الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة الحراش – الجزائر

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE EL-HARRACH - ALGER

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de magister en Sciences Agrovétérinaires

Ecole doctorale : Production, hygiène et santé animale

Option : Amélioration génétique et Reproduction des Animaux (AGRA)

Analyse rétrospective et cinétique du progrès génétique des performances de croissance de la souche synthétique cunicole ITELV2006

Par M^lle IKHLEF Lynda

Devant le jury composé de:

M^r BENYOUCEF M. T.	**Professeur E.N.S.A-Alger**	**Président**
M^r KAIDI R.	**Professeur U.S.D.B-Blida**	**Promoteur**
M^me MEFTI KORTEBY H.	**Maître de Conférences U.S.D.B-Blida**	**Co-promotrice**
M^r KHELEF D.	**Professeur E.N.S.V-Alger**	**Examinateur**
M^r LAFRI M.	**Professeur U.S.D.B-Blida**	**Examinateur**

Année universitaire : 2013/2014

Remerciements

Je tiens à remercier M^r KAIDI R., Professeur à l'Université SAAD DAHLEB de Blida pour son encadrement ainsi que pour les précieux conseils qu'il m'a prodigué. Qu'il soit assuré de ma sincère reconnaissance.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance à M^me MEFTI KORTEBY H., Maître de Conférences à l'Université SAAD DAHLEB de Blida, pour les précieux conseils qu'elle m'a prodigué, pour sa patience et ses encouragements.

Mes vifs remerciements vont également à :

- M^r BENYOUCHEF M. T., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury.

- M^r KHELEF D., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach, pour avoir accepté de juger ce travail.

- M^r LAFRI M., Professeur à l'Université SAAD DAHLEB de Blida, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Un grand merci à toute l'équipe du département des Petits Elevages de l'Institut Technique des Elevage de Baba Ali, et plus particulièrement à M^r DIS S. pour son aide précieuse et pour le temps qu'il m'a consacré.

Résumé

Dans le but de développer, d'améliorer et d'intensifier la production cunicole, l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba Ali en collaboration avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Toulouse a mis en place, en 2003, un programme qui consiste en la création d'une souche synthétique. Il s'agit d'un croisement entre deux races : la population locale et la souche INRA2666, issue du croisement de la souche INRA2066 et de la souche *Verde* dite V d'Espagne. Ce travail, réalisé sur la 6ème génération de la souche synthétique ITELV2006, étudie les performances zootechniques et génétiques de cette souche afin de pouvoir évaluer son progrès génétique.

Les performances zootechniques enregistrées sont des moyennes de poids vifs à la naissance, au sevrage et à l'abattage respectivement de 51,97, 574,92 et 1711,29g, un gain moyen quotidien de 12,45g/j en pré sevrage et de 26,91g/j en post sevrage et un taux de mortalité en période d'engraissement de 18,13%.

Le croisement a permis d'améliorer efficacement le gain moyen quotidien et de réduire l'âge d'abattage de deux semaines.

En outre, l'étude des corrélations a permis de démontrer qu'effectuer une sélection précoce sur le poids et le gain moyen quotidien est efficace mais également qu'une sélection directe sur le gain moyen quotidien peut améliorer le poids par effet indirect ou corrélatif.

L'estimation des index ou valeurs génétiques additives des géniteurs sélectionnés en 6ème génération a révélé des index de 3 pour le poids vif et de 2,5 pour le gain moyen quotidien. Ainsi, le choix de tels géniteurs permettra d'améliorer sensiblement les performances de croissance de la 7ème génération.

Enfin, la cinétique du progrès génétique indique une fluctuation du progrès génétique d'une génération à l'autre. Ceci prouve que la souche synthétique ITELV2006 a profité de l'effet de complémentarité sans avoir subi une sélection sur les critères de croissance.

Mots clés : Souche synthétique, croisement, indexation, progrès génétique, croissance.

Abstract

In order to develop, improve and intensify rabbit production, the Technical Institute for Breeding (ITELV) Baba Ali in collaboration with the National Institute of Agronomic Research (INRA) in Toulouse implemented, in 2003, a program that involves the creation of a synthetic strain. It is a cross between two races; the local population and the strain INRA2666; from the cross of INRA2066 strain and strain called *Verde* V of Spain. This work performed on the sixth generation of the synthetic strain ITELV2006, studying animal husbandry and genetic performance of this strain, in order to assess its genetic progress.

Animal performances recorded are: average live weight at birth, weaning and slaughter, respectively 51,97, 574.92, 1711,29g, the average daily gain of 12,45g /d in pre weaning and 26,91g /d post weaning, a mortality rate in fattening period of 18.13%.

The crossing has been effective in improving average daily gain and reduces the slaughter age of two weeks.

Furthermore, correlations demonstrated that performing early selection on weight and average daily gain is effective, but also a live selection on average daily gain may improve weight indirect or consequential effect.

The estimated index or additive genetic values of selected 6th generation parents revealed index 3 for live weight and 2,5 for average daily gain.

Thus, the choice of such parents will significantly improve the growth performance of the 7th generation.

Finally, the kinetics of genetic progress indicates a change in the genetic progress from one generation to another. This proves that the synthetic strain ITELV2006 took the complementary effect without having been selected on the criteria of growth.

Keywords: Synthetic strain, crossover, indexing, genetic progress, growth.

ملخص

من أجل تطوير و تحسين و تكثيف إنتاج الأرانب، المعهد التقني لتربية الحيوانات (م ت ت ح) لبابا علي بالتعاون مع المعهد الوطني للبحث الزراعي (م و ب ز) لتولوز، نفذ في 2003 برنامج إنشاء سلالة اصطناعية.

هو تصالب وراثي بين سلالتين، سلالة الأرانب المحلية و السلالة م و ب ز 2666 و التي بدورها نتجت من التصالب الوراثي بين السلالة م و ب ز 2066 و سلالة فارد الاسبانية.

هذا العمل المنجز على الجيل السادس من السلالة الاصطناعية م ت ت ح 2006، يدرس خصائص النمو م الأداء الجيني لهذه السلالة من أجل تقييم التقدم الوراثي.

الكفاءات المسجلة هي: معدل الوزن عند الولادة، الفطام و الذبح على التوالي 51,97 ،574,92 ، 1711,29 غرام، معدل الربح اليومي للوزن 12,45 غرام/اليوم في مرحلة ما قبل الفطام و 269,91 غرام/اليوم في مرحلة ما بعد الفطام، معدل الوفيات في فترة التسمين 18,13%.

سمح التصالب الوراثي بتحسين فعالية معدل الربح اليومي للوزن، كما سمح بتقليص مدة الذبح بأسبوعين.

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت دراسة الارتباطات فعالية الاختيار المبكر على الوزن و على معدل الربح اليومي و أيضا أن الاختيار المباشر على خاصية الربح بتحسين الوزن بطريقة غير مباشرة.

كشف تقدير العدد الوراثي المضاف للأفراد المكونة المختارة للجيل السادس، مؤثر 3 للوزن و 2,5 لمعدل الربح اليومي، و بالتالي فإن إختيار هذه الأسلاف تسمح بتحسين خصائص النمو للجيل السابع.

أخيرا، حركية التقدم الوراثي يشير على تغيير في التقدم الوراثي من جيل إلى آخر، هذا يدل على إيجابية التصالب الوراثي للسلالة الاصطناعية م ت ت ح2006 بدون أن يتم إختيار على معايير النمو.

مفتاح الكلمات: سلالة إصطناعية، التصالب، العدد الوراثي المضاف، التقدم الوراثي، النمو.

Liste de figures

Figure 1 : Schéma général du clapier de l'ITELV 35
Figure 2 : Schéma du protocole expérimental 36
Figure 3 : Distribution des poids au sevrage 41
Figure 4 : Distribution des poids à l'abattage 42
Figure 5 : Distribution du GMQ Naissance - Sevrage 43
Figure 6 : Distribution du GMQ Sevrage - Abattage 44
Figure 7 : Histogramme des index de poids vif au sevrage 48
Figure 8 : Histogramme des index de poids vif à l'abattage 49
Figure 9 : Histogramme des index des GMQ 50
Figure 10 : Evolution du progrès génétique liés au poids des $4^{ème}$, $5^{ème}$ et $6^{ème}$ générations de la souche synthétique ITELV2006 52

Liste des tableaux

Tableau 1 : Recommandations alimentaires pour les lapins en croissance 6

Tableau 2 : Dégradation des performances de lapins en croissance (4 à 11 semaines) lors de l'abaissement du taux de protéines ou de certains acides aminés essentiels en dessous des valeurs recommandées 8

Tableau 3 : Performances de croissance obtenues par différents auteurs en bâtiment clôt 12

Tableau 4 : Consommation (g/lapin par période) de lait et d'aliment pour un lapereau âgé de 15 à 32 jours (sevrage) 13

Tableau 5 : Croissance post-sevrage (g) et GMQ (g/J) de lapins de population locale abattus à 12 semaines d'âge 15

Tableau 6 : Effet des différentes températures sur les performances du lapin en croissance 16

Tableau 7 : Normes d'ambiance recommandées pour le lapin 18

Tableau 8 : Effet de la saison sur la taille et le poids (g) des portées de la naissance à 70 jours d'âge 19

Tableau 9 : Gain moyen quotidien des souches et populations de lapins locales nourris avec des aliments expérimentaux et/ou avec un aliment commercial 21

Tableau 10 : Valeurs du coefficient d'héritabilité et ses conséquences 25

Tableau 11 : Héritabilités des caractères de croissance sevrage et post sevrage 26

Tableau 12 : Effectifs des $4^{ème}$, $5^{ème}$ et $6^{ème}$ générations de la souche synthétique ITELV2006 33

Tableau 13 : Composition centésimale de l'aliment utilisé au cours de l'expérimentation 35

Tableau 14 : Poids moyens individuels et par portée des $4^{ème}$, $5^{ème}$ et $6^{ème}$ générations de la souche synthétique ITELV2006 41

Tableau 15 : Valeurs des GMQ des $4^{ème}$, $5^{ème}$ et $6^{ème}$ générations de la souche synthétique ITELV2006 au cours de la croissance 43

Tableau 16 : Taux de mortalité des $4^{ème}$, $5^{ème}$ et $6^{ème}$ générations de la souche synthétique ITELV2006 de la naissance à l'abattage 45

Tableau 17 : Valeurs des corrélations entre les critères de croissance 45

Tableau 18 : Valeurs génétiques additives des critères de croissance 47

Tableau 19 : Progrès génétique des performances de croissance de la souche synthétique ITELV 2006 51

Liste des abréviations

ITELV : Institut Technique des Elevages

ITAVI : Institut Technique de l'Aviculture de France

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique de France

FAO : Feeding and Agriculture Organization

PV : Poids Vif

GMQ : Gain Moyen Quotidien

CMQ : Consommation Moyenne Quotidienne

IC : Indice de Consommation

g/j : gramme par jour

m^2 : mètre carré

Kg : Kilogramme

CUD : Coefficient d'Utilisation Digestive

H^2 **:** Héritabilité

VG : Variabilité Génétique

VPH : Variabilité Phénotypique

r : Corrélation

ΔG : Progrès Génétique

PG/gn : Progrès Génétique par génération

Gn + 1 : Génération des descendants

Gn : Génération Parentale

G : Génération

H% : Effet Hétérosis

CMV : Complément Minéral Vitaminé

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TABLE DES MATIERES

Introduction

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : PRODUCTION CUNICOLE

1. Atouts de l'élevage cunicole 1
2. Populations locales et souche 2
   2.1. Populations locales 2
   2.2. Notion de souche 3
3. Développement de la cuniculture en Algérie 3

CHAPITRE II : BESOINS NUTRITIONNELS ET EXPRESSION PHENOTYPIQUE DES CARACTERES DE CROISSANCE

1. Besoins nutritionnels du lapin en croissance 5
   1.1. Besoins en eau 5
   1.2. Besoins en énergie 7
   1.3. Besoins en matières azotées 7
   1.4. Besoins en cellulose brute 8
   1.5. Besoins en matières grasses 9
   1.6. Autres besoins du lapin 9
2. Performances de croissance 10
   2.1. Consommation alimentaire moyenne quotidienne 10
   2.2. Indice de consommation 10
   2.3. Gain moyen quotidien 11
   2.4. Poids vif 11
   2.5. Mortalité 11
3. Croissance chez le lapin et facteurs de variation 12
   3.1. Croissance chez le lapin 12
      3.1.1. Croissance de la naissance au sevrage 13
      3.1.2. Sevrage 14
      3.1.3. Croissance post-sevrage ou engraissement 14
   3.2. Facteurs de variation des performances de croissance 16
      3.2.1. Influence des paramètres d'ambiance sur la croissance du lapin 16

3.2.2. Autres facteurs affectant la croissance chez le lapin 18

CHAPITRE III : AMELIORATION DES PARAMETRES GENETIQUES

1. Hérédité des caractères quantitatifs 23
1.1. Déterminisme génétique des caractères quantitatifs 23
1.2. Paramètres génétiques d'une population 24
1.2.1. Héritabilité des caractères de croissance 24
1.2.2. Corrélation génétique 27
2. Méthodes d'amélioration génétique 28
2.1. Amélioration des performances par sélection 28
2.1.1. Objectifs de la sélection en croissance 29
2.1.2. Réponse à la sélection en croissance 29
2.2. Progrès génétique et Indexation 29
2.2.1. Progrès génétique 29
2.2.2. Indexation 30
2.3. Amélioration des performances par croisement 31
2.3.1. Complémentarité 31
2.3.2. Effet hétérosis 31

PARTIE EXPERIMENTALE

I. MATERIEL ET METHODES 32
1. Matériels 32
1.1. Matériel biologique 32
1.2. Bâtiment d'élevage 33
1.3. Aliment 35
2. Méthodes 36
2.1. Protocole expérimental 36
2.2. Conduite d'élevage 37
2.3. Méthodes de calcul 37
2.3.1. Paramètres de croissance 37
2.3.2. Paramètres génétiques 37
2.4. Analyses statistiques 39

II. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Performances de croissance 40
1.1. Evolution du poids vif 40
1.2. Evolution du gain moyen quotidien 42
1.3. Taux de mortalité 44
2. Paramètres génétiques 45
2.1. Etude des corrélations sur les performances de croissance 45
2.1.1. Corrélation entre le poids au sevrage et le poids à l'abattage 45
2.1.2. Corrélation entre le poids au sevrage et le gain moyen quotidien 46
2.1.3. Corrélation entre le poids à l'abattage et le gain moyen quotidien 46
2.2. Estimation de la valeur génétique additive 46
2.2.1. Interprétation de l'indextion 46
2.2.2. Index des critères de croissance 47
2.3. Cinétique du progrès génétique 51

DISCUSSION GENERALE 53

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INTRODUCTION

La pratique de la cuniculture en Algérie est ancienne. Toutefois, la forte majorité des élevages de lapins qui existent en Algérie est de type extensif et les animaux utilisés sont d'origine locale ou issue de croisements hétéroclites. Ces élevages constituent une source protéique et assurent parfois un revenu non négligeable pour le ménage. Néanmoins, la part de cet élevage dans la production animale en Algérie est très faible. En effet, LEBAS et COLIN (2000) estiment qu'en Algérie la production de viande de lapin n'est que de 27000 tonnes soit une consommation par habitant et par an d'environ 0,27 Kg. De ce fait, la cuniculture reste encore une spéculation très marginalisée malgré les avantages qu'elle présente. Il est connu en effet que :

- la lapine est très prolifique, avec des durées de gestation et de lactation courtes; la production peut atteindre 61 kg de viande par lapine et par an (KOEHL, 1994),
- la vitesse de croissance du lapin est rapide,
- la viande de lapin est très nourrissante; celle ci présente une faible teneur en matières grasses et en cholestérol mais elle est par contre riche en protéines et en certaines vitamines et sels minéraux,
- les lapins sont des herbivores qui ne concurrencent pas l'homme dans l'alimentation et s'adaptent facilement aux conditions locales.

Dans les années 80, l'Etat a tenté de développer l'élevage cunicole intensif tel que pratiqué dans les pays à élevage performant avec des souches sélectionnées. La promotion de cet élevage a bénéficié de l'apport de nouveaux moyens de production tels que l'utilisation de lapins sélectionnés (Néo-Zélandais et Californiens), d'aliment granulé, de cages grillagées et de bâtiments à ambiance contrôlée. Malheureusement, cette tentative s'est traduite par un échec dû à plusieurs raisons, entre autres l'inadaptation des races importées aux conditions d'élevage locales. En outre, la difficulté de s'approvisionner en reproducteurs dû à la méconnaissance et à la non maîtrise de la reproduction constitue une importante contrainte à l'essor de cet élevage. Cette situation s'est traduite par une faible rentabilité économique due en particulier à un taux de mortalité élevé et à des performances de croissance médiocres. L'impact de ces deux phénomènes est beaucoup plus important au cours des 4 premières semaines (naissance sevrage) de la vie d'un lapereau où la mortalité peut atteindre les 60% (BELHADI et *al.,* 2002).

Depuis quelques années, l'élevage du lapin en Algérie connait un nouvel essor. Des programmes de développement, d'amélioration et d'intensification de la production cunicole ont été mis en place. En effet, en 2003, l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba Ali en collaboration avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Toulouse a mis en place un programme qui consiste en la création d'une souche synthétique. Il s'agit d'un croisement entre deux races : la population locale (femelles), connue pour sa faible sensibilité à la chaleur mais trop légère et peu productive, et la souche INRA2666 (semence mâle), plus lourde et plus productive, issue du croisement de la souche INRA2066 et de la souche *Verde* dite V d'Espagne (GACEM et BOLET, 2005). C'est ainsi qu'après trois générations d'homogénéisation, la souche synthétique ITELV2006 est née.

Ce schéma permet d'exploiter la complémentarité entre les populations d'origine, tout en conservant la moitié de l'hétérosis (BIDANEL, 1992). Ce modèle de sélection propose un programme d'amélioration génétique destiné à produire des animaux adaptés au contexte algérien. Avant de diffuser cette souche auprès des éleveurs, plusieurs travaux (GACEM et BOLET, 2005 ; GACEM et *al*., 2008 ; GACEM et *al.*, 2009) ont permis de comparer ses performances à celles de la population locale.

