

## **Efficacité des diverses formules de barymétrie applicables chez les lapins dans la Région d'Amoron'i Mania, Madagascar**

**Hacynicolas FinoanaArizo RANDRIAMANDRATONDRAKOTONIRINA\***, Jean de Neupomuscène RAKOTOZANDRINY, Arsène Jules RANDRIANARIVELOSEHENO et Claude Gaston RAZAFINDRAMBOA

*Département Sciences Animales, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques,  
Université d'Antananarivo, Madagascar*

\* Correspondance, courriel : [nrandriamandratoririna@yahoo.fr](mailto:nrandriamandratoririna@yahoo.fr)

### **Résumé**

Les lapins sont introduits à Madagascar à 1926. La performance de production est encore faible surtout dans la Région d'Amoron'i Mania. L'absence de balance est une contrainte des paysans pour le contrôle de performance de croissance des lapins. Une solution alternative consiste à utiliser la barymétrie pour estimer le poids vif. L'objectif de cette étude est de déterminer le type de mesures applicable et d'avancer des équations baryométriques des différentes races de lapins rencontrées dans cette Région. 971 lapins composés de 9 races (Alaska, angora, blanc de Vienne, californien, race locale, gris de Vienne, fauve de Bourgogne, Chinchilla et géant de Bouscat) ont été pesés et mesurés. Les Formules baryométriques ont été conçues par la méthode de régression multiple du logiciel JMP 5.0.1. L'application de la barymétrie montre que six mensurations (tour poitrine, longueur tête, tour spiral, tour ventre, longueur totale et largeur tête) permettent d'établir une bonne estimation et explique au moins 80 % de la variation du poids. Pour la population entière, l'introduction progressive des variables permet d'établir une équation baryométrique à deux facteurs (tour poitrine, longueur tête). Le modèle à deux facteurs explique 89 % de la variance du poids des lapins. Le type génétique influence sur la morphologie qui permet de créer des modèles d'équation baryométrique adapté à chaque race. Le dimorphisme sexuel agit sur la position des variables de mensuration et différencie en conséquence l'équation adéquate par sexe. Il est intéressant de poursuivre cette étude sur la détermination de rendement en carcasse de lapin par la barymétrie.

**Mot-clé :** *lapin, barymétrie, mensuration, race, sexe, Madagascar.*

### **Abstract**

**Effectiveness of the various forms of applicable barymetry in rabbits in the region of Amoroni Mania, Madagascar**

The rabbits are introduced to Madagascar in 1926. The performance of production is still low especially in the region of Amoron'i Mania. The absence of weighting scale is a constraint of the rural farmers for the control of growth performance in rabbits. An alternative solution is to use the barymetry to estimate the live weight from measurements. The objective of this study is to determine the type of applicable measures and to advance the barymetric equations of different rabbit races encountered in this region. 971 rabbits including 9 races (Alaska, angora, with of Vienna, Californian, Gray of Vienna, Fauve of Bourgogne, Chinchilla and Giant of Bouscat and local breed) were weighed and measured. The barymetric formulas have been designed within

the method of multiple regressions using the JMP software 5.0.1. The application of the barymetry shows that six measurements (chest circumference, head length, spiral measures, belly size, total length and width of head) allow assessing a good estimate and explains at least 80 % of the variation in weight. For the entire population, the gradual introduction of the variables allows to establish a barymetric equation with two factors (chest circumference, head length). The model of two factors explained 89 % of variance in the weight of rabbits. The genetic type influences on the morphology that allows you to create models of equation barymetric adapted to each race. The sexual dimorphism acts on the position of the surveying variables and accordingly differentiates the appropriate equation by sex. It is interesting to continue this study on the determination of performance in rabbit carcass by the barymetry.

**Keyword :** *rabbit, barymetry, measurement, race, sex, Madagascar.*

## 1. Introduction

Les lapins sont introduits à Madagascar depuis 1926 par un vétérinaire [1]. Les performances de production des lapins reste encore faible surtout dans la Région d'Amoron'i Mania. L'élevage est pratiqué de façon traditionnelle. L'aliment distribué n'est pas équilibré, le soin sanitaire n'est pas adopté, les lapins sont combinés sans distinction de catégorie et sans contrôle de développement des animaux [2]. La connaissance de méthode pour le suivi de croissance de lapin est indispensable pour développer cet élevage. Depuis quelque temps, grâce à l'évolution de la recherche zootechnique, les mensurations tendent à connaître en élevage, un regain d'intérêt, en raison de leurs applications pratiques très variées. Trois groupes de travaux ont été exploités : mensuration et croissance au cours de développement des jeunes, mensuration et conformation chez l'adulte pour avoir de type d'animal, mensuration et poids vif qui permet d'établir des relations mathématiques avec certains mensurations pour proposer des Formules de barymétrie [3]. Cette étude s'intéresse à la recherche sur des problèmes de barymétrie. Dans la pratique zootechnique, le contrôle de poids hebdomadaire des animaux est nécessaire. L'absence de matériel de pesée est une contrainte locale majeure des paysans en milieu rural qui est l'origine de la méconnaissance de la croissance des animaux [4]. L'achat de balance est coûteux pour les paysans. Pour permettre une bonne suivi de croissance, une solution alternative consiste à utiliser la barymétrie afin d'estimer le poids vif des lapins. En plus, il y a insuffisance de donnée de résultat barymétrique sur le lapin. C'est pourquoi, cette étude a été conduits à découvrir une recherche sur la possibilité de pratiquer la barymétrie pour l'estimation pondérale et suivi zootechnique de lapin en milieu paysan dans la Région Amoron'i Mania de Madagascar. Des hypothèses sont avancées dans cette étude : les variables de mensuration permettent de déterminer des équations barymétriques en premier lieu par race et en second lieu par sexe de lapin. En effet, l'objectif de cette étude est de déterminer le type de mesures applicables et d'avancer des équations barymétriques pour la population entière, pour les différentes races et sexe de lapins rencontrés dans cette région. Pour avoir une base de donnée morpho-métrique, des travaux de mensuration et pesé de lapin existant dans la Région d'Amoron'i Mania ont été réalisés.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu de l'étude

