Les individus 1, 3 et 4 n'ont pas de bons rendements L'individu 2 a un bon rendement
7	Individu 4 L'individu 4 a de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées.	Individu 1, 2 et 3 1 et 2 et 3 ont de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées	Individu 2 et 3 2 et 3 ont de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées	Les individus 1, 2, 3 et 4 n'ont pas de bons rendements
8	Individu 1 et 3 1 a de grandes valeurs pour les poids vif, carcasse, après saignée et des abats ; tandis que 3 a de faibles valeurs pour ces mêmes variables	Individu 2 L'individu 2 a de très faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées.	Individu 3 et 4 Les individus 3 et 4 ont de faibles valeurs pour toutes les variables bien représentées.	La variable rendement n'est pas bien représentée
10	Individu 1 et 3 3 a de grandes valeurs pour les poids vif, carcasse, après saignée, des abats et rendement 1 a de faibles valeurs pour toutes ces variables	Individu 1 et 4 1 et 4 ont de faibles valeurs pour toutes ces variables		L'individu 3 a un bon rendement Les individus 1, 2 et 4 n'ont pas de bons rendements

Il ressort de la synthèse du tableau, que :

- Les individus 1 et 3 ont de bons rendements à la quatrième semaine ;
- L'individu 2 a un bon rendement à la sixième semaine ;
- À la septième semaine, aucun des individus n'a un bon rendement ;
- À la huitième semaine, la variable rendement n'est pas bien représentée ;
- A la dixième semaine, l'individu 3 a un bon rendement.

III-1-2. Résultats de l'analyse de la variance non paramétrique

Représentations graphiques du rendement en fonction du nombre de semaines d'âge et du croisement de race

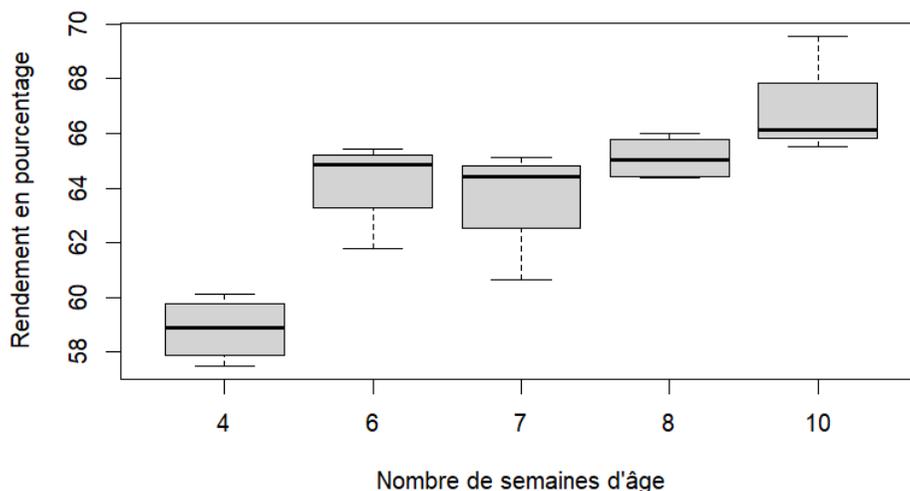


Figure 13 : Graphe du rendement en fonction du nombre de semaines d'âge

Le rendement semblait dépendre du nombre de semaines d'âge. La différence était plus marquée entre la dixième semaine et les autres semaines ; cependant, la différence entre la sixième, septième et huitième semaine ne semblait pas évidente.

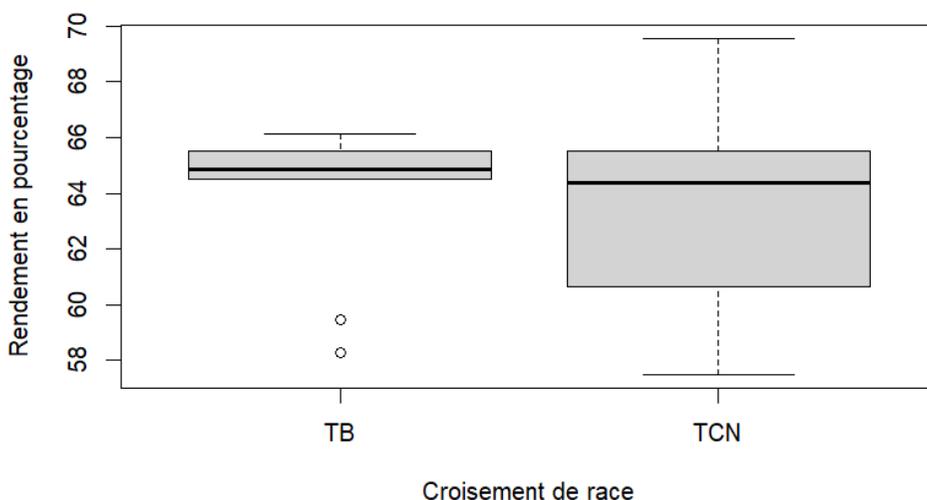


Figure 14 : Graphe du rendement en fonction du croisement

La différence de rendement entre les croisements trois-quart, bleu d'hollande et trois quart-cou-nu ne semblait pas évidente bien qu'on avait deux points isolés au niveau du croisement trois-quart et bleu d'hollande.