Ce travail, qui s'inscrit dans la continuité des ces essais et qui porte sur la 6ème génération de la souche synthétique ITELV2006, a pour objectifs essentiels d'évaluer les performances zootechniques en période de croissance en vue d'indexer les futurs géniteurs de la 6ème génération, de connaitre le dynamisme des caractères à travers l'étude des corrélations et de quantifier le progrès génétique par génération et par unité de temps.

Des éléments bibliographiques seront tout d'abord apportés dans une première partie pour faire le point sur la production cunicole, les besoins nutritionnels et l'expression phénotypique des caractères de croissance et l'amélioration des paramètres génétiques. Puis, dans une deuxième partie, nous aborderons le volet matériels et méthodes dans lequel nous présenterons notre expérimentation. La discussion des résultats obtenus nous permettra de mettre en évidence l'analyse rétrospective et la cinétique du progrès génétique de la souche synthétique ITELV2006. Puis, nous achèverons notre travail par une discussion générale. Enfin, dans la conclusion générale, nous présenterons les points essentiels du travail et nous proposerons quelques perspectives pour les travaux ultérieurs.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I
PRODUCTION CUNICOLE

1. Atouts de l'élevage cunicole

Connu pour sa prolificité et sa rapide vitesse de croissance, le lapin est considéré comme un bon producteur de viande. Théoriquement, une lapine conduite en mode de reproduction intensif peut mettre bas 10 à 11 fois par an ce qui représente, pour des portées de 10 à 12 lapereaux, de 100 à 130 lapereaux par femelle et par an (ROSSILET, 2004).
LEBAS et *al.* (1996) rapportent qu'en mode semi intensif, la lapine produit jusqu'à 40-50 petits par an, contre 0,8 pour les bovins et 1,4 pour les ovins. Ceci représente environ 60 à 65 Kg/lapine/an (KOEHL, 1994).

La période d'engraissement des lapereaux est courte (1 à 2 mois suivant le degré d'intensification pratiqué). Le lapin est un animal monogastrique herbivore qui valorise au mieux les fourrages et les sous produits de l'agriculture et de l'industrie, contrairement aux volailles qui concurrencent l'homme en consommant des céréales (LEBAS, 2012).

Au plan de l'efficacité de la transformation protéique, il se classe derrière le poulet, et fixe sous forme de viande de bonne qualité 20% des protéines alimentaires qu'il absorbe (LEBAS et *al*., 1996). Du point de vue qualité diététique, la composition de la viande de lapin (surtout en matières grasses et en protéines) le place loin devant les viandes de bœuf, de mouton, de poulet et de dinde. Elle présente un ratio protéine/énergie intéressant dans un contexte de limitation des apports caloriques (COMBES, 2004).
La production d'une viande d'une telle qualité nutritionnelle, diététique et organoleptique demande un investissement et des frais de main-d'œuvre très peu élevés comparés aux autres productions carnées (BOUGUERRA, 2011).

Tous ces atouts font du lapin une espèce d'un grand intérêt économique. Il représente une opportunité pour le développement des petits élevages en particulier dans le cas des pays en voie de développement où les protéines animales sont difficiles à produire.

2. Populations locales et souches de lapins

2.1. Populations locales

DE ROCHAMBEAU (1990) définit une population locale comme étant une population géographique.

En Algérie, une tentative d'introduction et d'intensification de l'élevage du lapin (entre 1985 et 1988) a échoué en raison de nombreux facteurs dont la méconnaissance de l'animal, l'absence d'un aliment industriel adapté, l'absence d'un programme prophylactique…Après cet échec, la stratégie de développement de cette espèce s'est basée sur la valorisation du lapin de population locale. Les travaux réalisés ont eu pour objectifs la caractérisation zootechnique des performances de croissance et de reproduction, la formulation alimentaire à base de matières premières locales, la caractérisation génétique et l'amélioration génétique des caractères par sélection et croisement génétique. C'est ainsi que depuis 1990, l'Institut Technique des Elevages (ITELV) et certaines universités, notamment celle de Tizi Ouzou ont mis en place des programmes de caractérisation de ces populations et de contrôle de leurs performances zootechniques (GACEM et LEBAS, 2000 ; BELHADI, 2004 ; BERCHICHE et *al.*, 2000 ; ZERROUKI et *al*., 2005a et 2005b). Ces travaux ont mis en évidence les défauts de cette population, à savoir sa prolificité et son poids adulte trop faibles pour être utilisable telle quelle dans des élevages producteurs de viande, mais aussi ses qualités, à savoir une bonne adaptation aux conditions climatiques locales. Ceci a été démontré par l'absence d'effet de la saison pendant 5 générations sur la plupart des performances de reproduction, dans un contexte d'élevage en cages grillagées et en rythme semi-intensif (ZERROUKI et *al.*, 2005a).

D'autres travaux ont été également entrepris sur trois autres types de populations :

- La population dénommée « Kabyle » qui présente une diversité du point de vue couleur de la robe. La population actuelle résulte d'un croisement anarchique avec les souches importées Hyla et Hyplus entre 1985 et 1988 (LOUNAOUCI, 2001 ; BERCHICHE et KADI, 2002 ; FERRAH et *al.*, 2003 ; ZERROUKI et *al.*, 2005).

- Des groupes d'animaux localisés dans la région Sud Est (NEZZAR, 2006) et Ouest de l'Algérie (KHEDIM, 2013).

- La population dite « Blanche » qui est issue d'hybrides commerciaux importés de France au cours des années 1980. En l'absence d'un renouvellement à partir des lignées parentales, le remplacement des reproducteurs a été effectué sur place en les choisissant parmi les sujets les plus performants (KHEDIM, 2013).

2.2. Notion de souche

Une souche est une population d'effectif limité, fermé ou presque fermé, sélectionnée pour un objectif plus précis qu'un standard. On peut obtenir une souche à partir d'une ou de plusieurs populations et/ou races. Ces souches sont souvent génétiquement plus homogènes que les races (DE ROCHAMBEAU, 1990).

Selon JUSSIAU et *al.* (2006), la création d'une souche synthétique fait d'abord appel au croisement de métissage entre deux ou plusieurs races (ou lignées), présentant des caractéristiques complémentaires ; prolificité et qualités maternelles d'un côté et aptitudes bouchères de l'autre. Après deux ou trois générations sans sélection, la lignée est « fermée » en faveur d'objectifs spécifiques.

3. Développement de la cuniculture en Algérie

Selon BERCHICHE et *al.* (2012), la cuniculture peut représenter pour l'Algérie une source de protéines non négligeable compte tenu de l'important déficit en ce nutriment. En effet, la disponibilité en viande par habitant et par an est estimée à 18,3 Kg. Elle est inférieure à celle des pays voisins et des pays européens (24,5 Kg en Tunisie et 118,5 Kg en Espagne) (FAO, 2004)

La production de viande de lapin en Algérie est évaluée à 23 000 tonnes selon des estimations de terrain (GHEZAL-TRIKI et COLIN, 2000). Elle se classe en première position devant le Maroc (20 000 tonnes/an) et la Tunisie avec 40 000 tonnes.

Cette production provient essentiellement des élevages traditionnels composés de lapins de population locale, mais aussi dans une faible proportion des élevages dits « modernes » composés de souches sélectionnées.

Toutefois, toutes les initiatives pour développer l'élevage cunicole ne se sont concrétisées que partiellement sur le terrain. Cette situation est une des conséquences de la nature de la démarche choisie pour développer ces productions animales. Les différents programmes n'ont pas toujours été exécutés par des professionnels et n'associaient pas le secteur de la recherche (ZERROUKI et DAOUDI, 2006).

Cependant, en 2003, l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba Ali a définit un programme permettant d'améliorer la prolificité et le poids de la population locale, tout en conservant ses qualités d'adaptation aux maladies et aux chaleurs estivales.

Ce programme réalisé avec la collaboration de l'INRA Toulouse (France), a consisté en la création d'une lignée synthétique obtenue par un croisement entre deux races : la population locale (reproductrice) et la souche INRA2666 (semence mâle) (GACEM et BOLET, 2005). Ce schéma permet d'exploiter la complémentarité entre les populations d'origine, tout en conservant la moitié de l'hétérosis (BIDANEL, 1992). Ce modèle de sélection propose un programme d'amélioration génétique destiné à produire des animaux adaptés au contexte algérien.

CHAPITRE II

BESOINS NUTRITIONNELS ET EXPRESSION PHENOTYPIQUE DES CARACTERES DE CROISSANCE

1. Besoins nutritionnels du lapin en croissance

Une production intensive de lapins est conditionnée par une alimentation équilibrée susceptible d'apporter la totalité de ce qui est nécessaire à cet animal et d'éviter les effets défavorables dus à des erreurs d'alimentation. Les besoins du lapin, actuellement, ne sont apportés avec précision que pour les principaux éléments de la ration.

L'équilibre dans la ration des différents éléments nutritifs est indispensable à une production correcte. Une carence en l'un ou l'autre de ces éléments se traduit d'abord par une baisse des performances (besoins de production non couverts). Si cette dernière se prolonge, elle provoque une perturbation profonde du métabolisme notamment si les besoins d'entretien ne sont plus couverts (PERROT, 1991).

Les recommandations alimentaires pour le lapin en croissance sont consignées dans le Tableau 1.

1.1. Les besoins en eau :

Selon COLIN (1975), de très nombreux travaux ont montré qu'un lapin nourri et abreuvé *ad libitum* ingère 1,5 à 2 fois plus d'eau que de matière sèche. Selon LEBAS et *al.* (1991), pour un jeune en croissance ou une femelle simplement gestante, cela représente environ 90 ml d'eau par kg de poids vif et par jour.

Un lapin ne peut survivre plus de 6 à 7 jours sans boire, alors qu'il résisterait 2 à 3 semaines sans alimentation mais en s'abreuvant librement. La croissance du lapin est sérieusement compromise s'il ne boit pas, ceci du fait de la chute rapide de la consommation d'aliment qui cesse totalement au bout de 36 à 48 heures (LEBAS et *al.*, 1991).

Selon BOISOT et *al.* (2005), une restriction hydrique d'une heure par jour est tout aussi efficace que le rationnement alimentaire pour limiter la morbidité et la mortalité des lapereaux atteints d'entérocolite épizootique de lapin.

Tableau 1 : Recommandations alimentaires pour les lapins en croissance

Composants (par rapport à l'aliment tel quel, supposé contenir 90% de matière sèche). Unité=g/kg	**Croissance**	
	18 à 42 jours	**42 à 75-80 jours**
Recommandation pour une productivité plus élevée		
Energie digestible (kcal/kg)	2400	2600
Protéine brute	150-160	160-170
Protéine digestible	110-120	120-130
Rapport Protéine digestible/ Energie digestible (Kcal/Kg)	45	48
Lipides	20-25	25-40
Acides aminés		
- lysine	7,5	8
- acides aminés soufrés	5,5	6,0
- thréonine	5,6	5,8
- tryptophane	1,2	1,4
- arginine	8,0	9,0
Minéraux		
- calcium	7,0	8,0
- phosphore	4,0	4,5
- sodium	2,2	2,2
-potassium	< 15	< 20
- chlore	2,8	2,8
- magnésium	3,0	3,0
- soufre	2,5	2,5
- fer (ppm)	50	50
- cuivre (ppm)	6	6
- zinc (ppm)	25	25
- manganèse (ppm)	8	8
Vitamines liposolubles		
- vitamine A (UI/Kg)	6 000	6 000
- vitamine D (UI/Kg)	1 000	1 000
- vitamine E (mg/Kg)	≥ 30	≥ 30
- vitamine K (mg/Kg)	1	1
Recommandation pour une meilleure santé des lapins		
Ligno-cellulose (ADF)	≥ 190	≥ 170
Lignine (ADL)	≥ 55	≥ 50
Cellulose (ADF -ADL)	≥ 130	≥ 110
Rapport Lignine / Cellulose	≥ 0,40	≥ 0,40
NDF (NeutralDetergentFiber)	≥ 320	≥ 310
Hémicellulose (NDF-ADF)	≥ 120	≥ 100
Amidon	≤ 140	≤ 200
Vitamines hydrosolubles (vit C, B, PP, A.f ; ppm)	-	-

Source : LEBAS (2004)

La qualité de l'eau est tout autant importante que la quantité. Ainsi, l'eau doit être la plus propre possible et contenir très peu de germes. Afin de préserver la qualité de l'eau jusqu'à sa prise par l'animal et d'éviter les éventuelles souillures, l'utilisation des systèmes d'abreuvoirs automatiques est préconisée (CHALABI et ZENBOUDJI, 2011).

1.2. Les besoins en énergie :

Selon LEBAS et *al.* (1991), l'énergie contenu dans l'aliment sert d'une part à l'entretien et à la thermorégulation de l'animal, et, d'autre part, à assurer les productions. L'énergie nécessaire aux synthèses organiques est en général fournie par les glucides et un peu par les lipides. En cas d'excès de protéines, celles-ci participent également à la fourniture d'énergie après désamination (HENAFF et JOUVE, 1988).

Le lapin en croissance ajuste sa consommation alimentaire en fonction de la concentration énergétique des aliments qui lui sont présentés dans la mesure où les autres éléments de la ration sont bien équilibrés entre eux et avec cette énergie (LEBAS, 1984).

Le besoin d'entretien quotidien d'énergie digestible d'un lapin a été estimé par PRIGI-BINI et XICCATO (1986) à 484 kj/kg de poids métabolisable (PM) ; ce dernier étant le poids vif élevé à la puissance 0,75.

Selon COLIN (1975), on modifie généralement la teneur énergétique d'une ration en y faisant varier le taux des lipides ou de cellulose. L'addition de lipides au régime ne semble avoir qu'une action minime sur les performances et peut même en forte dose, déprimer la vitesse de croissance. L'élévation de la concentration énergétique du régime ne parait donc pas présenter d'intérêt.

1.3. Les besoins en matières azotées :

Les protéines doivent présenter 15 à 16% de la ration pour les jeunes en croissance (LEBAS et *al.*, 1991).

Selon FEKETE et BOKORI (1984), chez le lapin, la digestibilité des protéines est pratiquement indépendante de la teneur en cellulose de la ration (l'augmentation du taux de fibres ne diminue pas le CUDa des matières azotées).

Un aliment contenant 13,8% de protéines de bonne qualité et provenant de végétaux peut être utilisé économiquement pour les lapins en croissance sans apports d'acides animés supplémentaires (TAG-EL-DEN, 1984).

Pour une croissance maximum des lapins, les protéines alimentaires doivent respecter certains équilibres de leurs acides aminés. Ainsi, le lapin en croissance doit trouver dans son alimentation une certaine quantité de 10 des 21 acides aminés indispensables constituant les protéines. Les besoins, exprimés en pourcentage de la ration, n'ont pratiquement été étudiés que pour l'arginine dont la teneur doit être de 0.8%, la lysine et les acides aminés soufrés (méthionine et cystine) dont la teneur est de 0.6% pour chacun (CHALABI et ZENBOUDJI, 2011).

Le tableau 2 synthétise les taux de dégradation des performances de reproduction du lapin à l'engraissement suite à une carence, plus ou moins prononcée, de son aliment en certains acides aminés essentiels (HENAFF et JOUVE, 1988).

Tableau 2 : Dégradation des performances de lapins en croissance (4 à 11 semaines) lors de l'abaissement du taux de protéines ou de certains acides aminés essentiels en dessous des valeurs recommandées

Réduction du taux Alimentaire	Diminution du GMQ		Composition limite inférieure de la ration (%)
	Valeur absolue (g/j)	Valeur en %	
Protéines (- 1 %)	- 3	- 8,5	12
Méthionine (- 0,1 %)	- 2	- 6	0,40
Lysine (- 0,1 %)	- 5	- 14	0,40
Arginine (- 0,1 %)	- 1,5	- 4,5	0,50

Source : HENAFF et JOUVE (1988)

Il convient de remarquer également qu'un aliment équilibré en acides aminés indispensables est toujours consommé en plus grande quantité que le même aliment carencé (LEBAS, 1984).

1.4. Les besoins en cellulose brute :

Les fibres végétales dont la cellulose brute, ne sont que faiblement digérées et assimilées. On pourrait en déduire que la simple administration d'extraits non azotés (glucides faiblement digestibles) serait suffisante pour garantir aux animaux une source d'énergie facilement utilisable pour toutes leurs fonctions vitales ; il n'en est malheureusement pas ainsi, car les lapins ont un besoin en aliments grossiers ou « lest » pour assurer l'activité motrice et sécrétoire du tube digestif (GIANINETTI, 1986).

Selon LEBAS et *al.* (1991), la cellulose brute doit être présente dans l'alimentation du lapin, mais en quantité rationnelle et en juste proportion avec les autres substances, et notamment les protéines. Pour que le lest nécessaire soit apporté en quantité suffisante, une teneur de 13 à 14% de cellulose brute semble satisfaisante pour les jeunes en croissance.

Il est à noter qu'un aliment riche en cellulose permet en outre une meilleure exploitation de la coprophagie (caecotrophie).

Par contre, un apport excessif de cellulose peut altérer la teneur en énergie digestible de l'aliment et la faire passer en dessous du seuil de régulation des animaux. Si dans le même temps le rapport protéines digestibles / énergie digestible s'accroît, les lapins sont simultanément en carence énergétique et en surplus de protéines. Ceci favorise à l'excès la flore digestive protéolytique génératrice d'ammoniac et conduit à un accroissement des accidents digestifs (LEBAS, 1989).

1.5. Les besoins en matières grasses :

Selon COLIN (1975), si l'on excepte le besoin en acides gras essentiels (acides linoléique) qui est en général couvert par une ration à 3-4% de matières grasses, une variation du taux de lipides dans la ration ne semble pas avoir d'autres effets que ceux liés à une modification de la concentration énergétique.