Les mensurations et pesés ont été réalisées auprès des élevages familiales dans les quatre Districts de la Région d'Amoron'i Mania. Cette Région se trouve dans la partie centrale des Hautes Terres Sud de Madagascar. Cette Région est montagneuse avec des massifs vigoureux allongés du Nord au Sud, intercalée par des vallées

et des plaines dont l'altitude varie de 1200 à 1500 m dans la partie orientale (Ambositra, Fandriana, Manandriana), de 700 à 1000 m sur les plaines et jusqu'à 2000 m sur les massifs de la zone occidentale (Ambatofinandrahana). La région est délimitée entre 45°7' et 47°7' longitude Est et 19°8' et 21°0' latitude Sud. Elle fait partie de l'ex-province de Fianarantsoa. La capitale d'Ambositra se trouve à 250 km du sud d'Antananarivo, sur la route nationale N°7 et environ 150 km au Nord de Fianarantsoa. Elle couvre une superficie de 17516 km<sup>2</sup>. La Région est caractérisée par des sols ferrallitiques jaunes / rouges et rouge de superficie assez importante et aussi de sol ferrugineux tropicaux. Le climat est de type tropical d'altitude. Les précipitations annuelles varient autour de 1500 mm. La Région possède deux saisons relativement distinctes : une saison fraîche et sèche du mois de mai jusqu'à septembre et une saison chaude et humide du mois d'Octobre jusqu'à Avril [5].

## 2-2. Matériel animal

La descente sur terrain pendant les pesées et mensurations a été réalisée de 05 Mars 2012 au 20 Avril 2012 (fin de saison chaude et humide et début de saison fraîche et sèche). A ce moment, tous les lapins rencontrés âgé de plus de 3 semaines jusqu'à 96 semaines sont pesés et mesurés. L'effectif trouvé était 971 lapins composé de 9 races dont 25 Alaska, 9 angora, 15 blanc de Vienne, 64 californien, 136 race locale, 137 gris de Vienne, 32 fauve de Bourgogne, 250 chinchilla, 283 géant de Bouscat. Cette population de lapin mesurée est formée par 358 mâles et 613 femelles.

## 2-3. Matériel et équipement

Une balance électronique marque KERNE autorisant une charge maximale de 6 kg et de précision de 0,5 g près a été utilisée pour la pesée des lapins. Une toise confectionnée pour le besoin de l'étude précis à 1 mm près et 50 cm de hauteur, un ruban métrique de 150 cm de long et un pied à coulisse de 30 cm de long et un chablon de mesure de fabrication artisanale de longueur 13 cm avec 1 mm de précision ont été employés pour les mensurations.

## 2-4. Méthodes

### 2-4-1. Mensurations et pesées

Les pesées sont effectuées avant la réalisation des mensurations. Le poids de l'animal est relevé sur l'écran une fois où la balance signale par un avertissement sonore la fin d'une pesée. Dix-huit mensurations ont été réalisées au cours de cette étude. Les mensurations des longueurs et des tours ont été faites avec le ruban métrique. Les mesures des largeurs sont achevées à l'aide d'un pied à coulisse. Les mensurations des hauteurs sont effectuées avec une toise pour lapin. Les mensurations des oreilles sont pratiquées avec un chablon de mesure. Le choix des variables utilisables dans *l'Équation* de prédiction dépend de la valeur de corrélation avec le poids vif. Parmi ces dix-huit mensurations, sept ont été maintenues pour établir la barymétrie telle que :

- Tour de poitrine (TPt) : tour de poitrine immédiatement en arrière des épaules [6];
- Tour spiral (TSP) : tour de spire en commençant le ruban métrique à la protubérance occipitale, passe en bas du thorax puis dans la région dorsale et terminé à la base de la queue ;
- Tour du ventre (TV) : mesure du tour du ventre ;
- Hauteur du dos : distance verticale entre le sol et le sommet des vertèbres dorsales [6];
- Longueur totale (LT) : distance mesurée à partir du bout du nez jusqu'à l'extrémité de la queue ;

- Longueur de la tête (LTe) : mesure sur la ligne médiane de la tête, entre le bout du nez et la protubérance occipitale ;
- Largeur de la tête (LrTe) : largeur de la tête mesurée en arrière des yeux mais juste en avant de l'oreille.