- **ANOVA non paramétrique**

L'hypothèse de normalité n'est pas vérifiée pour les données et aucune transformation ne permet la stabilisation des données, nous utilisons donc une approche non paramétrique ; notamment le test de Kruskal-Wallis. La $p\text{-value} = 0,5705 > 0,05$, donc la différence de rendement selon le croisement de races n'est pas significative ; ce qui confirme la tendance graphique indiquée précédemment. En outre, pour le nombre de semaines d'âge, la $p\text{-value} = 0,005272 < 0,05$, donc la différence de rendement selon le nombre de semaines d'âge est très hautement significative ; ce qui confirme la tendance graphique indiquée précédemment. Nous pouvons donc faire la comparaison deux à deux selon le nombre de semaines d'âge. La comparaison multiple non paramétrique relative aux effets de contraste donne les résultats suivants :

Tableau 18 : Tableau de comparaison multiple des rendements moyens.

Comparaison	Estimateur	Borne inf.	Borne sup.	Statistique	p-value
p(4,6)	0,999	0,993	1,00	9,7578587	0,0000000
p(4,7)	0,999	0,993	1,00	9,7578587	0,0000000
p(4,8)	0,999	0,993	1,00	9,7578587	0,0000000
p(4,10)	0,999	0,993	1,00	9,7578587	0,0000000
p(6,7)	0,312	0,025	0,891	-0,7615348	0,9959991
p(6,8)	0,625	0,078	0,970	0,4788990	0,9999188
p(6,10)	0,999	0,993	1,00	9,7578587	0,0000000
p(7,8)	0,750	0,126	0,984	1,0091398	0,9697349
p(7,10)	0,999	0,993	1,00	9,7578587	0,0000000
p(8,10)	0,906	0,200	0,997	1,7330537	0,5588424

La différence de rendement est très hautement significative entre les semaines : 4-6 ; 4-7 ; 4-8 ; 4-10 ; 6-10 ; 7-10 car la p-value est inférieure à 0,05. Tandis qu'elle n'est pas significative entre les semaines 6-7 ; 6-8 ; 7-8 et 8-10.

III-2. Discussion

À chacun des âges 4, 6, 7, 8 et 10 semaines, deux coquelets de chaque croisement sont choisis aléatoirement puis abattus. Les variables poids : vif, carcasse, après saignée, des viscères, des abats, des plumes, du sang et rendement sont mesurées. Les individus 1 et 2 sont issus de croisement de coqs bleus d'hollande et de poules trois quart ; quant-aux individus 3 et 4, ils sont issus de croisement de coqs cou-nus et de poules trois quart. L'ACP est réalisée avec les variables mesurées et les quatre individus choisis à chacun des âges.

- À la quatrième semaine, seuls les individus 1 et 3 ont de bons rendements ; les individus 2 et 4 n'ont pas de bons rendements. Ainsi donc, on remarque qu'un individu sur deux issu de chaque croisement a un bon rendement.
- À la sixième semaine, seul l'individu 2 c'est-à-dire un individu issu du croisement trois-quart et bleu d'hollande a un bon rendement ; les individus 1, 3 et 4 n'ont pas de bons rendements.
- À la septième semaine, aucun des individus n'a un bon rendement.
- À la huitième semaine, la variable rendement n'est pas bien représentée ; on ne peut donc pas interpréter les individus.
- À la dixième semaine, seul l'individu 3 c'est-à-dire un individu issu du croisement trois-quart et cou-nu a un bon rendement ; les individus 1, 2 et 4 n'ont pas de bons rendements.

Le test de Kruskal-wallis réalisé pour comparer les rendements moyens deux à deux a montré que :

- La différence de rendement est très hautement significative entre les semaines : 4-6 ; 4-7 ; 4-8 ; 4-10 ; 6-10 ; 7-10 car la p-value est inférieure à 0,05.
- Tandis qu'elle n'est pas significative entre les semaines 6-7 ; 6-8 ; 7-8 et 8-10 ; ceci confirme les remarques de la septième et huitième semaine avec la non significativité des différences de rendement des semaines d'âge (6-7 ; 6-8 ; 7-8 et 8-10).