LEBAS et *al.* (1991) rapportent qu'un léger apport additionnel de 0.5 à 1.5% peut servir à accroître la concentration énergétique de certains aliments. En effet, il y a deux fois plus d'énergie digestible dans les graisses que dans l'amidon par exemple.

1.6. Autres besoins du lapin :

Ce sont principalement les besoins du lapin en minéraux et en vitamines. Selon CHEEKE (1987), la flore digestive du lapin synthétise des quantités importantes de vitamines hydrosolubles et celles-ci sont rendues disponibles par la caecotrophie. De cette manière, la totalité des besoins en vitamines du groupe B et en vitamine C sont couverts pour les lapins à l'entretien comme pour ceux ayant une productivité moyenne. Cependant, les animaux à croissance très rapide répondent favorablement à l'addition de 1-2 ppm de vitamines B1 et B6, à celle de 6ppm de vitamine B2 et à celle de 30 à 60 ppm d'acide nicotinique (PP). Il faut retenir que si « un peu » de vitamines est nécessaire, voire vitale, « beaucoup » de vitamines peut être néfaste (CHALABI et ZENBOUDJI, 2011).

Selon COLIN (1975), il semble que le lapin présente une très grande tolérance vis-à-vis de l'apport en certains minéraux. Un déséquilibre des apports alimentaires de sodium, de potassium et de chlore peut entrainer des néphrites (SURDEAU et *al.,* 1978), une réduction de croissance (EVANS et *al.,* 1983) et des problèmes de reproduction (CANDAU et *al.,* 1982).
On admet parfois, dans certains élevages exigeants, le bien-fondé d'une supplémentation en antibiotiques à dose alimentaire pour la croissance, non pas en tant que facteur de croissance comme chez la poule, mais pour effectuer une police sanitaire du milieu microbien intestinal, très important chez le lapin.

2. Performances de croissance

Le Tableau 3 rapporte les résultats de quelques travaux réalisés sur les performances de croissance de la population locale et des souches améliorées.

2.1. Consommation alimentaire moyenne quotidienne (CMQ)

Chez la population locale, la consommation moyenne d'aliment pour la période globale d'engraissement (11 semaines) est de 69,87g/j (MOULLA, 2006). Elle est proche de celle observée par LOUNAOUCI (2001) soit 70,72g/j, mais demeure faible par rapport à celle constatée par LAFFOLAY (1985) chez la souche améliorée, soit 130,7g/j.

2.2. Indice de consommation (IC)

L'indice de consommation représente l'efficacité de transformation alimentaire. Il exprime selon AVREUX (1993) le nombre de kilogrammes d'aliments pour obtenir un kilogramme de viande de lapin.
Chez la population locale, l'indice de consommation moyen pour toute la période d'engraissement est de 3,00 (MOULLA, 2006). Cette moyenne est proche de celle obtenue par LOUNAOUCI (2001) soit 3,12.
Chez les souches améliorées, ce paramètre est de 3,27 (EADY et GARREAU, 2008).
Pour la souche synthétique de l'ITELV, KHEDIM (2013) a obtenu un indice de consommation de 2,54.

2.3. Gain Moyen Quotidien (GMQ)

Chez la population locale, le gain moyen, pour toute la période d'élevage, obtenu par ZEMMOUDJ (2001) est de 23,18 g/j. Ce GMQ est proche de celui obtenu par MOULLA (2006), soit 23,18 g/j.

La vitesse de croissance moyenne du lapin amélioré, entre le sevrage et l'abattage standard est de 40 à 45 g/j (LEBAS, 2007 et JENTZER, 2008). KHEDIM (2013) a obtenu un gain moyen de 26,80 g/j pour la souche synthétique de l'ITELV.

2.4. Poids vif (PV)

Au sevrage, le poids vif moyen d'un lapereau local est de 579,39 g ; celui-ci progresse pour atteindre le poids moyen de 1733,48 g à l'âge de 91 jours (MOULLA, 2006). Ce poids vif final est similaire à celui obtenu par LOUNAOUCI (2001), soit 1734,24 g.

Chez le lapin de souche améliorée, LAFFOLAY (1985) enregistre à la 11ème semaine d'âge d'engraissement un poids vif supérieur à celui du lapin local, soit 2511g.

Chez la souche synthétique de l'ITELV, KHEDIM (2013) a obtenu des poids vifs de 563,76 g et 1691,87 g respectivement à 5 et 11 semaines d'âge.

2.5. Mortalité

La mortalité peut subvenir dans les trois phases de vie du lapin : entre la naissance et trois jours d'âge (mortinatalité), entre trois jours d'âge et le sevrage et entre le sevrage et l'abattage.

Le taux de mortalité le plus important s'observe de la naissance au sevrage et peut atteindre les 60% (BELHADI et *al.,* 2002).

Les valeurs enregistrées pour la population locale varient entre 4 et 18,5% en périodes de fortes chaleurs (MOUDACHE, 2002).

MOULLA (2006) a noté un taux de mortalité globale de 15,78%. Ce taux est supérieur à celui constaté par RENIFFI et *al.* (2002) chez le lapin local et par KOEHL (1979) chez le lapin amélioré avec respectivement 9,32 et 9,9%.

GACEM et *al,* (2009) rapportent que la mortalité peut varier entre 10 et 26% quel que soit le type génétique ou la saison.

Tableau 3 : Performances de croissance obtenues par différents auteurs en bâtiment clôt

AUTEURS	Race	Saison et/ou durée d'engraissement	PV initial (g/j)	PV final (g/j)	CMQ (g/j)	GMQ (g/j)	IC	Mortalité (%)	Rendement à l'abattage
LEBAS (1983)		Année 1982	1053	2187	-	35.4	3.98	23.5	57.3
LAFFOLAY (1985)	Souche améliorée	56 J	696	2511	130.7	35.80	3.64		-
BLOCHER et *al* (1990)	Souche Hyplus	Année 1988	581	2302	-	35.2	3.3	15.3	-
		Année 1989	535	2286	-	35.3	3.3	17.8	-
		Année 88/89	550	2291	-	35.6	3.3	16.8	-
DAGUET et *al* (1990)		42.7 J	933	2472	-	33.50	4.41	9.00	-
SANDERS (1990)		Printemps 42 J	631	2333	-	40.51	3.13	5.78	-
BROQUET (1993)	Souche Hyplus	Année 1991	-	-	-	37.06	3.37	3.1	-
BERCHICHE et *al* (2000)	Population Locale	-	453	2157	123.6	27.0	4.52	14.81	71

Source : BENRAIS et CHIBANI (2004)

3. La croissance chez le lapin et facteurs de variation

Les performances de croissance d'un lapin sont déterminées par ses potentialités génétiques et par le milieu dans lequel celles-ci sont appelées à s'exprimer (HENAFF et JOUVE, 1988).

3.1. La croissance chez le lapin :

PRUD'HON et *al.* (1970) ont définit la croissance comme étant l'ensemble des modifications du poids, de la composition anatomique et biochimique des animaux depuis la conception jusqu'à l'âge adulte.

Les mécanismes complexes qui conditionnent cette croissance mettent en jeu des phénomènes de multiplication, d'accroissement, de différenciation cellulaire, tissulaire et organique. Elle est sous l'effet de facteurs génétiques (rares) ou non génétiques (alimentation, effet maternel, environnement général). Elle n'est pas « gratuite », la croissance représente en effet la différence entre ce qui se construit (anabolisme) et ce qui se détruit (catabolisme).

3.1.1. Croissance de la naissance au sevrage :

A la naissance, un lapereau pèse de 50 à 55g environ avec des fluctuations assez fortes en fonction de la taille de la portée et de l'état nutritionnel de la lapine. Durant les trois premières semaines après la naissance, la croissance des lapereaux est linéaire (LEBAS, 2000).

Le lait est l'unique nourriture des petits jusqu'au 15 ou 18ème jour (SURDEAU et HENAFF, 1981) et vers 18 jours d'âge, les lapereaux commencent à ingérer de l'aliment solide (FORTUN-LAMOTHE et GIDENNE, 2000 ; GYARMATI et *al.*, 2000).

A 25 jours d'âge, le comportement alimentaire du lapereau est fortement modifié ; celui-ci passe d'une seule tétée par jour à plusieurs repas solides et liquides plus ou moins alternés et répartis irrégulièrement le long de la journée (25 à 30 repas par 24 heures) (FATNASSI, 2007).

Au cours de la 4ème semaine de vie, l'ingestion d'aliments solides et d'eau devient prédominante par rapport à celle du lait (Tableau 4).

Tableau 4 : Consommation (g/lapin par période) de lait et d'aliment pour un lapereau âgé de 15 à 32 jours (sevrage)

Lait	**Produit frais (g)**	**Matière sèche (g)**
Naissance à 15 jours d'âge	150 à 200	40 à 60
De 16 à 25 jours d'âge	210 à 250	65 à 80
Aliment granulé (à 90% MS)	**Produit frais (g)**	**Matière sèche (g)**
De 16 à 25 jours d'âge	25 à 30	22 à 27
De 26 à 32 jours d'âge	150 à 200	135 à 180

Source : FORTUN-LAMOTHE et GIDENNE (2003)

$_1$Valeurs établies pour les conditions d'élevage suivantes : un aliment granulé unique conforme pour les femelles reproductrices est à la disposition des femelles et de la portées ; le sevrage est effectué à 32 jours d'âge.

3.1.2. Sevrage :

Le sevrage est à la fois une séparation physique des lapereaux de leur mère et une modification du régime alimentaire (MOUDACHE, 2002). Ils passent d'une alimentation mixte lait-granulé à une alimentation exclusivement solide. De ce fait, l'équipement enzymatique des lapereaux nécessaire à la digestion des aliments solides se met en place progressivement avec une très faible influence de la nature de l'aliment (LEBAS, 2002).
Le sevrage est pratiqué exclusivement selon le rythme de reproduction : Il a lieu entre le 27ème et le 29ème jour pour le rythme intensif et entre le 28ème et le 35ème jour pour le rythme semi-intensif (LEBAS et *al.*, 1991).

Pour cette opération, la portée de lapereaux est retirée de la cellule de maternité en une seule fois et est placée dans un atelier dit d'engraissement ; c'est pour cela qu'il est qualifié de « brutal » chez le lapin. La mise en cage d'engraissement doit respecter la densité de 16 à 18 lapins par m^2 de grillage (DJAGO et *al.*, 2007).

Il existe selon FORTUN-LAMOTHE et GIDENNE (2003) des sevrages précoces (avant 26 jours d'âge) qui permettraient de proposer aux lapereaux dès qu'ils commencent à ingérer une quantité significative d'aliment solide, un aliment adapté à leurs besoins. Cette technique présenterait l'avantage de limiter la transmission de certains agents pathogènes entre la mère et les jeunes (cas des pasteurelles). Par contre, le sevrage précoce doit se faire avec précaution. En effet, les travaux de COUDERT (2005) montrent que l'allaitement retarde l'apparition des signes cliniques en limitant la colonisation digestive des bactéries (Colibacilles entéropathogènes).

3.1.3. Croissance post-sevrage ou engraissement :

L'engraissement en cuniculture peut s'étaler de 2 à 3 mois en fonction de la race (type génétique), de la qualité de l'alimentation et du poids final recherché (DJAGO et *al.*, 2007).
Juste après le sevrage, la croissance dépend de la ration alimentaire apportée et le maximum est obtenu entre la 7ème et la 8ème semaine (BLASCO et GOMEZ, 1993).

En fin d'engraissement, certains lapins seront sélectionnés pour la reproduction. En général, les mâles sont retenus pour leur vitesse de croissance et leur conformation. Les femelles sont retenues d'après la taille des portées produites par leur mère, les qualités maternelles de cette dernière (nid, allaitement), d'où l'intérêt de fiches d'enregistrement bien tenues. Les lapins restants sont destinés à l'abattage.

Au terme de l'engraissement (entre 10 et 12 semaines d'âge), les lapins ont un poids moyen de 2,3 Kg avec un rendement moyen de 60% et un poids de carcasse qui oscille entre 1,3 et 1,4 Kg (BOUGUERRA, 2011). La variation du poids durant cette période est fortement liée à la vitesse de croissance de l'animal. C'est pour cette raison que les travaux de sélection se concentrent autour de l'amélioration de ce critère afin de réduire la durée de croissance post-sevrage.

Les expériences de sélection basées sur la vitesse de croissance mesurée entre deux âges fixes ou un poids à un âge fixe ont montré leur efficacité pour augmenter le gain moyen quotidien ou le poids d'abattage. Ainsi, DE ROCHAMBEAU et *al.* (1989) estiment que l'âge d'abattage des lapereaux diminuait de 0.5 jour par an pour un poids fixé par les abatteurs. Cette évolution se traduit sur le terrain par un âge moyen à l'abattage qui se situe aujourd'hui à moins de 10 semaines d'âge, alors qu'il était de 12 semaines avant 1989 pour un même poids vif de 2,4 Kg (LARZUL et GONDRET, 2005). BERCHICHE et KADI (2002) observent chez la population locale algérienne un âge moyen à l'abattage de 11 à 13 semaines. Un abattage à 12 semaines d'âge donne un poids corporel post-sevrage et un gain moyen modeste, mais l'indice de consommation n'est pas loin de la norme (Tableau 5).

Tableau 5 : Croissance post-sevrage (g) et GMQ (g/J) de lapins de population locale abattus à 12 semaines d'âge

Paramètres	**Moyennes**
Poids au sevrage (28 jours)	415
Poids au sevrage (35 jours)	670
Poids à 6 semaines	900
Poids à 8 semaines	1320
Poids à 10 semaines	1700
Poids à 12 semaines	1900
Gain quotidien 5-8 semaines	33
Gain quotidien 8-12 semaines	25
Gain quotidien 5-11 semaines	30

Source : BERCHICHE et KADI (2002)

3.2. Facteurs de variation des performances de croissance

3.2.1. Influence des paramètres d'ambiance sur la croissance du lapin :

Afin d'exploiter au mieux le potentiel de croissance du lapin, il est indispensable de le maintenir dans un environnement où il n'aura pas à lutter contre certains facteurs d'ambiance. Les principaux effets des paramètres d'ambiance les plus étudiés sur la croissance du lapin sont les suivants :

- ✓ **Effet de la température**

La température est le facteur d'ambiance le plus néfaste pour le lapin.

Dépourvu de glandes sudoripares, l'animal assure sa thermorégulation par de multiples adaptations : par voie respiratoire, par vasomotricité des vaisseaux sanguins superficiels… (ZEMMOUDJ, 2001). Ces adaptations accentuent les pertes de chaleur cutanée de l'animal. C'est pour ces raisons que selon FAYEZ et *al.* (1994), la température la plus favorable pour l'engraissement du lapin se situe entre 18 et 21°C.

FRANCK (1990) rapporte que le lapin commence à présenter des difficultés de résistance à partir de 25°C et une impossibilité de résistance à 35°C. Dans ces deux situations, on note une forte diminution de la consommation d'aliments. Cependant, une basse température durant une longue période nécessite une consommation alimentaire accrue (pour assurer la thermorégulation), donc un mauvais indice de consommation (CHALABI et ZENBOUDJI, 2011). SKRIVANOVA et *al.* (1999) ont étudié l'influence de la température (optimale 16°C, haute 25°C et basse 6°C) sur les performances de croissance des lapins de souche HYLA2000 de 30 à 89 jours d'âge. Les résultats sont résumés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Effet des différentes températures sur les performances du lapin en croissance

	Températures			
Nombre de lapins	**6°C**	**16°C**	**25°C**	**25°C**
Acide ascorbique (+/-)	(-)	(-)	(-)	(+)
Poids à 30 jours d'âge (g)	757	806	730	737
Poids à 89 jours d'âge (g)	2757	2887	2341	2408
Gain quotidien (g)	30,8	36	27,3	28,3
IC (Kg/Kg)	3,93	3,37	3,13	3,04
Mortalité (%)	21,4	3,6	21,4	5,4

IC : indice de consommation ***Source :*** SKRIVANOVA et *al.,* (1999)

Les performances de croissance observées chez les animaux entretenus à 16°C sont meilleurs que celles enregistrées chez les animaux élevées à des températures de 6°C ou de 25°C alors que le taux de mortalité est plus faible à 16°C et plus élevé à 25°C. Par ailleurs, le supplément d'acide ascorbique (antistress) a permis de réduire le pourcentage de mortalité obtenu à 25°C de 21.4 à 5.4%.

Ce sont surtout les brusques variations de température qui sont à éviter (max. 5°C entre les températures extrêmes de la journée). Un abreuvement trop important, consécutif aux fortes chaleurs, provoque des troubles digestifs qui ralentissent la croissance des jeunes. Un refroidissement de l'atelier cunicole est éventuellement souhaitable en été, surtout dans les pays à été très chaud (cas de l'Algérie). Il peut s'obtenir en mouillant les sols, en nébulisant de l'eau ou en arrosant le toit du bâtiment (LEBAS et *al.,* 1991).

- ✓ **Effet de l'hygrométrie**

Si l'importance du taux d'humidité ne semble pas poser de problèmes au lapin lorsque celui-ci est situé dans les conditions optimales de température, il n'en est pas de même lorsqu'il se trouve en présence de températures extrêmes (LEBAS et *al.,* 1984). Ainsi, lorsque la température est trop élevée et que l'humidité relative de l'air avoisine la saturation, la chaleur latente de l'animal, sous forme de vapeur d'eau, ne peut plus être évacuée, car l'évaporation devient très faible du fait de la saturation de l'air. Il en résulte une situation inconfortable de l'animal qui peut aboutir à la prostration : la croissance est compromise par une baisse notable de l'ingestion alimentaire. Enfin, lorsque la température est trop basse et que l'hygroscopie avoisine la saturation, l'eau va se condenser sur les parois mal isolées des cages. De plus, l'eau étant bon conducteur thermique, le froid devient plus pénétrant, ce qui entraine souvent des troubles digestifs et respiratoires : la croissance est compromise par un blocage intestinal ou des diarrhées.