#### 2-4-2. Analyses statistiques

Le **Tableau** d'analyse de corrélation des variables a été réalisé avec le logiciel JMP / SAS version 5.0.1. Les **Formules** baryométriques ont été conçues en utilisant la méthode de régression multiple suivant l'**Équation (1)** suivante :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n \quad (1)$$

dont : *Y* est la variable expliquée, *a* est une constante de l'**Équation**, *b<sub>i</sub>* sont les coefficients de régression correspondant à des variables explicatives et *X<sub>n</sub>* sont les variables explicatives [7].

La création du modèle baryométrique est réalisée à l'aide de logiciel JMP 5.0.1. Au cours de la conception, le poids vif estimé a été considéré comme la variable expliquée (*Y*). Les variables issues des mensurations telles que tour de poitrine, tour spiral, tour du ventre, longueur totale, longueur de la tête, largeur de la tête et hauteur du dos sont les variables explicatives (*X*). Les variétés d'**Équation** obtenue sont examinées suivant les valeurs de leur coefficient de détermination ( $R^2$ ), coefficient de détermination ajusté ( $R^2$  ajusté), coefficient de régression et de leur écart-type résiduel (ETR). La priorisation des variables de mensuration dans la construction du modèle de prédiction dépend de leur corrélation avec le poids vif.

### 3. Résultats

#### 3-1. Détermination d'équation de prédiction de poids vif de la population entière de lapin à partir des variables de mensuration

Pour la population totale, les quatre variables (TPt, LTe, TSP, TV) montrent une très forte relation avec le poids vif ( $p < 0,0001$ ). La valeur de coefficient de détermination obtenu pour la première variable (tour de poitrine) est égale à 0,83. Par addition de la longueur de la tête pour second variable,  $R^2$  s'améliore de 0,066 points et l'écart-type résiduel (ETR) réduite à 56,71 g soit 4,02 % de poids moyen. Avec une troisième variable (tour spiral), l'amélioration de  $R^2$  est de l'ordre de 0,012 points.

L'introduction de tour spiral contribue à la diminution de l'erreur d'estimation moyenne de 12,15 g soit 0,86 % de poids vif. Après l'introduction de tour de ventre comme quatrième variable, l'amélioration de  $R^2$  est très faible de l'ordre de 0,008 points et l'erreur d'estimation moyenne (écart-type résiduel) diminue légèrement de 8,08 g, soit 0,57 % de poids moyen. Ce qui signifie que le quatrième facteur (Tour du ventre) ne permet pas une amélioration du modèle de prédiction. Donc, le modèle supérieur ou égale à quatre facteurs n'est pas intéressant pour estimer le poids vif de lapin.

**Tableau 1 : Equation de prédiction de poids vif de la population entière de lapin à partir des variables de mensuration**

Nombre de facteur	Variables utilisées	Equations	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajusté	ETR	Pr > F	CV
1 facteur	TPt	PV = -2006,66+134,27*TPt(2)	0,831	0,831	257,78	<,0001	18,29
2 facteurs	TPt, LTe	PV = -2616,74+72,55*TPt+266,49*LTe (3)	0,897	0,897	201,07	<,0001	14,27
3 facteurs	TPt, LTe, TSP	PV = -2503,84 + 55,46*TPt + 193,90*LTe + 17,76*TSP (4)	0,909	0,909	188,92	<,0001	13,40
4 facteurs	TPt, LTe, TSP, TV	PV = - 2586,22 + 38,88*TPt + 184,14*LTe + 12,12*TSP + 27,65*TV (5)	0,917	0,917	80,84	<,0001	12,83
5 facteurs	TPt, LTe, TSP, TV, LT	PV = - 2503,20 + 36,30*TPt + 146,53*LTe + 10,77*TSP + 24,80*TV + 13,59*LT (6)	0,920	0,920	77,19	<,0001	12,51
6 facteurs	TPt, LTe, TSP, TV, LT, LrPt	PV = -2443,99 + 30,16*TPt + 130,62*LTe + 10,81*TSP + 20,93*TV + 8,93*LT + 76,42*LrPt (7)	0,926	0,926	70,57	<,0001	12,10

PV : Poids vif, TPt : Tour de poitrine, LTe : Longueur de la tête, TSP : Tour spiral, TV : Tour de ventre, R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination, ETR : Ecart-type résiduel, Pr : Probabilité, CV : Coefficient de variation

### 3-2. Détermination d'équation de prédiction de poids vif par race de lapin

Des races de lapin au nombre de 9 ont été identifiées. Les valeurs de coefficients de détermination obtenus pour chaque modèle varient de 0,80 à 0,94. Sur 9 modèle, 5 ont un R<sup>2</sup> supérieur ou égale à 0,85 (R<sup>2</sup> = 0,94 pour angora, R<sup>2</sup> = 0,89 pour blanc de Vienne, R<sup>2</sup> = 0,85 pour californien, R<sup>2</sup> = 0,89 pour fauve de Bourgogne, R<sup>2</sup> = 0,90 pour la race locale) et 4 ont un R<sup>2</sup> inférieur à 0,85 (R<sup>2</sup> = 0,82 pour Alaska, R<sup>2</sup> = 0,84 pour gris de Vienne, R<sup>2</sup> = 0,83 pour chinchilla, R<sup>2</sup> = 0,80 pour géant de Bouscat).