IV - CONCLUSION

Les résultats obtenus avec l'approche combinée de l'ACP et l'ANOVA non paramétrique ont montré que sur les quatre coquelets choisis dans les deux croisements au bout de 4, 6, 7, 8 et 10 semaines d'âge, les bons rendements ont été observés sur deux individus de chaque croisement sur trois périodes où l'interprétation était possible avec la variable rendement. Ainsi donc, aucun croisement ne conduit à un rendement significativement différent de l'autre avec la même alimentation et les mêmes conditions d'élevage. En outre, l'élevage semblait avoir connu un problème au niveau de la septième et de la huitième semaine d'âge. En somme, nous pouvons affirmer que l'approche combinée peut être un outil d'aide à la sélection au zootekiciens dans la sélection de races hybrides avec de meilleurs rendements. En termes de perspectives, il serait intéressant d'investiguer sur les variables mesurées et les conditions d'élevage à la septième et huitième semaine d'âge afin de réévaluer l'outil. On pourrait également revoir les différentes souches des croisements et appliquer de nouveau l'approche combinée pour appuyer le choix de la sélection de races.

RÉFÉRENCES

- [1] - I. T. JOLLIFFE, Principal component analysis., New-york: Springer-verlag, (1986)
- [2] - H. HOTELLING, «Analysis of a complex of statistical variables into principal components,» *Journal of Educational Psychology*, Vol. 24, (1933) 417 - 441
- [3] - M. E. TIPPING et C. M. BISHOP, «Probabilistic Principal Component Analysis,» *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, Vol. 61, N°3 (1999) 611 - 622
- [4] - W. ZOU, H. YU, X. WANG, G. DAI, M. SUN, G. ZHANG, T. ZHANG, H. SHI, K. XIE et J. WANG, «Establishing a Model for Evaluating Chicken Coccidiosis Resistance Based on Principal Component Analysis,» *ANIMALS*, Vol. 926, N°9 (2019)

- [5] - B. LUBABALO et L. T. THOBELA, «Multivariate principal component analysis of morphological traits in Ross 308 broiler chicken breed,» *Asian J Agric & Biol.* , N°3 (2022)
- [6] - S. S. SANAD, M. G. GHARIB et M. A. E. A. A. M. FARAG, «Prediction of Milk Production of Holstein Cattle Using Principal Component Analysis,» *J. of Animal and Poultry Production, Mansoura Univ.*, Vol. 12, N°1 (2021) 1 - 5
- [7] - QUESTAN ALI AMIN, A. S. SHAKER, S. A. AKRAM, S. M. S. KIRKUK, R. B. SAEED et M. S. MOHAMMED, «Using Principal Component Analysis to Characterize Egg Components in two Waterfowl Species,» *J. of Animal and Poultry Production, Mansoura Univ.*, Vol. 10, N°10 (2019) 313 - 316
- [8] - M. DYAH, M. FATMAWATI, P. Z. N. L. S. APRILIANNA, F. AKHMAD, S. HERU et N. H. H. DWI, «Phenotypic characterization and principal component analyses of indigenous chicken breeds in Indonesia,» *Veterinary World*, Vol. 14, N°6 (2021) 1665 - 1676
- [9] - L. P. B. , P. I. U. M. C. , D. M. R. , L. M. C. , L. L. C. FERNANDO, «Principal components analysis applied to performance and carcass traits in the chicken,» *Animal Research*, Vol. 55, N°5 (2006) 419 - 425
- [10] - S. RESHMA, K. S. AJIT, T. SUBHASH, P. SUBHRANSU, S. UTTAM, R. G. PROBAL, B. DEBASHISH et S. BAIDYA, «PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF HARINGHATA BLACK CHICKENS IN AN ORGANIZED FARM,» *Explor Anim Med Res*, Vol. 8, N°1 (2018) 64 - 68
- [11] - G. C. VENTURINI, R. P. SAVEGNAGO, B. N. NUNES, M. C. LEDUR, G. S. SCHMIDT, L. EL FARO et D. P. MUNARI, «Genetic parameters and principal component analysis for egg production from White Leghorn hens,» *Poultry Science*, Vol. 92, N°9 (2013) 2283 - 2289
- [12] - M. REÇI, M. LIKA et K. PUTO, «Analysis of Q Fever Among Farm Animals with ANOVA test in the Western Part of North Macedonia,» *Int. Environmental Application & Science*, Vol. 16, N°3 (2021) 106 - 112
- [13] - A. OLHA, Z. TETIANA, V. RANDO et A.-H. VIIRA, «The One-Way Analysis of Variance of Heat-Storage Materials Used in Building of Poultry Houses,» *PROCESSES*, Vol. 104, N°11 (2022)
- [14] - J. E. O. IMOOUKHOME, «Principal Component Analysis of egg quality traits of indigenous chicken genotypes in Edo State,» *BIU Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 7, N°1 (2022) 33 - 42