- ✓ **Effet de la lumière**

Comparée à celle de la reproduction, la cellule d'engraissement ne nécessite pas un éclairage constant et fixe. La lumière du jour est suffisante, quelque soit la saison. Par contre, un éclairement continu peut provoquer, chez les jeunes animaux en croissance, des perturbations d'origine encore mal connues (diarrhées sans relation avec la modification du rythme de la caecotrophie). En cas de nécessité, un éclairage au néon se révèle plus efficace et économique (CHALABI, ZENBOUDJI, 2011).

- ✓ **Effet de la vitesse de l'air**

Une ventilation minimale des locaux d'élevage doit être assurée pour évacuer les gaz nocifs produits par les animaux (CO_2) et leurs déjections (NH_3, H_2S, CH_4 …), mais aussi pour renouveler l'oxygène nécessaire à la respiration, évacuer les excès éventuels d'humidité (évaporation, respiration des animaux) et les excès de chaleur produite par les lapins (LEBAS, 1991).

Les normes d'ambiance sont résumées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Normes d'ambiance recommandées pour le lapin

Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vitesse de l'air (m/s)	Débit de ventilation (m^3/h/Kg de poids vif)
12 – 15	60 – 65	0,10 - 0,15	1 à 1,5
16 – 18	70 – 75	0,15 - 0,20	2 à 2,5
19 – 22	75 – 80	0,20 - 0,30	3 à 3,5
23 – 25	80	0,30 - 0,40	3,5 à 4

Source : LEBAS et *al*. (1984)

On retiendra que la fréquence de renouvellement de l'air doit être proportionnelle à la température ambiante, à l'humidité relative de l'air et au nombre de lapins se trouvant dans le local.

3.2.2. Autres facteurs affectant la croissance chez le lapin

- ✓ **Effet de la saison**

Les travaux de BELHADI et BASELGA (2003) et BELHADI (2004) montrent que la saison de mise bas influence significativement le poids individuel des lapereaux en croissance, au sevrage et à l'âge de 70 jours. Ils concluent que l'hiver est plus favorable à la croissance des lapereaux (Tableau 8). Ainsi, les meilleurs performances de croissance sont enregistrées pendant les saisons à faibles températures (hiver et automne) et diminuent en été et au printemps.

Tableau 8 : Effet de la saison sur la taille et le poids (g) des portées de la naissance à 70 jours d'âge

Paramètres / Saisons	NT N	NV n	TP30 n	TP70 n	PP30 (g)	PP70 (g)
Automne (2000)	8,1 ± 0,4	7,0 ± 0,4	6,4 ± 0,4	5,1 ± 0,3	3251 ± 157	9087 ± 599
Hiver (2001)	7,4 ± 0,2	7,0 ± 0,3	6,3 ± 0,2	5,3 ± 0,2	3586 ± 107	9441 ± 410
Printemps (2001)	8,7 ± 0,3	7,6 ± 0,3	6,8 ± 0,3	5,3 ± 0,2	3452 ± 127	8813 ± 460
Automne (2001)	6,6 ± 0,5	5,0 ± 0,5	5,0 ± 0,5	-	2979 ± 213	-

Source : BELHADI (2004)

NT : Nés totaux, **NV :** Nés vivants, **TP30 :** Taille des portées à 30 jours,
TP70 : Taille des portées à 70 jours, **PP30 :** Poids des portées à 30 jours,
PP70 : Poids des portées à 70 jours, **n :** nombre.

- ✓ **Influence de l'alimentation**

Plusieurs travaux ont montré que le lapin est sensible aussi bien à la quantité qu'à la qualité de l'aliment.

Une restriction alimentaire légère (80 à 90% de l'ingestion volontaire) permet de produire des carcasses plus lourdes et moins grasses à 15 semaines d'âge. Par contre, une restriction sévère (26 % de l'ingestion volontaire) réduit la croissance de 35% tout en augmentant l'indice de consommation de 17% pour des lapins âgés entre 5 et 10 semaines (LEBAS, 1991).

Un apport minimum de lest (cellulose essentiellement) est nécessaire pour le bon fonctionnement du tube digestif (LEBAS, 1989), mais lorsqu'il augmente, la vitesse de croissance diminue er par conséquent le rendement à l'abattage est réduit (LEBAS, 1992).

Le lapin peut utiliser efficacement des aliments peu fibreux à teneur élevée en énergie digestible. La réduction de la teneur en fibres des régimes, associée le plus souvent à une élévation de la teneur en amidon, conduit à des troubles digestifs graves en particulier chez le lapin en croissance (GIDENNE, 1996).

Il faut donc maitriser les apports alimentaires de fibres et d'amidon aux plans quantitatif et qualitatif pour permettre une croissance et une sécurité alimentaire optimale (LAPLACE, 1978 ; PEETERS et CHARLIER, 1984 ; GIDENNE, 1996).

Aussi, pour avoir une croissance maximale, l'équilibre en acides aminés des protéines alimentaires doit être respecté (OUHAYOUN et *al.*, 1986).
LEBAS et COLIN (1992) indiquent que l'absence d'un seul acide aminé peut être considérée comme un manque global de protéines. L'exemple de complémentation d'une ration à base de féverole avec de la méthionine, a amélioré significativement les performances de croissance des lapins (BERCHICHE et *al.*, 1995).

La lecture du tableau 9 montre que les essais conduits par les différents auteurs cités par LEBAS (2010), ont permis de montrer qu'il y a une différence significative entre les lapins alimentés avec un aliment commercial et ceux alimentés avec un aliment expérimental équilibré ou juste complémenté. Le GMQ de ces animaux a significativement augmenté de 28,3 g/j à 33,6 g/j pour la population blanche et de 22 g/j à 29g/j pour la souche synthétique, d'où la nécessité d'un aliment équilibré.

La granulométrie de l'aliment a elle aussi une influence sur les performances de croissance des lapins. Le diamètre des granulés se situe entre 3 et 4 mm. Leur diamètre ne doit pas dépasser 5mm (MAERTENS, 1994). En fait, les granulés dépassant les 7 mm entrainent une surconsommation apparente de l'aliment sans avoir en contrepartie un gain de poids (INRA, 1989). En tout état de cause, les effets du broyage plus ou moins fin des aliments sur la santé des lapins restent marginaux par rapport aux effets de l'équilibre nutritionnel de ces mêmes aliments (LEBAS, 2000).

Tableau 9 : Gain moyen quotidien des souches et populations de lapins locales nourris avec des aliments expérimentaux et/ou avec un aliment commercial

Auteurs	Génotype	GMQ (g/j) des lapins avec aliment	
		Commercial	Expérimental
Lakabi et *al.*, (2008)	Population locale		28 Taux son de blé
Berchiche et *al.*, (1999)	Population locale		27,8-28,0 Source protéines
Lounaouci et *al.*, (2008)	Population Blanche		31-33 Sources protéines
Kadi et *al.*, (2010)	Population Blanche		39 Formulation
Zerrouki et *al.*, (2008)	Population Blanche	28,3	33,6 Commercial + Calcium
Lebas et Gacem(2005)	Souche Synthétique ITELV	22	29,0 Formulation
Lebas et Gacem (2007)	Souche Synthétique ITELV	25,4	29,2 Formulation

Source : LEBAS (2010)

- ✓ **Influence maternelle**

L'influence maternelle sur la croissance des produits est la résultante du génotype de la mère et des facteurs d'environnement. Pour le jeune, les effets maternels constituent une composante du milieu. Ils sont déterminés par le milieu utérin, la taille de portée, le comportement post natal, y compris l'aptitude laitière de la mère (CHAOU, 2006).

Les effets maternels les plus intenses sur le poids du lapereau se font ressentir à 3 semaines d'âge (JOHANSON et VENGE, 1953 ; VENGE, 1953 cités par OUHAYOUN, 1983).

Jusqu'à la fin du 1er mois, âge habituel du sevrage, l'expression des potentialités du jeune s'en trouve fortement perturbée. L'influence maternelle peut être si forte qu'elle est susceptible de dissimuler les effets génétiques directs sur la croissance durant plusieurs semaines après le sevrage.

D'après OUHAYOUN (1978), les 3 premières semaines de période d'engraissement sont une étape complexe où s'affrontent l'influence du milieu maternel, la capacité d'adaptation au nouvel environnement et l'expression du génotype des produits.

Avec l'augmentation de l'âge, le génome du lapereau prend définitivement le dessus sur les effets maternels (POUJARDIEU et *al.,* 1976). Cependant, les empreintes de ces derniers sur le poids individuel subsiste jusqu'à l'abattage. Selon ROUVIER (1970), les effets maternels expliquent 23,4% de la variance du poids à 56 jours et 19% à 84 jours.

Les travaux de ROUSSEAU (1982) confirment que les écarts de poids occasionnés par l'influence maternelle pré sevrage n'ont pas disparu à l'âge de 11 semaines. Ainsi, l'ordre des poids enregistrés à 28 jours demeure strictement le même qu'en fin d'engraissement.

CHAPITRE III
AMELIORATION DES PARAMETRES GENETIQUES

Tout programme d'amélioration génétique repose sur la connaissance de l'héritabilité, de la répétabilité des caractères étudiés, et sur les corrélations génétiques et phénotypiques. L'idéal est d'estimer ces paramètres à partir des données de la population qu'on cherche à évaluer (BOUJENANE ,1996).

Les corrélations génétiques entre les caractères zootechniques d'importance économique et leurs héritabilités constituent des composantes indispensables dans l'évaluation des valeurs génétiques additives des animaux domestiques.

1. Hérédité des caractères quantitatifs

La génétique quantitative constitue le fondement théorique de l'amélioration génétique animale ; elle sert à étudier les relations existantes entre les caractères à variation continue et le matériel héréditaire (BONNES et *al.,* 1991).

Avant de mettre sur pied un programme d'amélioration, il est nécessaire d'avoir une connaissance suffisante de la population concernée. Celle-ci peut être décrite par des valeurs appelées paramètres génétiques relatifs aux caractères quantitatifs retenus (POUJARDIEU et MALLARD, 1992 ; OURUNMUY et *al*., 2006 ; JUSSIAU et *al*., 2006). L'information correspondante aux caractères retenus est condensée en trois paramètres génétiques : l'héritabilité, la répétabilité et la corrélation (MINVIELLE, 1990 ; RICORDEAU et *al.,* 1992 ; JUSSIAU et *al.,* 2006).

1.1. Déterminisme génétique des caractères quantitatifs

D'après HALLAIS (2012), les caractères quantitatifs sont mesurables, polygéniques et à intérêt économique certain. Ils réunissent les effets des gènes majeurs, et leur expression est influencée par le milieu d'élevage. Ils représentent les productions : les quantités (lait, croissance, ponte…) mais aussi la qualité (composition des produits : taux protéique, taux butyreux, indice de qualité de viande…

1.2. Paramètres génétiques d'une population

1.2.1. Héritabilité des caractères de croissance

L'héritabilité du caractère informe sur la relation entre la valeur d'élevage et la valeur phénotypique ; elle varie en fonction de la nature génétique du caractère. Selon MINVIELLE (1990), elle est spécifique à une population donnée.

L'héritabilité au sens *large* est le pourcentage de la variation phénotypique qui est d'origine génétique (WINTER et *al.*, 2000 ; WATTIAUX et HOWARD, 2003).

$$h^2=V_G/V_P$$

V : Variance

h^2 : héritabilité

L'héritabilité au sens *strict*, est la proportion de la variance des productions pour ce caractère qui est de nature additive. (MINVIELLE, 1990 ; VERRIER et *al.*, 2001). Selon HARLT et JONES (2003), elle est la plus pertinente pour l'étude évolutive d'une population soumise à la sélection artificielle. Elle varie entre 0 et 1 (MINVIELLE, 1990 et OLLOVIER, 2002).

$$h^2=\delta^2A/\ \delta^2P\ \ (P=G+E, \text{avec } G= A+D+I)$$

δ^2: variance

P : Performance

G : Génotype

E : Environnement

A : Valeur génétique additive

D : Effet de dominance entre gènes allèles

I : Effet d'épistasie entre gènes non allèles.

Les plus faibles héritabilités sont enregistrées pour les caractères de qualité d'élevage dits aussi caractères de reproduction. Elles sont moyennes pour les performances de production. Les plus fortes valeurs sont attribuées aux qualités de production (h^2 tend vers le 1) où la sélection est très efficace (Tableau 10).

Tableau 10: Valeurs du coefficient d'héritabilité et ses conséquences

Valeurs h^2	**Déterminisme génétique**	**Efficacité de la sélection**	**Intérêt des croisements**	**Exemples de caractères**
Faible $h^2 \leq 0,20$	Essentiellement non additif	Très faible	Elevé, ils favorisent les effets d'interaction	Reproduction, viabilité
Moyenne $0,2 < h^2 < 0,4$	Mixte, additif et non additif	Moyenne	Moyen à faible	Quantités produites (lait, croissance…)
Elevée $h^2 \geq 0,4$	Essentiellement additif	Elevée	Nul	Quantité et composition des productions (TP du lait, rendement en carcasse…)

Source : HALLAIS (2012)

- Le pré sevrage

Selon FIELDING (1993), la croissance fait partie des caractères quantitatifs à moyenne héritabilité (30 à 50%).

La croissance pré sevrage dépend de la taille de la portée et de la production laitière autrement dit de la qualité maternelle. La production laitière est moyennement héritable, AL SOBAYIL et *al.* (2005) lui attribuent 0,21. Néanmoins, certains auteurs enregistrent un coefficient d'héritabilité faible inférieur à 0,2 comme le soulignent MAERTENS et *al. (* 2006) et IRAQI (2008).

- Le post sevrage

D'une façon générale, les valeurs d'héritabilité du gain moyen quotidien varient entre 0,13 à 0,45, celles du poids au sevrage entre 0,05 à 0,53 et celles du poids à l'abattage entre 0,12 à 0,67. Le tableau 11 reprend les valeurs d'héritabilités de la croissance post sevrage.

Tableau 11 : Héritabilités des caractères de croissance sevrage et post sevrage

Héritabilité				**Auteurs**
Poids		**GMQ**	**IC**	
Sevrage	**Abattage**			
0,55	0,55			OUHAYOUN et ROUVIER, 1973
0,2	0,3	0,3-0,4	0,3 - 0,4	PILES et *al. (*2004)
	0,18	0,2		CAMACHO et BASELGA, 1990
	0,19	0,21		ESTANY et *al. (*1992)
	0,16			DE ROCHAMBEAU et *al. (*1994)
	0,12	0,17		LUKEFAHR et *al.* (1996)
0,24	0,3	0,2		MOURA et *al.* (199
	0,41			ANOUS (1999)
	0,18			FARGHALY et EL MAHDY (1999)
0,24	0,3	0,2		ARGENTE et *al.* (1999)
	0,02 (84 j)			RASTOGI et *al.* (2000)
	0,2	0,25		GARREAU et *al.* (2000)
0,22 (s)	0,3			GARCIA et BASELGA (2002)
0,11	0,2	0,25	0,2	GARREAU et DE ROCHAMBEAU (2003)
0,14				POORMINA et *al.* (2004)
0,23 - 0,43	0,23 - 0,24	0,13 - 0,18		DE LEON et *al.* (2004)
0,34		0,3		IRAQI et *al.* (2004)
		0,31		PILES et *al.* (2004)
0,43 (s)	0,36			AKANO et IBE (2005)
0,09 (s)	0,67	0,42	0,27	LARZUL et DE ROCHAMBEAU (2005)
	0,22	0,29		LARZUL et *al. (*2005)
	0,36 (63 j)			GARREAUD et *al.* (2008)
		0,27		GYOVAI et *al. (*2008)
0,05	0,2	0,19 - 0,23		IRAQI (2008)
		0,24 - 0,28		NAGY et *al.*, 2008

Source : MEFTI KORTEBY (2012)

1.2.2. Corrélation génétique

La corrélation génétique indique le lien qui existe entre deux caractères. Elle mesure le sens et l'importance de la liaison entre les valeurs génétiques additives des individus. Elle varie de -1 à +1 et plus elle est élevée en valeur absolue, plus l'intensité de la liaison génétique entre les caractères est forte ; au contraire, lorsqu'elle avoisine 0, cela signifie une absence de liaison donc une indépendance génétique entre les caractères (BONNES et *al.,* 1991). Deux caractères sont corrélés positivement lorsqu'ils évoluent dans le même sens. Ils sont corrélés négativement lorsqu'ils évoluent en sens inverse (WIENER et ROUVIER, 2009). Selon HALLAIS (2012), cette notion permet d'évaluer la réponse indirecte à la sélection d'un caractère sur d'autres caractères qui lui sont génétiquement corrélés.

- Entre les caractères de croissance

La corrélation entre le poids à la naissance et le sevrage est de 0.98 et 0.90 (ARGENTE et *al.,* 1999). Selon IRAQI (2003), les corrélations entre poids à différents âges se situent entre -0.25 à 0.56, ce qui confirme la nécessité du contrôle de croissance à différents âges pour porter un choix efficace des reproducteurs. Le poids au sevrage est corrélé fortement avec le poids à l'abattage (LUKEFAHR et RUIZ FERIA, 2003 ; IRAQI, 2008 ; VOSTRY et *al.,* 2008 ; MEFTI KORTEBY et *al.,* 2010). Pour POUJARDIEU et *al.* (1976), la corrélation entre le poids au sevrage et la vitesse de croissance est de 0,70. SORENSEN (2001) indique que les corrélations entre la taille de la portée à la naissance et au sevrage sont fortes et positives. La mortalité durant la période naissance – sevrage est fortement et positivement corrélée avec la taille de la portée à la naissance.

La corrélation génétique entre la vitesse de croissance et l'indice de consommation, estimée dans plusieurs études (MOURA et *al.,* 1997 ; PILES et *al.,* 2004 ; LARZUL et GONDRET, 2005) se révèle fortement négative.

- Entre les caractères de reproduction et de croissance

ARGENTE et *al.* (1997) rapportent des corrélations génétiques de 0,34 ; 0,71 et 0,89 respectivement entre la taille de la portée à la naissance et le taux d'ovulation, entre la taille de la portée et les embryons implantés et entre la taille de la portée et la survie fœtale.