**Tableau 2 : Equation de prédiction de poids vif selon la race de lapin à partir des variables de mensuration**

Race	N	Equation	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajusté	ETR	Pr > F	CV
Angora	9	PV = -2874,04 + 301,95*HD (8)	0,948	0,941	149,99	<,0001	13,61
Alaska	25	PV = -1516,38 + 87,50*LT (9)	0,829	0,822	254,11	<,0001	16,75
Blanc de Vienne	15	PV = 1773,19 + 120,38*TPt (10)	0,897	0,889	140,38	<,0001	15,00
Californien	66	PV = -2144,92 + 138,32*TPt (11)	0,855	0,853	204,45	<,0001	13,47
Fauve de Bourgogne	35	PV = -3357,03 + 578,61*LTe (12)	0,890	0,886	206,92	<,0001	14,44
Gris de Vienne	140	PV = -2155,81 + 140,87*TPt (13)	0,845	0,844	233,85	<,0001	16,94
Race locale	140	PV = -2076,61 + 135,43*TPt (14)	0,901	0,900	199,14	<,0001	14,64
Chinchilla	255	PV = -2170,46 + 115,51*TV (15)	0,836	0,835	267,10	<,0001	19,32
Géant de Bouscat	286	PV = 2745,23 + 508,30*LTe (16)	0,802	0,802	259,56	<,0001	16,83

n : Effectif de lapin, PV : Poids vif, HD : Hauteur du dos, LT : Longueur totale, TPt : Tour de poitrine, LTe : Longueur de la tête, TV : Tour de ventre, R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination, ETR : Ecart-type résiduel, Pr : Probabilité, CV : Coefficient de variation

La valeur de l'écart-type résiduel (ETR) varie de 140,38 à 259,56 g. La race blanc de Vienne représente l'écart type résiduel plus faible (ETR = 140,38 g) et la race géant de Bouscat représente la valeur de ETR plus élevé

(ETR = 259,56 g). La variable en première position pour la construction du modèle change d'une race à l'autre : la hauteur du dos pour la race angora (11,1 %), la longueur totale pour la race Alaska (11,1 %), tour de poitrine pour les quatre races blanc de Vienne, Californien, gris de Vienne et la race locale (44,4 %), longueur de la tête pour les deux races fauve de Bourgogne et géant de Bouscat (22,2 %) et tour de ventre pour la race chinchilla (11,1 %). La précision de prédiction est très satisfaisante pour la race angora ( $R^2 = 0,94$ ) et la race locale ( $R^2 = 0,90$ ). Elle est moyennement bonne pour les races blanc de Vienne et fauve de Bourgogne ( $R^2 = 0,89$ ) et légèrement moins bonne dans le cas de californien ( $R^2 = 0,85$ ), gris de Vienne ( $R^2 = 0,84$ ), chinchilla ( $R^2 = 0,83$ ), Alaska ( $R^2 = 0,82$ ) et géant de Bouscat ( $R^2 = 0,80$ ) (**Tableau 2**).

### 3-3 Détermination d'équation de prédiction de poids vif selon le sexe de lapin à partir des variables de mensuration

Des *Équations* ont été établies avec des valeurs de coefficient de détermination ( $R^2$ ) différentes. Les valeurs de coefficient de détermination obtenu pour chaque modèle varient de 0,81 à 0,99. Sur 20 modèles, 11 ont un  $R^2$  supérieur ou égale à 0,85 et 9 ont un  $R^2$  inférieur à 0,85 (**Tableau**). Angora mâle et blanc de Vienne mâle représente le  $R^2$  le plus élevé ( $R^2 = 0,99$ ). Géant de Bouscat mâle montre la valeur de  $R^2$  moins élevé ( $R^2 = 0,81$ ). La valeur de l'écart-type résiduel (ETR) varie de 18,34 à 276,64 g. Angora mâle représente, l'écart-type résiduel plus faible (ETR = 18,34) et Alaska mâle figure l'ETR le plus élevé (ETR = 273,64).

**Tableau 3** : Equation de prédiction de poids vif de lapin par sexe à partir des variables de mensuration

Race	N	Sexe	Equation	$R^2$	$R^2$ ajusté	ETR	Pr > F	CV
Angora	3	M	PV = -1201,77 + 46,39*TSP (17)	0,999	0,999	18,34	0,0124	1,67
	6	F	PV = -2256,80 + 78,72*TSP (18)	0,969	0,962	129,08	0,0003	11,67
Alaska	9	M	PV = -1181,28 + 75,44*LT (19)	0,801	0,773	276,64	0,0011	21,34
	16	F	PV = -2708,84 + 1007,06*LrTe (20)	0,903	0,896	191,57	<,0001	11,67
Blanc de Vienne	5	M	PV = -1197,97 + 75,16*LT (21)	0,996	0,995	22,28	<,0001	2,30
	10	F	PV = -402,0+49,04*LT (22)	0,830	0,808	206,07	0,0002	22,40
Californien	30	M	PV = -1552,22 + 56,77*TSP (23)	0,880	0,876	183,54	<,0001	12,93
	36	F	PV = -2436,33 + 148,20*TPt (24)	0,855	0,851	207,65	<,0001	13,02
Fauve de Bourgogne	10	M	PV = -3383,85 + 577,90*LTe (25)	0,908	0,895	200,90	<,0001	17,97
	25	F	PV = -3262,97 + 568,99*LTe (26)	0,866	0,859	216,79	<,0001	13,97
Gris de Vienne	52	M	PV = -2114,72 + 137,85*TPt (27)	0,821	0,817	237,48	<,0001	19,83
	88	F	PV = -2122,72 + 140,31*TPt (28)	0,847	0,845	232,29	<,0001	15,61
Race locale	50	M	PV = -2009,03 + 130,82*TPt (29)	0,898	0,896	188,67	<,0001	15,66
	90	F	PV = -2069,10 + 136,11*TPt (30)	0,902	0,901	201,82	<,0001	13,97
Chinchilla	97	M	PV = -2117,09+113,21*TV(31)	0,862	0,861	233,95	<,0001	18,30
	158	F	PV = -2153,98 + 140,21*TPt (32)	0,833	0,832	274,99	<,0001	19,01
Géant de Bouscat	100	M	PV = -2141,99 + 139,02*TPt (33)	0,811	0,809	238,51	<,0001	17,21
	186	F	PV = -2858,85 + 527,31*LTe (34)	0,830	0,830	246,96	<,0001	15,31
Population totale	358	M	PV = -1655,11 + 58,97*TSP (35)	0,840	0,839	236,51	<,0001	18,73
	613	F	PV = -2019,68 + 135,34*TPt (36)	0,835	0,835	257,30	<,0001	17,21

*n* : effectif de lapin, *M* : Mâle, *F* : Femelle, *TSP* : Tour spiral, *PV* : Poids vif, *HD* : Hauteur du dos, *LrTe* : Largeur de la tête, *LT* : Longueur totale, *TPt* : Tour de poitrine, *LTe* : Longueur de la tête, *TV* : Tour de ventre,  $R^2$  : Coefficient de détermination, *ETR* : Ecart-type résiduel, *Pr* : Probabilité, *CV* : Coefficient de variation

La précision de prédiction est très satisfaisante grâce à la valeur de  $R^2$  élevé pour angora mâle ( $R^2 = 0,99$ ) et femelle ( $R^2 = 0,96$ ), Alaska femelle ( $R^2 = 0,90$ ), blanc de Vienne mâle ( $R^2 = 0,99$ ), fauve de Bourgogne mâle ( $R^2 = 0,90$ ) et

race locale femelle ( $R^2 = 0,90$ ). Elle est moyennement bonne dans le cas de californien mâle ( $R^2 = 0,88$ ) et femelle ( $R^2 = 0,85$ ), fauve de Bourgogne femelle ( $R^2 = 0,86$ ), race locale mâle ( $R^2 = 0,89$ ) et chinchilla mâle ( $R^2 = 0,86$ ). Elle est moins bonne à cause de la valeur de  $R^2$  relativement faible pour Alaska mâle ( $R^2 = 0,80$ ), blanc de Vienne Femelle ( $R^2 = 0,83$ ), gris de Vienne mâle ( $R^2 = 0,82$ ), gris de Vienne femelle ( $R^2 = 0,84$ ), Chinchilla femelle ( $R^2 = 0,83$ ), géant de Bouscat mâle ( $R^2 = 0,81$ ) et femelle ( $R^2 = 0,83$ ) ainsi que la population totale mâle ( $R^2 = 0,84$ ) et femelle ( $R^2 = 0,83$ ). La variable qui montre la relation très étroite avec le poids vif varie suivant le sexe pour les quatre races (Alaska, californien, chinchilla, géant de Bouscat) et pour la population totale. Sur 20 modèles, 4 figurent le tour spiral, 3 représentent la longueur totale, 1 montre la largeur de la tête, 8 figurent le tour de poitrine, 3 figurent la longueur de la tête et 1 figure le tour du ventre. Les variables en première position pour la construction des modèles sont différentes d'un sexe à l'autre. Parmi les 20 variables de mensuration, six interviennent toujours en première position. Pour la construction des modèles chez les lapins femelles, la variable tour de poitrine occupe 50 % des premières positions contre 20 % pour la longueur de la tête et 10 % pour le tour spiral, longueur totale, largeur de la tête et tour du ventre. Tandis que chez les lapins mâles, le tour de poitrine et tour spiral représentent 60 % des premières positions (respectivement 30 % tour de poitrine et 30 % tour spiral) contre 20 % pour la longueur totale et 10 % pour la longueur de la tête et tour du ventre.