Pour ROUVIER et *al.* (1973), la taille de la portée et la prolificité sont en corrélation négative avec les poids moyens individuels par portée des lapereaux. Une plus grande prolificité s'accompagne en moyenne de tailles et de poids des portées plus élevées à 21 et 56 jours.

2. Méthodes d'amélioration génétique

L'amélioration des espèces domestiques repose sur l'exploitation de leur variabilité génétique :

- A l'intérieur d'une population, elle réside dans les différences de valeur génétique additive entre les individus d'une même race. L'objectif est alors d'améliorer la valeur génétique additive moyenne de la population tout en conservant sa variabilité ; c'est le but de la sélection.
- Entre les populations, elle résulte des différences entre las races. L'objectif est de bénéficier à la fois de leurs qualités complémentaires (par exemple les aptitudes d'élevages d'une race et les aptitudes bouchères d'une autre) et des effets favorables des interactions entres les gènes chez les individus croisés qui se manifestent par l'hétérosis. Dans ce cas, les croisements sont associés à la sélection (HALLAIS, 2012).

La procédure expérimentale pour l'évaluation des ressources génétiques raciales a d'abord été définie par DICKERSON (1969) cité par BRUN et BASELGA (2005). Lorsqu'on dispose donc de plusieurs races ou souches, la définition du meilleur système de leur utilisation suppose de réaliser une expérimentation en croisement. Ces résultats permettront de définir le meilleur système d'utilisation, et de choisir les races les plus intéressantes. Celles-ci pourront ensuite être sélectionnées, par sélection intra souche de façon à accroitre leur supériorité (BRUN, 1992).

2.1. Amélioration des performances par la sélection

Selon MINVIELLE (1990), la sélection est la force qui provoque la contribution différente et non aléatoire de chaque génotype à la génération qui suit. Elle favorise un ou plusieurs génotypes qui laissent, relativement par rapport aux autres, le plus de descendants. Pour WATTIAUX et HOWARD (2003), la sélection est la clef du progrès génétique. L'améliorateur peut porter un choix divergent lorsqu'il s'agit de sélectionner une lignée maternelle ou paternelle (KHALIL et AL SAEF, 2008).

2.1.1. Objectifs de la sélection en croissance

Les objectifs de sélection, ou caractères pour lesquels on recherche l'amélioration de la valeur génétique additive sont obligatoirement des critères ou des combinaisons de critères zootechniques. Ils ne sont pas nécessairement mesurables mais doivent répondre à l'objectif global regroupant les attentes d'une filière donnée (HALLAIS, 2012).

Les objectifs économiques de la sélection consistent à augmenter la vitesse de croissance et à diminuer l'indice de consommation des lapereaux (OUHAYOUN et ROUVIER, 1973 ; LUKEFAHR et *al.,* 1996 ; HERNANDEZ et *al.,* 2004) et l'accroissement du poids vif à l'abattage (DE ROCHAMBEAU et *al.,* 1989 ; GONDRET et *al.,* 2002). L'augmentation du GMQ permet théoriquement de diminuer l'âge à l'abattage (OUHAYOUN et POUJARDIEU, 1978 ; LARZUL et *al.,* 2003 ; GONDRET et *al.,* 2005).

2.1.2. Réponse à la sélection en croissance

Selon DE ROCHAMBEAU et *al.* (1989) et CAMACHO et BASELGA (1990), que la sélection se fasse sur le poids d'abattage à un âge fixe ou sur le gain moyen quotidien, elle aboutit à des résultats très similaires du fait de leur forte corrélation génétique. Les auteurs cités précédemment ont obtenu respectivement des gains de 53 et 30,2g pour le poids d'abattage, 6 et 0,32g pour le poids au sevrage et 0,83 et 0,72g/j pour le gain moyen quotidien.

Une sélection sur le GMQ a entrainé une diminution de 1.1g sur le poids au sevrage selon ESTANY et *al. (*1992) alors que MOURA et *al.* (1997) ont observé une diminution de 0,6g/j sur le GMQ en sélectionnant ce même critère.

La sélection sur le poids entraine une amélioration du gain moyen quotidien et du poids au sevrage respectivement de 34,4g ; 0,64g/j et 3,9 g (LUKEFAHR et *al.,* 1996 ; GARREAU et *al.,* 2000**).** Cependant, LARZUL et *al.* (2003) montrent que la sélection sur le poids entraine une diminution de -0,98 g/j du gain moyen quotidien et de -1,2 g/j pour le poids au sevrage.

2.2. Progrès génétique et Indexation

2.2.1. Progrès génétique

Comme le rappelle OLLOVIER (1974), lorsque la sélection est la même dans les deux sexes, le progrès génétique attendu par unité de temps, R, est fonction de 4 paramètres : l'intensité de sélection (i), l'intervalle de génération (T), la corrélation R(ÂA) entre la valeur génétique additive A que l'on veut améliorer et celle estimée par l'indice de sélection A et enfin l'écart type génétique δ_A.

Le progrès génétique représente la supériorité de la valeur phénotypique des descendants par rapport à celle des parents (MEFTI KORTEBY, 2012).Il dépend de la sélection et de la diffusion de reproducteurs selon 4 voies : Père-fils, Père-fille, Mère-fils, Mère-fille (HALLAIS, 2012).

$$\Delta A = PG/gn = P(Gn + 1) - P(Gn) = A(Gn + 1) - A(Gn)$$

ΔA: Progrès génétique
PG/gn: Progrès génétique par génération
P : Performance moyenne
A : Valeur génétique additive moyenne
(GN + 1) : Génération des descendants
(Gn) : Génération parentale

2.2.2. Indexation

L'estimation de la valeur génétique additive est appelée indexation. Elle peut être effectuée à partir des performances individuelles et/ou à partir de celles d'animaux apparentés (ascendants, collatéraux et descendants). De ce fait, quatre méthodes peuvent être mises en œuvre, selon la nature génétique du caractère : sélection sur performances (Performances test), sur ascendants (Pedigree test), sur collatéraux (Sib test) et sur descendants (Progeny test). L'information collectée *via* le contrôle de performances est traitée de façon à fournir la meilleure estimation possible avec un coefficient de précision avoisinant le un (1).

L'index peut concerner un caractère ou plusieurs caractères simultanément. Cet index est plus ou moins différent de la valeur génétique additive vraie, inconnue, puisqu'il n'en constitue qu'une estimation, toujours entachée d'erreur (JUSSIAU et *al.,* 2006). L'erreur est inversement proportionnelle à l'héritabilité.

Les principaux critères de sélection des lignées paternelles sont la vitesse de croissance post sevrage ou le poids à un âge type (ESTANY et *al.,* 1992 ; LUKEFAHR et *al.,* 1996 ; LARZUL et *al.,* 2004). Dans certains schémas de sélection, les critères sont le rendement et l'adiposité de la carcasse (GARREAU et *al.,* 2008).

2.3. Amélioration des performances par croisement

Selon BONNES et *al.* (1991), c'est l'accouplement des individus de la même espèce appartenant à des races différentes.

Sous le terme de lapin « hybrides », on englobe tous les croisements de races différentes ; pratiques utilisées de tous temps pour améliorer une aptitude particulière grâce à une souche présentant cette aptitude (PERROT, 1991).

Le croisement des espèces permet de combiner les avantages de différentes races (KERRY et KEPPLER, 1997). En effet, les limites de la sélection et de l'élevage en race pure, ont conduit à rechercher des possibilités d'accouplement entre les représentants de races différentes (MEFTI KORTEBY, 2012).

D'après JUSSIAU et *al.* (2006), le croisement a donc pour objectifs de créer des souches composites, susceptibles de devenir des races, d'accroitre la variabilité génétique et d'améliorer une race, de permettre le remplacement d'une race par une autre, de valoriser la complémentarité entre races et de bénéficier de l'effet d'hétérosis.

2.3.1. Complémentarité

Les croisements permettent d'exploiter des effets de complémentarité entre des races ou souches sélectionnées dans des directions différentes (caractères de production pondérale dans la race du père, caractères de reproduction pour la race de la mère). Ceci constitue un palliatif aux insuffisances de l'élevage en race pure (MEFTI KORTEBY, 2012).

2.3.2. Effet hétérosis

Selon HALLAIS (2012), l'hétérosis (H) est l'expression des phénomènes d'interaction entre les gènes qui sont amplifiés avec croisement de races ou de lignées génétiquement différentes : c'est la supériorité phénotypique moyenne des produits croisés par rapport à la moyenne des performances des populations parentales.

L'effet d'hétérosis est d'autant plus grand que les deux races sont éloignées génétiquement. L'hétérosis pour un caractère est en général, d'autant plus élevé que les animaux sont placés dans des conditions de milieu plus difficiles, comme il dépend également de la nature génétique du caractère considéré. Il est évalué entre 10 et 20% pour les caractères de qualité d'élevage ; de 5% à 8% pour les caractères de production et un effet négligeable pour les caractères de qualité de production (BONNES et *al.*, 1991).

Les croisements exploitent les effets d'hétérosis qui s'expliquent notamment par les effets de dominance (ELSEN, 2000).

PARTIE EXPERIMENTALE

I. MATERIELS ET METHODES

Face, d'une part, à la faible productivité de la population locale et d'autre part, à la faible adaptation aux conditions d'élevage locales des souches améliorées importées, rechercher des types génétiques à la fois productifs et adaptés constitue la voie la plus prometteuse pour le développement de l'activité cunicole en Algérie.

C'est dans cette optique que nous avons réalisés cette expérimentation sur la souche synthétique ITELV2006 au niveau de la ferme expérimentale de l'Institut Technique des Elevages (ITELV), avec pour principaux objectifs :

- Le contrôle des performances zootechniques en vue d'une indexation des futurs géniteurs de la 6ème génération.
- L'évaluation des corrélations entre les critères de sélection.
- La détermination du dynamisme du progrès génétique de la souche synthétique ITELV2006, sur les données des deux générations précédentes.

1. Matériels

1.1. Matériel biologique

Il s'agit de lapins de souche synthétique ITELV2006, obtenus par croisement génétique de la population locale avec la souche INRA 2666.

Les animaux sont en 5ème génération en maternité et en 6ème génération en engraissement.

- La population locale provient d'animaux de neuf wilayas d'Algérie. Elle a été constituée en 1998 à partir d'un croisement rotatif fermé selon le schéma décrit par MATHERON et CHEVALET (1979). Ce schéma permet d'éviter la progression rapide de consanguinité. La rotation est fermée en 2005.
- Origine des souches synthétiques parentales et grand parentales :

- *ITELV2006*

La première génération de croisement (F1) a été obtenue en inséminant, en décembre 2003, 80 femelles de la population locale, entretenues dans l'élevage de l'ITELV à Baba Ali avec la semence de mâles de la souche INRA2666 (GACEM et BOLET, 2005).

- *INRA2666*

Cette souche est une souche synthétique expérimentale créée en 1996. Elle est issue du croisement entre la souche INRA2066 et la souche *Verde* de l'UPV de Valence (Espagne) (BRUN et BASELGA, 2004).

- *INRA2066*

La souche INRA 2066 a été créée en 1970 par croisement du Géant russe et du lapin californien. La sélection a commencé en 1976 sur la taille de la portée à la naissance à l'INRA de Toulouse (France) (BRUN, 1993).

- *La lignée V*

La lignée *Verde* est une lignée maternelle créée en 1981 par croisement de 4 lignées synthétiques à aptitudes maternelles. Après 4 générations sans sélection, la lignée est sélectionnée pour augmenter la taille de la portée au sevrage (ESTANY et *al.*, 1989).

Les performances sont mesurées sur toute la 6ème génération.

Les données concernant les effectifs des 4ème, 5ème et 6ème générations de la souche synthétique ITELV2006 sont résumées dans la Tableau 12.

Tableau 12 : Effectifs des 4ème, 5ème et 6ème générations de la souche synthétique ITELV2006

Gn	Nés	Sevrés	Abattus
G4	3000	2093	1332
G5	3217	2374	2057
G6	2982	2090	1711

1.2. Bâtiment d'élevage

Le clapier est situé dans un endroit favorable à l'élevage. Le bâtiment, construit en dur, est orienté dans le sens Est-Ouest. La charpente, de type métallique est recouverte à l'intérieur d'un faux plafond qui joue le rôle d'isolateur.

Le clapier d'une superficie d'environ 320 m^2 est constitué d'une cellule de maternité et d'une cellule d'engraissement. Chaque salle est munie d'extracteurs de 6000m^3/h (deux à extraction haute et deux à extraction basse) et de Pad cooling.

La salle de maternité a une superficie de 130m^2. Elle contient 80 cages femelles ainsi que 20 cages pour les mâles reproducteurs et pour les mâles de remplacement. Les cages sont disposées en 2 rangées principales, parallèles et séparées par un couloir de service. De type Flat Deck, les cages sont surélevées sur une fausse à déjection avec racleur.

Elles sont métalliques en acier galvanisé et équipées d'abreuvoirs automatiques et de mangeoires d'une capacité de 3 kg. Une boite à nid est disposée à l'extérieur de chaque cage femelle

La salle d'engraissement mesure 135 m^2. Elle est composée de 100 cages disposées en 2 rangées parallèles, séparées par un couloir de service. Les cages sont de type Flat Deck, en métal galvanisé et équipées d'abreuvoirs automatiques et de mangeoires collectives d'une capacité de 4 kg.

Le programme lumineux, d'une intensité de 28 lux/m^2, diffère entre les deux salles. Le nycthémère est de « 16 Light /8 Dark » en maternité et de « 8 Light/16 Dark » en salle d'engraissement.

La température dans le bâtiment est contrôlée par un thermomètre placé dans chaque cellule. Lorsque la température ambiante baisse en hiver, le chauffage se fait avec les radiants alimentés par des bouteilles de gaz. Par contre, en été, lorsque la température est élevée, le refroidissement se fait par des refroidisseurs de type «pad-colling».

La figure 1 présente le schéma général du clapier de l'ITELV.

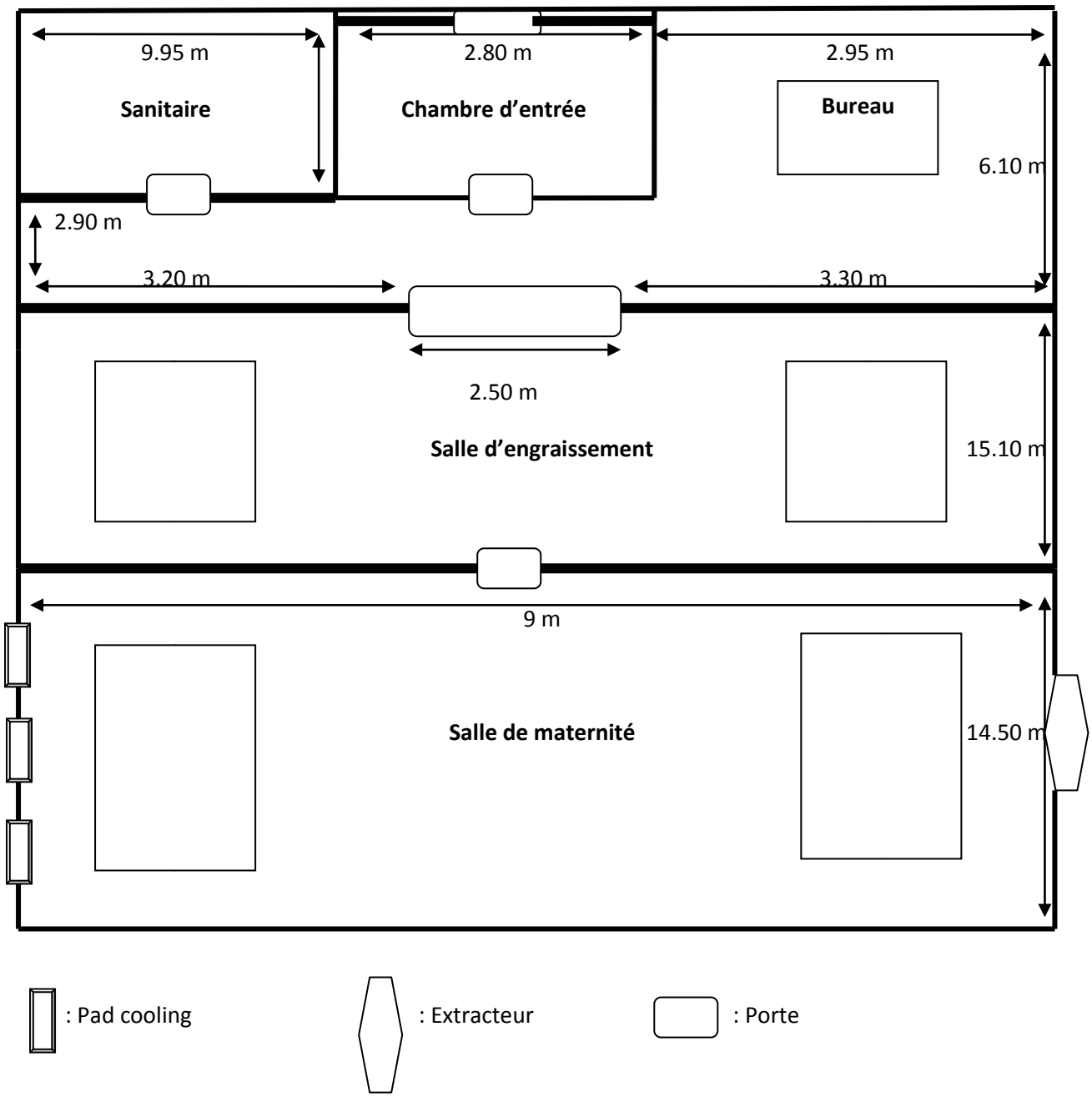

Figure 1 : Schéma général du clapier de l'ITELV

1.3. Aliment

L'aliment granulé utilisé, de type mixte (reproduction, engraissement), provient de l'unité de fabrication des d'aliments du bétail de Bouzaréah (Alger). Il est composé de luzerne déshydratée, d'orge, de maïs, de son de blé, de tourteau de soja et d'un complément minéral vitaminé.

Les reproducteurs sont rationnés à 100g / jour et les lapines en gestation reçoivent 250 g/j de granulé après que le diagnostic de gestation ait été confirmé. Les lapines allaitantes et les lapins en engraissement sont alimentés *ad libitum*.

Le tableau 13 résume la composition chimique de l'aliment utilisé au cours de l'expérimentation.

Tableau 13 : Composition centésimale de l'aliment utilisé au cours de l'expérimentation

	Aliment utilisé (%)	**Recommandations en (%) par MAERTENS, 1996 (Aliment mixte)**
Matière sèche	86,53	89-90
Matière minérale	9,61	7-8
Cellulose brute	8,52	14,5
Matière grasse	4,86	3-5
Matière azoté totale	12,48	16

Source : MEFTI KORTEBY (2012)

2. Méthodes

2.1. Protocole expérimental

Il s'agit d'appliquer une sélection à la 6ème génération sur la souche ITELV2006, sur les critères poids vif de la naissance au sevrage et sur les GMQ naissance - sevrage, sevrage – abattage (Figure 2).

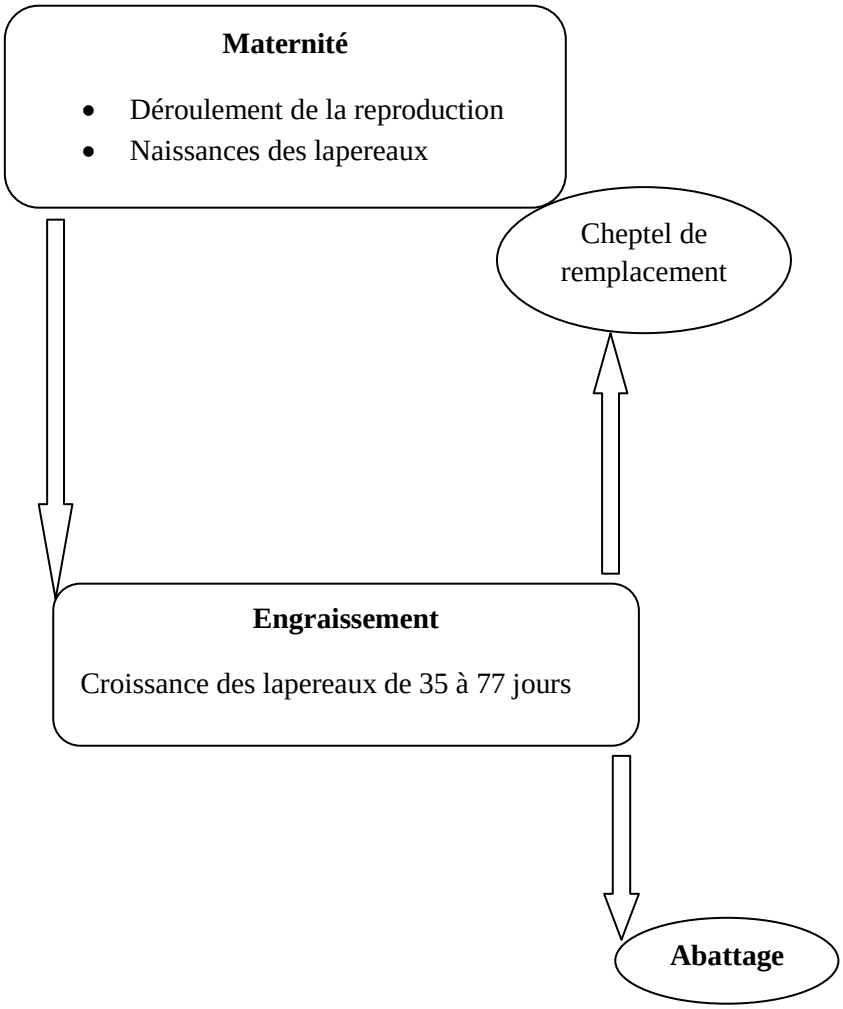

Figure 2 : Schéma du protocole expérimental

2.2. Conduite d'élevage

Après 32 ± 3 jours de vie, les sevrés sont transférés à la salle d'engraissement suite à une pesé individuelle, suivie d'une identification des sujets par tatouage à l'oreille. Les lapereaux sevrés sont installés dans des cages collectives par fratrie.

Toutes les mesures sont effectuées une fois par semaine et à la même heure (le matin entre 9 h et 11 h). Les animaux sont pesés en fonction de leur date de sevrage de la $5^{ème}$ à la $11^{ème}$ semaine.

2.3. Méthodes de calcul

2.3.1. Paramètres de croissance

- **Poids vif (PV)**

Il représente le poids vif moyen, il est obtenu par pesée.

- **Gain moyen quotidien (GMQ)**

Il représente le gain de poids moyen quotidien. Il est exprimé en (g/j).

GMQ = (Poids final – Poids initial) / Nombre de jours de mesure

- **Taux de mortalité**

M(%) = (Nb de sujets sevrés – Nb de sujets à la fin de l'engraissement) / Nb de sujets sevrés

2.3.2. Paramètres génétiques

- **Corrélations (r)**

Elle étudie le lien qui existe entre deux caractères chez un même individu.

La formule de PEARSON-BRAVAIS est la suivante :

$$r_{XY} = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x . \Sigma y}{n}}{\sqrt{\left(\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}\right) . \left(\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}\right)}}$$

X = Performances du premier jour

Y = Performances du deuxième caractère mesuré sur le même individu

n = Nombre d'individu

Selon MINVIELLE (1990), la lecture de la corrélation se fait comme suit :

- ✓ **r < 0,4 :** la corrélation est dite faible
- ✓ **0,4 ≤ r ≤ 0,7 :** la corrélation est dite moyenne
- ✓ **0,7 ≤ r ≤ 0,9 :** la corrélation est dite forte
- ✓ **r > 0,9 :** la corrélation est dite très forte

- **Indexation**

Il s'agit de calculer les valeurs génétiques additives (VGA) individuelles afin de choisir les meilleurs géniteurs pour la future génération sur les critères poids à 5 semaines, poids à 11 semaines et gain moyen quotidien du sevrage à l'abattage.

$$\hat{A} = (X_i - \bar{X}) / \sigma$$

X_i **:** Valeur phénotypique individuelle

$\bar{X}$ **:** Moyenne de la performance de la G6

σ : Ecart type

Lecture :

Â= 0 : l'index indique que la valeur génétique additive est à la moyenne de la population.

Â< 0 : l'index indique que la valeur génétique additive est inférieure à la moyenne de la population.

Â> 0 : l'index indique que la valeur génétique additive est supérieure à la moyenne de la population.

- **Â** est un multiple de 3 ; le géniteur représente 1% de sa population.

- **Â** est un multiple de 2 ; le géniteur représente 5% de sa population.

- **Â** est un multiple de 1 ; le géniteur représente 32% de sa population.

- **Progrès génétique**

Le progrès génétique ou la réponse à la sélection est calculé selon MINVIELLE (1990) et BONNES et *al.* (1991) de la manière suivante :

$$\mathbf{E = P (Gn + 1) – P (Gn)}$$

P : Progrès génétique

Gn : Génération parentale

Gn + 1 : Génération des descendants

2.4. Analyses statistiques

Les moyennes, les écarts types, les valeurs minimales et les valeurs maximales, les corrélations ainsi que les indexations ont été calculés avec le logiciel SPSS Statistics (Version 21).

II. Résultats et Discussion

1. Performances de croissance

1.1. Evolution du poids vif

Les poids moyens individuels et par portée des 4ème, 5ème et 6ème générations à la naissance (J0), au sevrage (J35) et à l'abattage (J77) sont consignés dans le tableau 14. On rappelle que nos données concernent ceux de la 6ème génération ; ceux de la 4ème et de la5ème générations sont des données antérieures qui nous ont permis de juger du dynamisme dans le temps.

Le poids moyen à la naissance de la 6ème génération ITELV2006 est de 51,97g avec un écart type de 9,66. Il demeure proche des poids moyens des 4ème et 5ème générations, soit respectivement 50,31 et 52,04g. Le poids obtenu est supérieur à celui rapporté par ZERROUKI et *al.* (2005) sur la population locale, soit 49,4g. Le poids à la naissance est amélioré par l'effet croisement.

Au sevrage, la moyenne de poids pour la 6ème génération est de 574,92g avec un écart type de 141,45. Le poids au sevrage obtenu est supérieure à celui de la 4ème génération, soit 473,50g et de la 5ème génération, soit 565,98 g. Pour la race locale, MOULLA (2006) enregistre un poids individuel au sevrage de 579,39g.

A l'abattage, la moyenne de poids des lapereaux de la 6ème génération est de 1711,29g avec un écart type de 311,85. Cette moyenne est inférieure à celle des lapereaux de la 5ème génération avec un poids de 1798,39g mais reste supérieure à celle des lapereaux de la 4ème génération avec un poids de 1452,11g.

CHAOU (2006) obtient pour la population locale, un poids moyen de 1432,59± 277,68g à 11 semaines d'âge et 1781,43 ± 314,18g à 13 semaines d'âge.

Le croisement génétique entre la lapine locale et la souche INRA2666 a permis de réduire la durée d'élevage en moyenne de deux semaines.

Les coefficients de variation liés au poids sont importants. Ils varient entre 18 et 42% ce qui témoigne d'une hétérogénéité importante entre individus.

Tableau 14 : Poids moyens individuels et par portée des 4ème, 5ème et 6ème générations de la souche synthétique ITELV2006

Gn	Poids vif (g)					
	Portée			Individuel		
	Naissance	Sevrage (35J)	Abattage (77J)	Naissance	Sevrage (35J)	Abattage (77J)
G4	428,48 ± 132,40 (30,90%)	3360,36 ± 900,15 (26,79%)	7999,33 ± 3161,57 (39,52%)	50,31 ± 9,66 (19,20%)	473,50 ± 123,12 (26%)	1452,11 ± 265,91 (18,31%)
G5	425,25±136,82 (32,17%)	4084,95±1425,67 (34,90%)	10298,06± 4295,95 (41,72%)	52,04 ± 11,96 (22,98%)	565,98 ± 162,66 (28,34%)	1798,39 ± 625,49 (34,78%)
G6	425,22 ± 144,46 (26,92%)	4020,34±1122,97 (27,93%)	10073,51± 4000,77 (39,72%)	51,97 ± 13,07 (25,15%)	574,92 ± 141,45 (24,60%)	1711,29 ± 311,85 (18,22%)

Les valeurs entre parenthèses représentent des coefficients de variation.

La distribution normale du poids au sevrage est rapportée par la figure 3. Celle-ci laisse apparaître un poids minimum de 200g qui peut être jugé trop insuffisant et un poids maximum de 1000g qui peut correspondre à des individus à bonne aptitude de croissance.

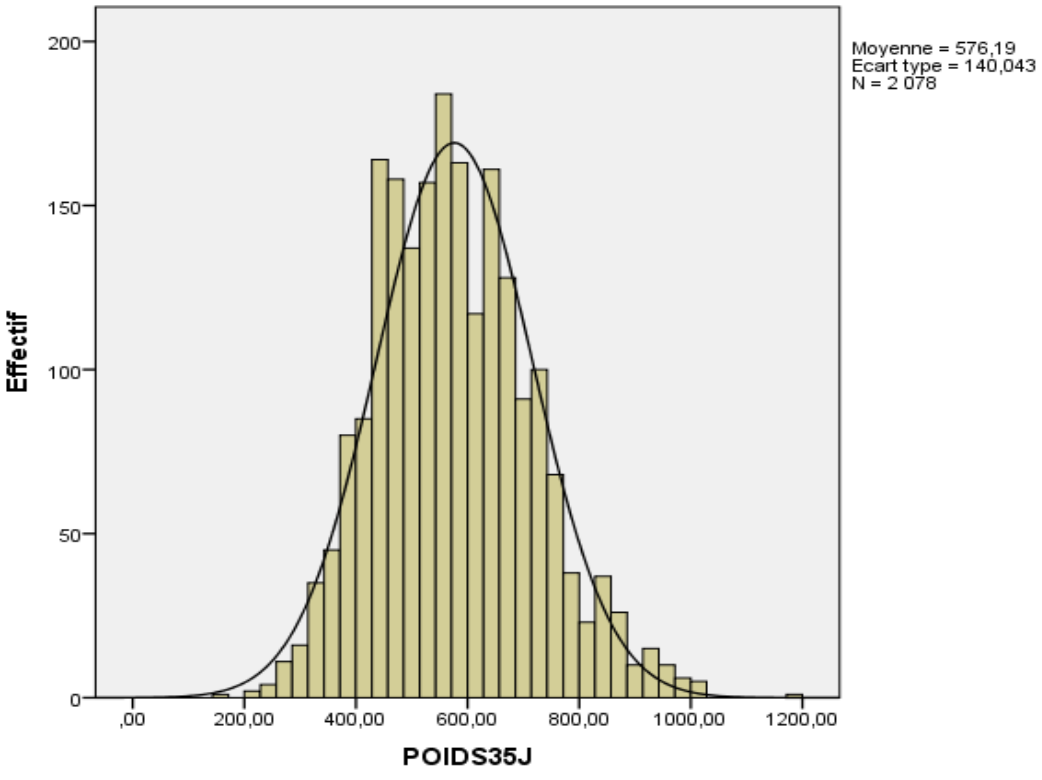

Figure 3: Distribution des poids au sevrage

L'histogramme de la figure 4 montre une distribution normale, avec des poids minimum de moins de 1000g qui devraient être éliminés par la sélection, et des poids maximum de plus de 2500g qu'il faudrait essayer d'atteindre par le choix de géniteurs à index élevé.

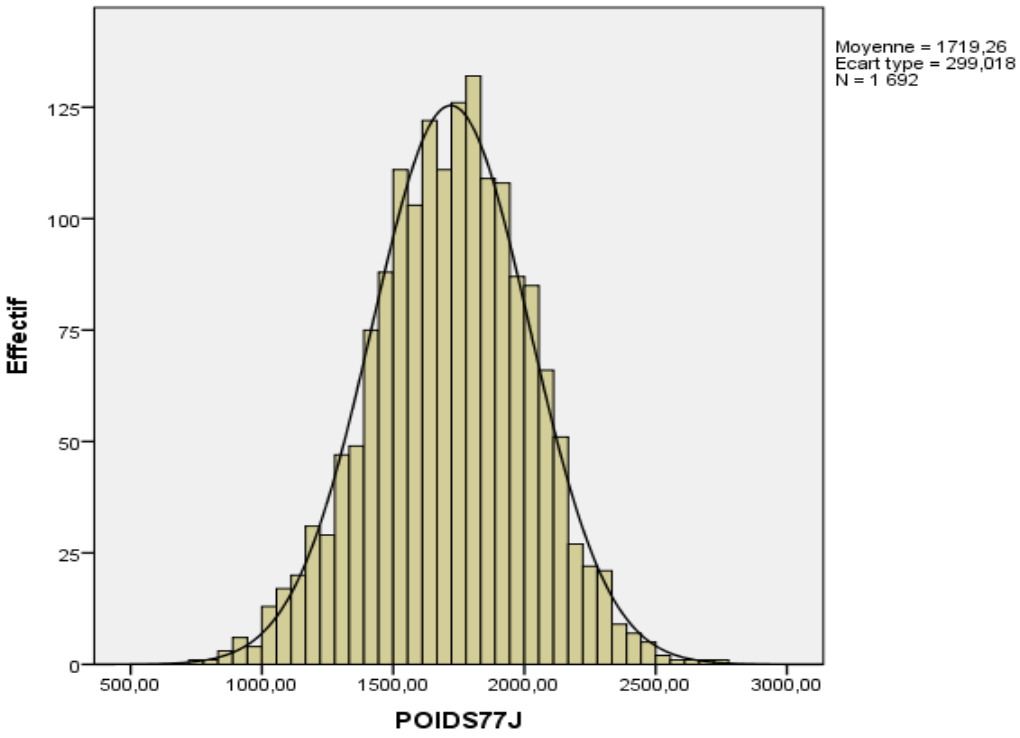

Figure 4 : Distribution des poids à l'abattage

I.2. Evolution du Gain Moyen Quotidien (GMQ)

L'examen du tableau 15 qui rapporte les valeurs des gains moyens quotidiens des 4ème, 5ème et 6ème générations aux différents stades de croissance montre que le gain moyen quotidien naissance-sevrage de la 6ème génération ITELV2006 est de 12,45g/j avec un écart-type de 5,04. Ce gain se rapproche de celui de la génération précédente (12,24g/j) mais demeure supérieur à celui de la 4ème génération (10,07g/j).

La vitesse de croissance en période sevrage-abattage est de 26,91g/j avec un écart type de 6,28. Cette valeur se rapproche des GMQ des 4ème et 5ème générations qui sont respectivement de 22,55g/j et 29,91g/j. Plusieurs auteurs (BERCHICHE et *al*., 1999 ; KADI et *al*., 2004 ; LAKABI et *al.*, 2004 ; CHAOU, 2006 ; HAMEUR LAIN, 2006 ; DJELLAL et *al.*, 2006 cités par MEFTI KORTEBY, 2012) rapportent, pour la population locale, des gains moyens quotidiens compris entre 12,25 et 28 g/j.

Tableau 15 : Valeurs des GMQ des 4ème, 5ème et 6ème générations de la souche synthétique ITELV2006 au cours de la croissance

Gn	GMQ (g/j)	
	Naissance - Sevrage	Sevrage - Abattage
G4	10,07 ± 3,02 (30%)	22,55 ± 5,26 (23,32%)
G5	12,24 ± 4,90 (40,03%)	29,20 ± 13,93 (47,70%)
G6	12,45 ± 5,04 (40,48%)	26,91 ± 6,28 (23,34%)

Les valeurs entre parenthèses représentent des coefficients de variation.

La figure 5 qui rapporte la distribution normale du GMQ naissance-sevrage laisse apparaître un GMQ maximal de 20g/j. Ce gain est suffisamment élevé pour la période pré-sevrage pour permettre le choix des lapereaux à bonne aptitude de croissance.