## 4. Discussion

### 4-1. Pour la population entière

Le tour poitrine, la longueur tête, le tour spiral, le tour ventre, la longueur totale et la largeur poitrine sont les mensurations utilisées en barymétrie en raison de leur corrélation très étroite avec le poids vif. Même si les variables introduites dans le modèle varient d'une race à l'autre, l'utilisation de tour de poitrine en première position occupe un pourcentage élevé pour l'étude de prédiction. Cette variable est donc considérée comme facteur qui apporte le plus de précision sur la prédiction de poids vif. Ce résultat est conforme à ceux rapportés par différents auteurs [8 - 11]. Au cours de la construction du modèle, l'utilisation d'une seule variable a représenté une valeur de coefficient de détermination ( $R^2$  ajusté = 0,83) encore loin de la référence égale à 1. Pour améliorer la qualité du modèle, il est nécessaire d'introduire une deuxième variable de mensuration. Ce qui confirme que l'information apportée par deux variables est plus riche que celle fournie par une seule [10]. L'incorporation de longueur tête et tour spiral dans le modèle améliore la valeur de coefficient de détermination et l'écart-type résiduel. Dans ce cas, la valeur de  $R^2$  ajusté a augmenté à 0,90. Cet indice statistique montre une valeur proche de 1 satisfaisante. Ce résultat implique qu'au moins 90 % de la variation du poids vif est expliqué par le modèle ( $R^2$  ajusté = 0,90).

L'ajout de tour du ventre sur *l'Équation* en tant que quatrième variable apporte un moindre perfectionnement de valeur de coefficient de détermination (de l'ordre de 0,008 points) et d'écart-type résiduel (0,57 % de poids vif moyen). On peut dire que l'effet de la quatrième variable est négligeable. En plus, la valeur de coefficient de régression devient de plus en plus faible à partir de quatrième variable. La faiblesse de la valeur indique l'instabilité de ses coefficients de régression, ce qui diminue la fiabilité du modèle [12]. Par conséquent, les autres variables outre que tour de poitrine, longueur de la tête et tour spiral peuvent être exclues dans le modèle de prédiction de poids vif. *L'Équation* à trois facteurs présente de résultat statistique satisfaisant et montre une égalité plus proche avec les données mesurées. La construction de modèle de prédiction s'arrête à trois facteurs. Ainsi, le modèle à 3 facteurs simule bien les données mesurées et peut être considérés comme modèle de prédiction de poids vif de lapin. La fiabilité de l'équation de prédiction dépend de la valeur de  $R^2$  et  $R^2$  ajusté. [13] ont trouvé au cours de ses études que le poids de

l'œuf de poule est prédictible dans une équation linéaire montrant une valeur de  $R^2$  égale à 0,82 qui est encore inférieur à ceux trouvés dans cette étude dans un modèle à trois facteurs ( $R^2 = 0,90$ ). La valeur de  $R^2$  ajusté est le principal critère de fiabilité de l'équation prédictive. Des valeurs de  $R^2$  ajusté supérieures à 0,79 dans des modèles significatifs ont été identifiées par [13] se rapportant à la prédiction des poids des œufs tandis qu'ils sont non significatifs pour des valeurs de  $R^2$  ajusté inférieures à 0,50. Par comparaison, ces valeurs sont largement dépassées par le résultat de  $R^2$  ajusté trouvé dans cette étude ( $R^2$  ajusté = 0,90). La fiabilité trouvée dans cette étude est également meilleure car la valeur de  $R^2$  ajusté appartient à la fourchette comprise entre 0,75 et 0,99 trouvée par [14] au Cameroun pour des modèles empiriques servant à prédire des normales agro climatiques. Le nombre de variables introduites dans un modèle est déterminé par la valeur de  $R^2$  ajusté la plus proche de 1.

Dans cette étude, sa valeur est augmentée progressivement suivant l'introduction des variables. À l'entrée de la quatrième variable (tour du ventre),  $R^2$  ajusté est saturé et elle devient invariable. Ce qui signifie que le nombre de variables nécessaires dans le modèle est suffisant. Il a été remarqué que les coefficients de régression de chaque variable introduit sont tous positifs et significatifs et différents de zéro ( $p < 0,0001$ ). Ces résultats indiquent que les variables introduites décrivent significativement le modèle d'équation et que le poids vif du lapin varie effectivement en fonction de l'accroissement de tour poitrine, longueur tête et tour spiral. L'application de ce modèle à trois facteurs (***l'Équation 4***) en milieu paysanne est difficile à cause de l'introduction de tour spiral. Cette dernière variable a besoin de deux opérateurs possédant de bonnes connaissances de la morphologie des animaux. Pour faciliter la pratique en milieu rural, il faut enlever la troisième variable (tour spiral) et rester dans le modèle à deux facteurs. Même si l'enlèvement de la troisième variable augmente l'erreur d'estimation, la valeur de  $R^2$  et  $R^2$  ajusté reste encore satisfaisante ( $R^2 = 0,89$ ). C'est-à-dire que le modèle à deux facteurs (tour poitrine et longueur tête) explique au moins 89 % de variation de poids vif estimé. Donc, ***l'Équation (3)*** à deux facteurs de ***Formule*** « $PV = -2616,74 + 72,55 * TPt + 266,49 * LTe$ » a été retenue comme modèle d' ***Équation*** baryométrique pour la population entière de lapins d'Amoron'i Mania à Madagascar.