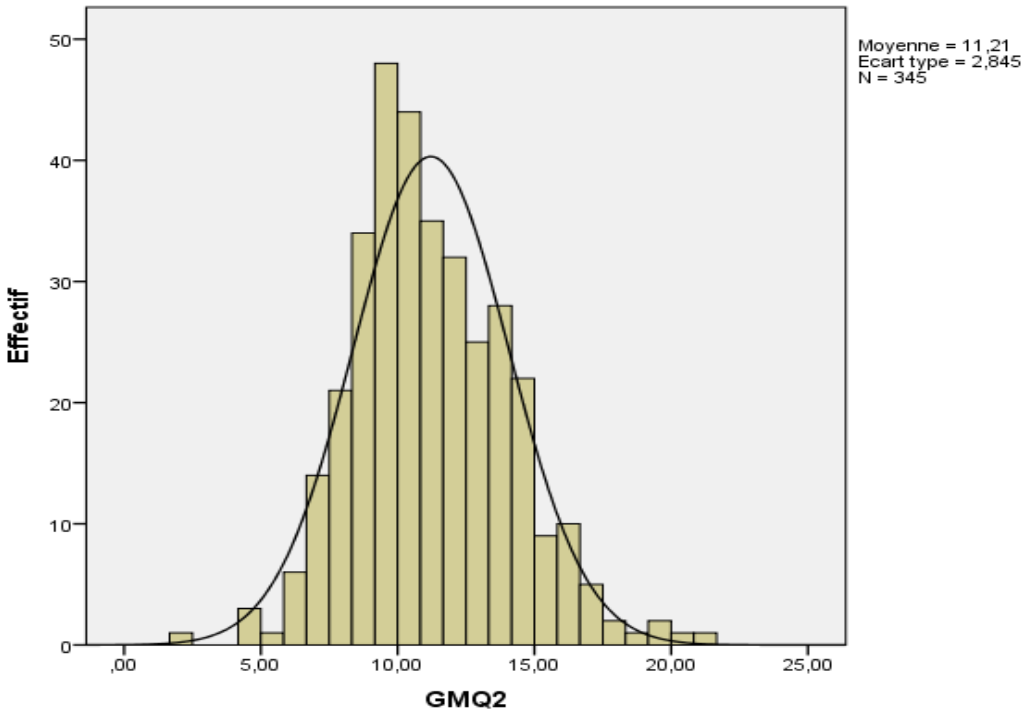

Figure 5 : Distribution du GMQ naissance - sevrage

La figure 6 qui illustre la distribution normale du GMQ sevrage-abattage montre un GMQ de plus de 40g/j. Selon MEFTI KORTEBY (2012), ce gain correspond aux normes du lapin sélectionné de format moyen, où il dépasse les 40g/j.

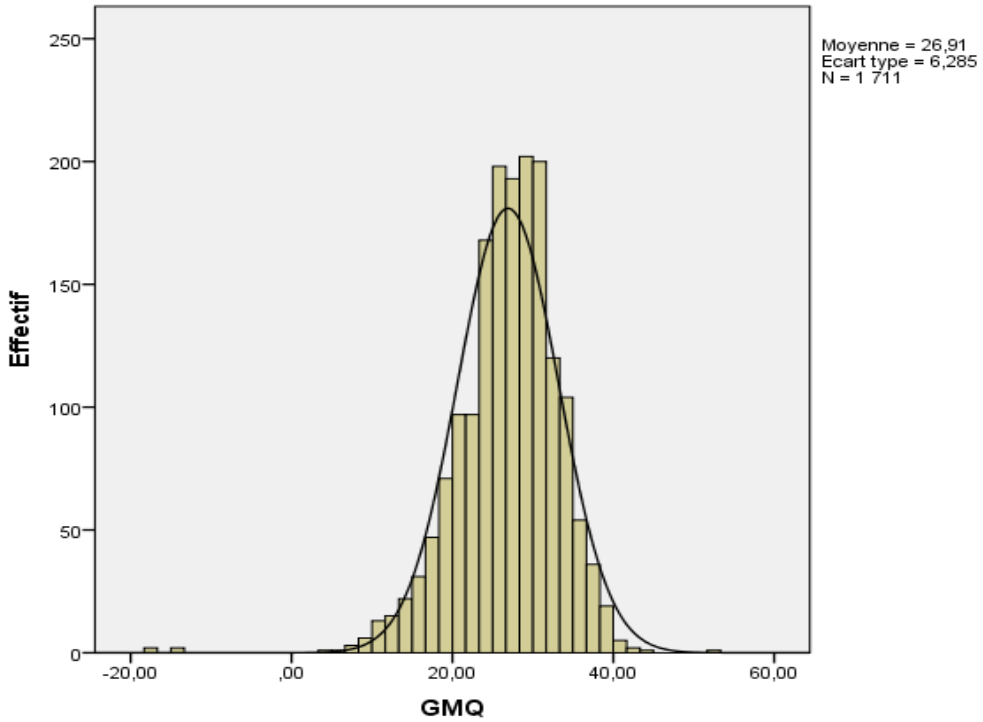

Figure 6 : Distribution du GMQ sevrage – abattage

I.3. Taux de mortalité

Les taux de mortalité des 4ème ,5ème et 6ème générations de la naissance à l'abattage, pour la souche synthétique ITELV2006 sont consignés dans le tableau 16. Le taux de mortalité des lapereaux de la 6ème génération pendant la période naissance – sevrage est de 26%. Ce taux est également enregistré pour les lapereaux de la 5ème génération pendant la même période (26,20%) alors que pour la 4ème génération, le taux enregistré est plus élevé, soit 30,23%.

Pour la population locale, ZERROUKI et *al.* (2005) ont obtenu un taux de mortalité de 14%.

Ces taux de mortalités restent élevés sachant que la limite tolérée dans un élevage rationnel est de 10% (LEBAS, 1991).

En post sevrage, soit pendant la période sevrage – abattage, le taux de mortalité calculé pour la 6ème génération de la souche synthétique ITELV2006 s'établit à 18,13%. Cette valeur est supérieure à celle obtenue à la 5ème génération, soit 13,35% mais reste nettement inférieure à celle enregistrée à la 4ème génération (30,32%).

GACEM et *al.* (2009) ont enregistré un taux de mortalité de 25% pour les générations précédentes de la même souche synthétique (G1, G2, G3) et un taux de 23% pour la population locale.

Tableau 16 : Taux de mortalité des 4ème, 5ème et 6ème générations de la souche synthétique ITELV2006 de la naissance à l'abattage

	Taux de Mortalité (%)	
Gn	Naissance - Sevrage	Sevrage -Abattage
G4	**30,23**	**32,32**
G5	**26,20**	**13,35**
G6	**26**	**18,13**

2. Paramètres génétiques

2.1. Etude des corrélations sur les performances de croissance

Les valeurs des corrélations entre les différents paramètres de croissance de la souche synthétique ITELV2006 à la 6ème génération sont rapportées dans le tableau 17.

Tableau 17 : Valeurs des corrélations entre les critères de croissance

Critères	Poids au sevrage	Poids à l'abattage	GMQ
Poids au sevrage		+ 0,61**	+ 0,21**
Poids à l'abattage	+ 0,61**		+ 0,90 **
GMQ	+ 0,21**	+ 0,90 **	

*Corrélation très significative ** à P≤ 1%*

2.1. 1. Corrélation entre le poids au sevrage et le poids à l'abattage

La corrélation entre le poids au sevrage et le poids à l'abattage est de +0,61**. Elle est positive, moyenne et très significative. Cette corrélation est de + 0,72** pour la population locale (MEFTI KORTEBY, 2012). On peut donc en déduire que porter un choix sur le poids au sevrage offre de fortes chances de retrouver ces individus sélectionnés à un poids fortement élevé à l'abattage.

2.1.2. Corrélation entre le poids au sevrage et le gain moyen quotidien

La corrélation entre le poids au sevrage et le gain moyen quotidien est de +0,21**. Elle est positive, faible et très significative. Les lapereaux à poids élevé au sevrage ne présentent pas les meilleurs GMQ.

Cette corrélation est de + 0,53** pour la population locale (CHAOU, 2006).

Ceci nous mène à pratiquer une sélection obligatoirement simultanée sur le poids au sevrage et le GMQ afin d'obtenir des individus sélectionnés pour les deux critères à la fois.

2.1.3. Corrélation entre le poids à l'abattage et le gain moyen quotidien

La corrélation entre le gain moyen quotidien et le poids à l'abattage est de +0,90**. Elle est positive, très forte et très significative. Si le GMQ augmente, le poids à l'abattage augmente également. Dans ce cas, on peut pratiquer une sélection indirecte mais plutôt tardive.

Pour la population locale, les travaux de MEFTI KORTEBY (2012) montrent que porter un choix sur le poids vif à l'abattage (r = + 0,72**) est plus rentable que le choix sur le gain moyen quotidien (r = + 0,50**).

2.2. Estimation de la valeur génétique additive

2.2.1. Interprétation de l'indextion

Indexer consiste à obtenir la valeur génétique additive car les caractères quantitatifs sont polygéniques à effets additifs. Un géniteur ne transmet pas à sa descendance sa valeur génotypique (constituée de valeur génétique additive, des effets de dominance et de effets d'épistasie) mais uniquement la moitié de sa valeur génétique additive. L'autre moitié provient de l'autre parent pour reconstituer la valeur génotypique dont la composante est héritable (valeur génétique additive) et non héritable (effets de dominance et effets d'épistasie).

Les index sont établis en écart de référence le plus souvent, 0 ou 100 (JUSSIAU et *al.*, 2006).

L'index 0 ; indique que le géniteur porteur d'une telle valeur représente la moyenne de la population. Son choix mène à garder des valeurs moyennes de la population, à l'état statique d'une génération à l'autre.

L'index positif ; indique que le géniteur mène la moyenne de la population vers un dynamisme positif dit progrès génétique ou réponse à la sélection. Ce paramètre dépend de la différentielle de sélection qui n'est autre que la différence entre la moyenne des sélectionnés et la moyenne de la population. Plus la différentielle de sélection est élevée, plus est important le progrès génétique.

Parmi les index positifs :

- Index égal à + 3 : de tels géniteurs ne constituent que 1% de leur population, ils présentent des différentielles de sélection très élevées. Leur choix est idéal pour la sélection génétique en race pure.
- Index égal à + 2 : de tels géniteurs constituent 5% de leur population ; ils présentent des différentielles de sélection élevées. Leur choix est bon pour la sélection génétique en race pure.
- Index égal à + 1 : ces géniteurs constituent 32% de leur population, ils présentent des différentielles de sélection moyennes. Leur choix mène à un progrès génétique assez intéressant en sélection génétique en race pure.
- L'index négatif n'intéresse en aucun cas le généticien. Il est responsable d'une régression de la moyenne des performances.

2.2.2. Index des critères de croissance

Le tableau 18 regroupe les résultats des valeurs génétiques additives des critères de croissance de la souche ITELV2006 à la 6ème génération.

Tableau 18 : Valeurs génétiques additives des critères de croissance

	N	Min	Max	Moyenne	Ecart type
Index poids vif 35 jours	2079	- 4,06	4,35	0,03	0,95
Index poids vif 77 jours	1694	- 5,49	3,27	0,02	0,96
Index GMQ sevrage-abattage	1702	- 7,04	4,07	0,02	0,99

- **Index du poids vif au sevrage**

Parmi les 2079 individus, 1040 sont des mâles. Parmi eux, 10 individus sont à index 3, 52 à index 2 et 332,8 à index 1. Les besoins annuels de l'ITELV ne dépassent pas 30 mâles aussi bien pour les géniteurs potentiels que pour ceux de remplacement. On peut supposer que les 30 individus seront capables de donner des poids à l'abattage entre 800 et 1000g.

Les besoins en femelles à l'ITELV sont 5 fois plus importants que ceux des mâles. Pour 150 femelles on suppose que 10 seront à index 1, 52 à index 2 et 88 entre index 1 et 2. Elles sont capables de donner des poids entre 600 et 1000g.

Il est certain que le progrès provenant par la voie des mâles est plus important que celui ramené par la voie des femelles.

La figure7 montre une distribution normale des valeurs génétiques additives du poids vif au sevrage, avec une valeur maximale de +3,00 et une valeur minimale de -3,00.

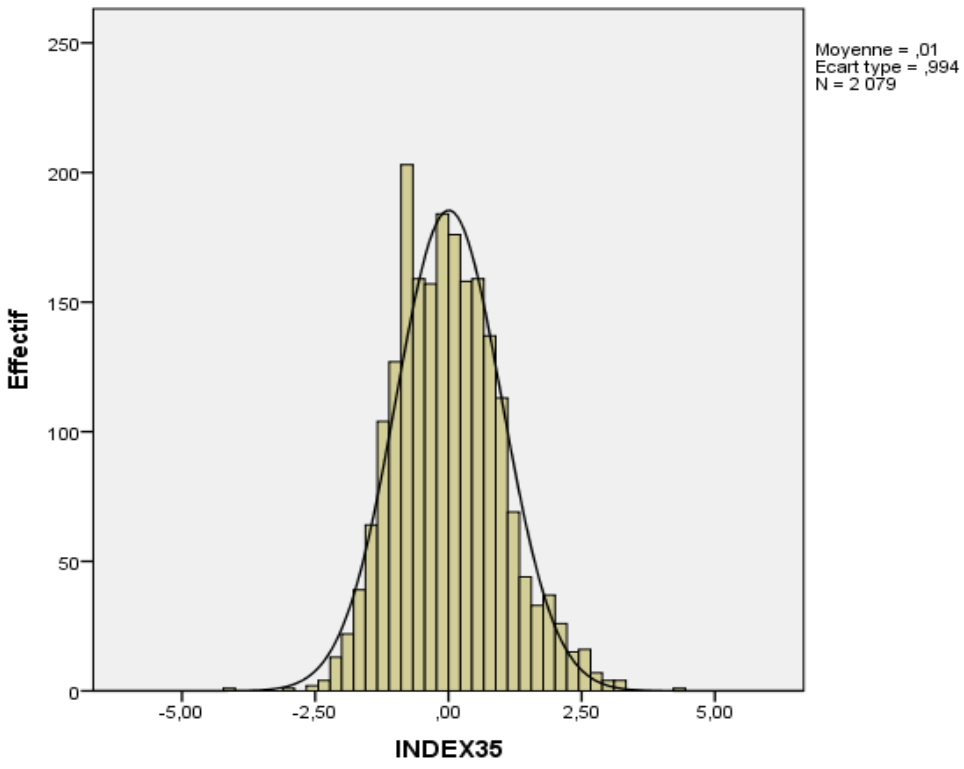

Figure 7 : Histogramme des index de poids vif au sevrage

- **Index du poids vif à l'abattage**

Parmi les 1694 individus arrivés à l'âge d'abattage, soit à 77 jours, 847 sont des mâles Parmi eux, 8 individus sont à index 3, 44 à index 2 et 271 à index 1. Si on suppose que les besoins en géniteurs sont de 30 mâles, il est certain qu'ils soient tous supérieurs à index 2. On peut supposer que les 30 individus sont capables de donner des poids à l'abattage qui se situeraient entre 2200 et 1000g.

Les besoins en femelles à l'ITELV sont 5 fois plus importants que ceux des mâles. Pour 150 femelles on aura 8 qui seront à index 1, 44 à index 2 et 98 entre index 1 et 2. Elles sont capables de donner des poids à l'abattage qui se situeraient entre 1550g et 2500g.

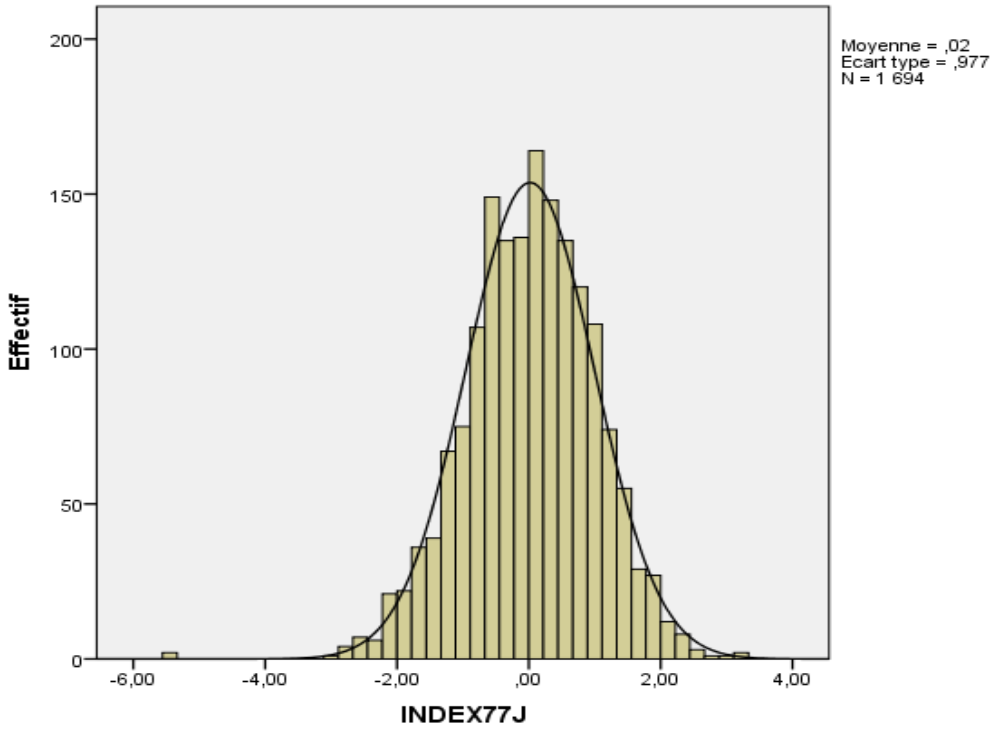

Figure 8 : Histogramme des index de poids vif à l'abattage

L'histogramme des index par rapport au poids à l'abattage qui est rapporté par la figure 8 suit une distribution normale. Celle ci laisse apparaître des valeurs intéressantes.