#### 4-2. Selon la race

Le coefficient de régression est plus élevé pour la variable longueur tête de la race fauve de Bourgogne et géant de Bouscat que la hauteur du dos de la race Angora, le tour poitrine, le tour ventre et la longueur totale (***Tableau 1***). Ce qui signifie que la valeur de longueur tête est plus élevée chez les races géant de Bouscat et fauve de Bourgogne que les autres races (californien, race locale, blanc de Vienne, gris de Vienne, chinchilla, Alaska et Angora). C'est-à-dire que pour une même augmentation de mensuration (longueur tête), l'accroissement de poids est excellent chez les deux races (géant de Bouscat et fauve de Bourgogne), ce qui peut s'expliquer par une meilleure croissance en muscle et os. Ce résultat montre la différence des caractéristiques morphologiques de chaque race. Par conséquent, chaque race possède son propre modèle baryométrique approprié. Ce résultat confirme ceux de [15] qui ont trouvé l'effet du type génétique pour distinguer le modèle. Les valeurs de  $R^2$  ajusté pour les neuf modèles créés à partir des mensurations par races varient de 0,80 à 0,94. Ce qui veut dire que tous les modèles construits suivant les races sont fiables car la variation de poids vif est expliquée au moins à 80 %. Le meilleur modèle est rencontré chez la race Angora qui possède une préférable précision par la valeur de  $R^2$  ajusté le plus élevé égale à 0,94. Cette bonne précision de la race Angora peut être due à un faible effectif représenté au cours de l'étude. La régression polynomiale du poids sur le tour de poitrine est très conseillée pour avoir l'équation prédictive la plus précise selon [6]. Mais ce modèle est difficile à pratiquer par les paysans en milieu rural. Pour simplifier ***l'Équation***, cette étude choisit la régression linéaire simple. En plus, l'équation d'une série de droite de régression convient de préférence pour les animaux adultes [16]. Dans cette étude, il y a un mélange d'individu avec dominance de lapin adulte approprié avec une série de droite de régression.

### 4-3. Selon le sexe

La valeur de  $R^2$  ajusté au cours de cette étude varie de 0,77 à 0,99. Ce qui signifie que le poids vif est expliqué au moins à 77 % pour les 20 modèles construits. Le meilleur modèle est rencontré chez le mâle angora ( $R^2$  ajusté = 0,99). En général, les coefficients de régression sont plus élevés dans le sexe femelle que dans le sexe mâle sauf pour les races fauve de Bourgogne et blanc de Vienne. Ce qui indique que la valeur de mensuration (tour poitrine, hauteur dos, tour ventre, tour spiral) des femelles est plus élevée que les mâles. C'est-à-dire que pour une même augmentation de ces variables de mensuration, l'accroissement de poids est supérieur chez la femelle, ce qui peut s'expliquer par un meilleur développement des masses musculaires et du squelette. Ce résultat confirme à ceux de [17] sur les caractères communs des vertébrés supérieurs dont les femelles ont une croissance rapide expliquée par une différence de poids à l'âge adulte. Ce résultat confirme encore la présence de dimorphisme sexuel à la faveur de la femelle. Ce résultat diffère ceux [18] se rapportant que le coefficient de régression est plus élevé chez les mâles que les femelles de bovin de race Ndama à l'âge adulte à Congo Brazzaville. La race fauve de Bourgogne a bien montré que la tête des mâles est plus élevée que celle des femelles. Ce qui indique également l'existence d'un point de caractérisation entre les mâles et femelles en faveur de mâle pour la grandeur de la tête. Ce résultat est cohérent avec ceux de [19, 20] sur la présence de dimorphisme sexuel entre lapin mâle et femelle. Ces auteurs ont trouvé que les mâles adultes ont des chanfreins plus larges et par voie de conséquence, des têtes plus larges que les femelles adultes. Cette petite différence entre les deux sexes influence sur la position des variables de mensuration pendant la construction du modèle de prédiction.

### 5. Conclusion

L'application de la barymétrie pour le contrôle de performance montre que six mensurations (tour poitrine, longueur tête, tour spiral, tour ventre, longueur totale et largeur tête) permettent d'établir une bonne estimation du poids des lapins. Tous les modèles expliquent au moins 80 % de la variation du poids de lapin. Pour la population entière, l'introduction progressive des variables permet d'établir une équation barymétrique à deux facteurs. L'entrée des variables tour poitrine et longueur tête dans le modèle explique 89 % de la variance du poids des lapins. Ce modèle à deux facteurs est simple à exécuter avec de résultats immédiats et significatifs pour les techniciens et les paysans. Donc, *l'Équation (3)* à deux facteurs « $PV = -2616,74 + 72,55 * TPt + 266,49 * LTe$ » a été fixée comme modèle d'équation barymétrique pour la population entière de lapins d'Amoron'i Mania. Le type génétique a un effet sur la morphologie de lapin. Cette différence de morphologie par race est remarquée dans cette étude. Cette variation morphologique permet de créer un modèle d'équation barymétrique adapté à chaque race. Ce résultat a confirmé la première hypothèse stipulant que « les mensurations de lapin permettent de déterminer une *Équation* barymétrique par race ». Le sexe influence sur la vitesse de croissance des animaux et entraîne un léger dimorphisme sexuel entre le mâle et la femelle. Ce dimorphisme agit sur la position des variables de mensuration au cours de la conception de modèle et différencie en conséquence *l'Équation* adéquate par sexe. Ce résultat permet de dire que la deuxième hypothèse exprimant que « Les mensurations de lapin permettent de déterminer une équation barymétrique par sexe » est vérifiée. La détermination de poids vif à l'aide de la barymétrie est obtenue. Il est intéressant aussi de poursuivre cette étude sur la détermination de rendement en carcasse de lapin par la barymétrie.

## Références

- [1] - GEOFFROY, L'élevage à Madagascar, Paris, (1931) 54 p.
- [2] - N. J. RANDRIAMANDRATONIRINA, H. D. RAZAIVAOVOLOLOINAINA, M. V.FALINIRINA, V. RAZAFINTSALAMA, J. N. RAKOTOZANDRINY, The Increasing of Peasants' Income Farmers in Amoron'i Mania Region by Ameliorating the Production System of Rabbit. *Universal Journal of Agricultural Research*, 3 (2015) 155 - 164.
- [3] - J. DELAGE, J. POLY, B. VISSAC, Etude de l'efficacité relative des diverses formules de barymétrie applicables aux bovins. *Annales de zootechnie*, 4 (3) (1955) 219 - 231.
- [4] - A. BULDGEN, R. COMPERE, A. RIBOUX, Recherché d'une formule baryométrique adaptée aux bovins de type Djakoré des élevages villageois du Sénégal Oriental. *Tropicultura*, 2,3 (1984) 86 - 90.
- [5] - R. D. RABENANAHARY, P. RABEMANDRESY, Monographie 2010 de la Région Amoron'i Mania. Direction Régionale du Développement Rural Amoron'i Manie, Madagascar, (2011) 4 - 5.
- [6] - K. DODO, V. S. PANDEY, M. S. ILLIASSOU, Utilisation de la barymétrie pour l'estimation du poids chez le zébuAzawak au Niger. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop*, 54 (2001) 63 - 68.
- [7] - P. DAGNELIE, Théories et méthodes statistiques, tome II. Les presses agronomiques de Gembloux, (1970) 451p.
- [8] - J. P. POIVEY, E. LANDAIS, J. L. SEITZ, Utilisation de la barymétrie chez les races taurines locales de Côte d'Ivoire. *Revue Elev.Méd. vét. Pays trop*, 33 (1980) 311 - 317.
- [9] - A. FALL, M. DIOP, J. SANDFORD, Y. J.WASSOCQ, J. DURKIN, J. C. M. TRAIL, Evaluation des productivités des ovins Djallonké et des taurins N'Dama au Centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal, AddisAbeba, Ethiopie, Cipea, Rapport de recherche, N°3, (1982) 74 p.
- [10] - E. LANDAIS, Analyse des systèmes d'élevage bovin sédentaire du nord de la Côte d'Ivoire. Tom II, Données zootechniques et conclusions générales. Maisons-Alfort, France, Gerdar-lemvt, (1983) 411 - 431.
- [11] - B. DINEUR, E. THYS, Les Kapsiki : race taurine de l'extrême-Nord camerounaise. I. Introduction et barymétrie. *Revue Elv, Méd. Vét. Pays trop*, 39 (1986) 435 - 442.
- [12] - H. I. HANTANIRINA, Modélisation statistique des morceaux à la découpe de poulets de chair à Madagascar cas de la Race Locale et de la souche Starbo. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo, Madagascar, (2010) 115 - 136.
- [13] - S. ALKAN, K. KARABAG, A. GALIC, M. SONER BALCIOGLU, Predicting yolk height, yolk width, albumen length, eggshell weight, egg shape index, eggshell thickness, egg surface area of Japanese quails using various eggs traits as regressors. *Int. J. poult. Sci.*, 7 (1) (2008) 85 - 88.
- [14] - M. OMOKO, Prédiction de quelques normales agro climatiques à l'aide de modèles empiriques. *Tropicultura*, 24 (1) (2006) 19 - 24.
- [15] - J. J. DELATE, R. BABU, Détermination d'équations baryométriques sur des porcs rustiques en milieu tropical. *Journées rech. Porcine en France*, 22 (1990) 35 - 42.
- [16] - I. JOHANSSON, S. E. HILDEMAN, The relationship between certain body measurements and live and slaughter in cattle. *Animal Breeding Abstracts*, vol. 22, N°1, (1954) 1 - 17.
- [17] - M. HOULE, S. D. COTE, Croissance, dimorphisme sexuel et variabilité morphométrique du crâne entre différentes populations de lynx du Canada (*Lynx canadensis*) au Québec. Université Laval, Département de biologie, pour le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, (2005) 24 p.
- [18] - F. AKOANGO, C. NGOKAKA, P. MOMPOUNZA, K. EMMANUEL, Barymetriesformulas and control of growth of breed cattle at Dienes Breeding Farm in Congo Brazzaville. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (5) (2010) 475 - 480.
- [19] - J. OUHAYOUN, La croissance et le développement du lapin de chair. *CuniSci*, 1 (1) (1984) 1 - 15.
- [20] - F. LEBAS, La biologie du lapin. <http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>, (2002) (dernier accès le 24/03/2016).