- **Index des GMQ**

Parmi les 1702 individus, 851 sont des mâles. Parmi eux, 8 individus sont à index 2,5, 43 à index 2 et 272 à index 1. Les besoins annuels de l'ITELV ne dépassent pas 30 mâles aussi bien pour les géniteurs potentiels que pour ceux de remplacement. Les 30 individus seront capables de donner des gains moyens quotidiens qui se situeraient entre 38 et 40 g/j.

Pour 150 femelles utilisées en reproduction, on suppose que 8 seront à index 1, 43 à index 2 et 99 entre index 1 et 2. Elles sont capables de donner des gains qui se situeraient entre 30 et 40g/j.

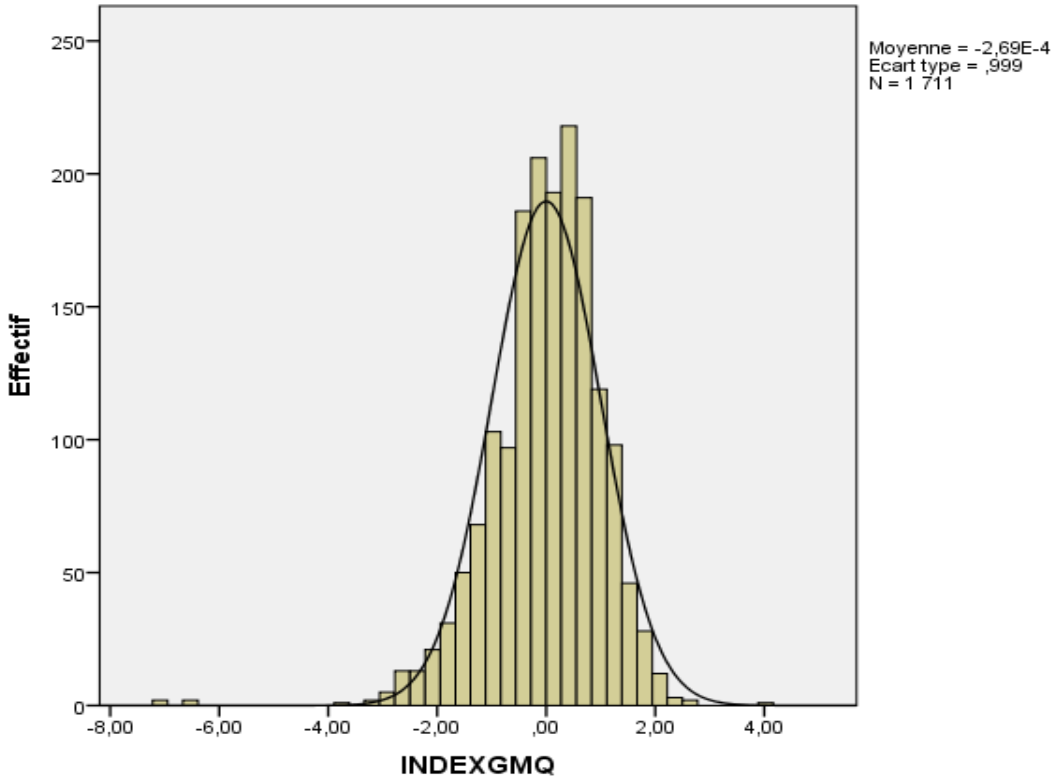

Figure 9 : Histogramme des index des GMQ

L'index le plus élevé est 2,5 ; une sélection sur GMQ semble efficace et capable de donner des géniteurs à valeurs génétique élevée.

2.3. Cinétique du progrès génétique

- **Cinétique du progrès génétique lié au poids**

Le tableau 19 regroupe les valeurs du progrès génétique pour les critères de croissance durant les deux dernières générations de sélection de la souche synthétique ITELV2006.

Le progrès génétique fluctue d'une génération à l'autre. Cette fluctuation concerne aussi bien le poids vif que la vitesse de croissance.

Les deux générations enregistrent un progrès génétique positif mais faible pour la période de sevrage (+8,94g) alors que pour les périodes naissance et abattage, elles inscrivent des pertes qui sont respectivement de -0,27g et -87,1g.

Le progrès génétique pour le GMQ naissance-sevrage est positif mais faible (+0,21g/j). La période sevrage-abattage n'inscrit aucun progrès génétique (-2,29g/j).

Tableau 19 : Progrès génétique des performances de croissance de la souche synthétique ITELV2006.

Gn	Progrès Génétique				
	Poids (g)			GMG (g/j)	
	Naissance	Sevrage	Abattage	Naissance-Sevrage	Sevrage – Abattage
G5/G4	+1,73	+92,48	+346,28	+2,17	+6,65
G6/G5	-0,27	+8,94	-87,1	+0,21	-2,29

Ces critères évoluent donc aléatoirement d'une génération à l'autre (Figure 10). A l'origine, on peut incriminer le choix des géniteurs ou un aliment qui ne répond pas aux exigences de la nouvelle souche synthétique.

Une sélection divergente, appliquée sur la population locale par MEFTI KORTEBY (2012) a montré un progrès génétique positif au cours des générations. En effet, une amélioration significative du poids au sevrage à été constatée. Ce gain s'est répercuté positivement sur le poids à l'abattage. La souche a bénéficié de la complémentarité du croisement puisque la durée d'élevage a diminué de deux semaines.

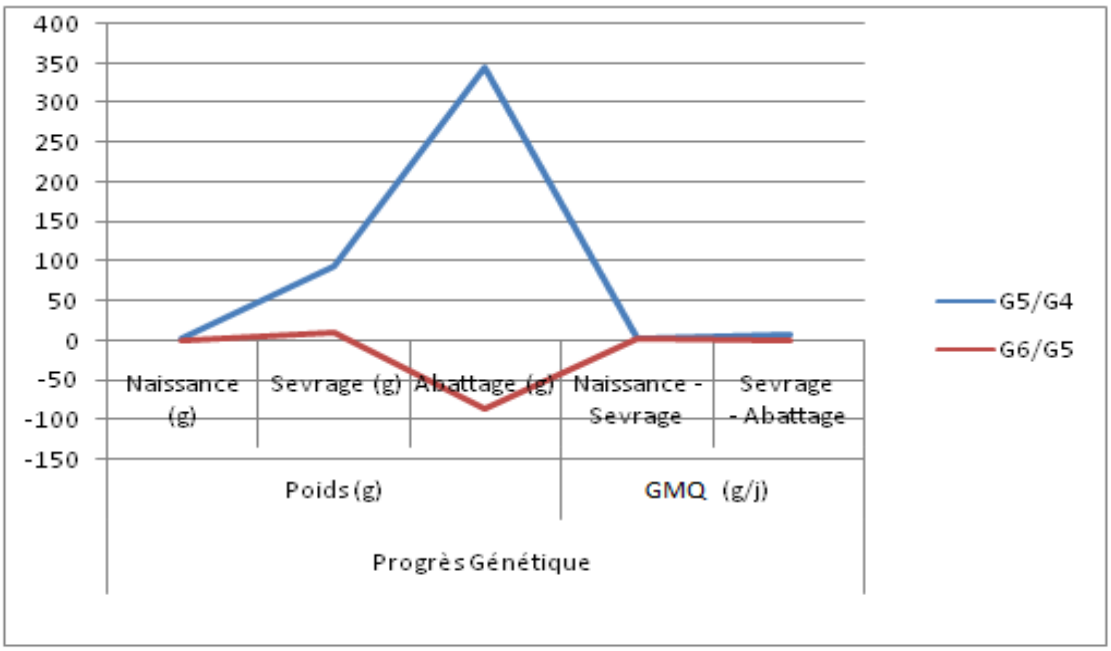

Figure 10 : Evolution du progrès génétique liés au poids des 4ème, 5ème et 6ème générations de la souche synthétique ITELV2006

DISCUSSION GENERALE

Dans l'objectif de développer et d'améliorer la production cunicole, l'ITELV en collaboration avec l'INRA de France, a établi un programme permettant d'améliorer la prolificité et le poids de la population locale. La voie d'amélioration choisie est un croisement de métissage entre des femelles locales et des géniteurs de la souche INRA2666. Cet outil d'amélioration génétique permet d'exploiter les effets de complémentarité entre races ou populations et les effets hétérosis. Le travail réalisé sur la 6ème génération de la souche synthétique ITELV2006 a permis d'obtenir les résultats suivants :

- Le poids moyens des lapereaux de la souche synthétique à la naissance (51,97g) est plus élevé que celui observé pour la population locale, soit 49,4g (ZERROUKI et *al*., 2005). On peut en déduire que le poids à la naissance de la souche ITELV2006 est amélioré par l'effet croisement.

  Le sevrage est pratiqué à 35 jours, certains travaux le signale à 28 jours alors que d'autres entre 30 et 40 jours (DJELLAL et *al.*, 2006).

  Le poids individuel au sevrage qui s'établit à 574,92g est comparable à celui obtenu par MOULLA (2006) sur la population locale, soit 579,39g. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas eu de sélection sur le critère poids au sevrage ou que probablement, la production laitière est faible ce qui ne permet pas aux lapereaux d'extérioriser leurs potentiels génétiques.

  Le poids moyen à l'abattage pour la souche synthétique s'établit à 1711,29g. Pour la population locale, CHAOU (2006) enregistre des poids moyens de 1432,59 ± 277,68 et de 1781,43 ± 314,18g respectivement à 11 et à 13 semaines d'âge

  Le croisement génétique entre la lapine locale et la souche INRA2666 a permis de réduire la durée d'élevage en moyenne de deux semaines.

- En post sevrage, le GMQ de la 6ème génération ITELV2006 est en moyenne de 26,91g/j. Cette vitesse de croissance est supérieure à celle obtenue chez la population locale, soit 20,44g/j (MOULLA, 2006) mais reste faible comparée au GMQ obtenu par LAFFOLAY (1985) sur une souche améliorée (35,8 g/j). L'alimentation semble être l'un des facteurs limitant. Le déséquilibre nutritionnel de l'aliment ne permet probablement pas à l'animal d'extérioriser ses potentialités.

- Pendant la période d'engraissement, la souche synthétique ITELV a enregistré un taux de mortalité de 18,13% alors que MOULLA (2006) a obtenu un taux de 15,78% pour la population locale. Cependant, ce taux de mortalité plus élevé est à mettre en relation avec les mauvaises conditions du milieu parmi lesquelles on peut citer le facteur humain.

- L'étude des corrélations montre que le poids au sevrage et le poids à l'abattage sont corrélés positivement (r = +0,61**). On peut donc en déduire que porter un choix sur le critère poids au sevrage offre de fortes chances de retrouver ces individus sélectionnés à un poids fortement élevé à l'abattage.

  La corrélation entre le poids au sevrage et le gain moyen quotidien est de +0,21** ce qui devrait conduire à pratiquer une sélection obligatoirement simultanée sur le poids au sevrage et le GMQ afin d'obtenir des individus sélectionnés pour les deux critères à la fois.

  La corrélation entre le gain moyen quotidien et le poids à l'abattage s'établit à +0,90**. Ainsi, si le GMQ augmente, le poids à l'abattage augmente également. Dans ce cas, on peut pratiquer une sélection indirecte mais plutôt tardive.

- Les meilleurs index de poids sont de 3 ce qui indique une possibilité de sélection très efficace sur ce caractère. Ainsi, le clapier de l'ITELV peut être peuplé avec des animaux indexés au poids à 5 ou à 11 semaines d'âge, capables de transmettre des valeurs génétiques additives très intéressantes.

  L'index de gain moyen quotidien le plus élevé est 2,5. Une sélection sur GMQ semble efficace et capable de donner des géniteurs à valeur génétique élevée.

- Le progrès génétique fluctue d'une génération à l'autre. Cette fluctuation concerne aussi bien le poids vif que la vitesse de croissance.

  Le progrès génétique pour le poids vif au sevrage est positif mais faible (+8,94g). Les poids vifs à la naissance et à l'abattage enregistrent des pertes qui sont respectivement de -0,27g et -87,1g.

Le GMQ en pré sevrage est positif mais faible (+0,21g/j) alors que la période post sevrage n'inscrit aucun progrès génétique (-2,29g/j).

Ces critères évoluent donc aléatoirement d'une génération à l'autre. A l'origine, on peut incriminer le choix des géniteurs ou un aliment qui ne répond pas aux exigences de la nouvelle souche synthétique.

CONCLUSION

Afin de caractériser la souche synthétique ITELV2006 du point de vue zootechnique et génétique pendant sa période de croissance, une analyse rétrospective a été réalisée sur les 4ème et 5ème générations suivie d'une étude sur la 6ème génération.

Au cours de notre expérimentation, une comparaison des différentes performances de la souche synthétique a été faite avec celles du lapin local afin d'évaluer l'effet du croisement.

Les performances de croissance des lapereaux de la souche synthétique ITELV2006 en engraissement sont certes plus élevées que celles de la population locale. Probablement de meilleures performances auraient été obtenues avec un aliment mieux équilibré. Il serait donc nécessaire, d'une part, d'améliorer la qualité de l'aliment et, d'autre part, d'insister sur la sélection sur index tout en prenant compte le sens et la signification des corrélations.

La souche synthétique présente une réduction d'âge d'abattage de deux semaines, par rapport à la population locale, ce qui signifie qu'elle présente un meilleur gain moyen quotidien pour avoir réalisée cet exploit. L'objectif de la sélection sur croissance est donc en partie atteint, puisque son objectif est soit de réduire l'âge d'abattage, ou d'augmenter le poids à un âge type.

Les taux de mortalité enregistrés pour la souche ITELV2006 sont très élevés. Des efforts doivent donc être fournis afin de modifier la conduite d'élevage et d'améliorer les conditions du milieu.

L'utilisation du croisement génétique comme instrument d'amélioration permet d'exploiter les effets hétérosis, la complémentarité entre races ou populations et l'obtention de la vigueur hybride.

L'étude des corrélations sur les données de croissance montre :

- L'efficacité d'une sélection précoce sur le poids et le gain moyen quotidien,
- Une sélection directe sur le gain moyen quotidien peut améliorer le poids par effet indirect ou corrélatif.

Les index des futurs géniteurs de la 6ème génération sont entre 2 et 3, ce qui leur permettra de transmette une valeur génétique additive élevée à leurs descendants. Le progrès génétique fluctue d'une génération à l'autre. Avec de meilleures conditions, ces animaux auraient pu mieux extérioriser leurs potentialités génétiques.

Notre travail confirme l'intérêt de la souche synthétique obtenue à partir du croisement entre une population locale et une souche de l'INRA et ceci via l'expression des potentialités génétiques nettement meilleures que celles de la population locale. Cependant, il serait possible d'améliorer encore plus les performances de la souche ITELV2006 en appliquant certaines méthodes, telles que :

- ✓ La fourniture d'un aliment équilibré et répondant aux besoins de ces nouvelles souches pour permettre l'extériorisation de leurs potentialités génétiques,
- ✓ La sélection des futurs géniteurs de manière précoce,
- ✓ L'intensification de la sélection des futurs reproducteurs afin d'homogénéiser les résultats de production,
- ✓ La mise en place d'autres croisements (si possible avec une lignée paternelle) pour de meilleures complémentarité et effets hétérosis.

Aujourd'hui, alimenter et reproduire, ne suffisent plus, il faudrait intégrer les programmes d'amélioration génétique afin de structurer le sommet de la pyramide zootechnique.

L'application des techniques biotechnologiques en reproduction, en génétique, en alimentation et en santé animale, permettra d'optimiser les performances zootechniques et les progrès génétiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

1. ABDELLI O., BERCHICHE M., 2012. Effet du phénotype de la lapine, de la qualité du nid et de la saison de mise bas sur la viabilité et la croissance des lapereaux de la population locale algérienne, *3ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*, 6-10 Novembre 2012, Marrakech, Maroc.

2. AL SOBAYIL K.A., AL HOMIDAN A.H., KHALIL M.H., MEHAIA M.A., 2005. Heritabilities and genetic analysis of milk yield and components in crossing project of Saudi rabbits with Spanish V-line, Livestock Research for Rural Development, 17 (10).

3. ARGENTE M.J., SANTACREU M.A., CLIMENT A., BOLET G., BLASCO A., 1997. Divergent selection for uterine capacity in rabbits, Journal of animal science, Vol.75, N° 9, pp 2350-2354.

4. ARGENTE M.J., SANTACREU M.A., CLIMENT A., BLASCO A., 1999. Phenotypic and genetic parameters of birth weight and weaning weight of rabbits born from intact does, *Livestock production science*, vol. 57, issues 2 (1), pp 159-167.

5. AVREUX P., 1993. Un critère capital: L'indice de consommation globale, Cuniculture, N°114, 20 (6), pp 281-283.

6. BELHADI S., BOUKIR M., AMRIOU L., 2002. No genetic factors affecting rabbit reproduction in Algeria, *World Rabbit Science*, vol. 10 (3), pp 103-109.

7. BELHADI S., BASELGA M., 2003. Effets non génétiques directs sur les caractères de croissance d'une lignée de lapin, In : *10ème Journées de Recherche Cunicole*, 19-20 Novembre 2003, Paris.

8. BELHADI S., 2004. Characterzation of local rabbit performances in Algeria. Environmental variation of litter size and weights, *Options Méditerranéennes*-Série Séminaires, pp 218-223.

9. BENRAIS F., CHIBANI C., 2004. Les performances de croissance du lapin hybride élevé en semi plein air: Influence des conditions d'ambiance d'hiver. Mémoire d'Ingéniorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 47p.

10. BERCHICHE M., LEBAS F., 1994. Rabbit rearing in Algeria : family farms in Tizi-Ouzou area, *Options Méditerranéennes*, Séries Cahiers, 8 : 409-413.

11. BERCHICHE M., LEBAS F., OUHAYOUN J., 1995. Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations, *World Rabbit Science*, 3 (2): 63-67.

12. BERCHICHE M., ZERROUKI N., LEBAS F., 2000. Reproduction performances of local Algerian does raise in national condition, *7th World Rabbit Congress*, Valencia, 4-7 Juillet 2000, *World Rabbit Science*, 8 (sup;1) B 43-49.

13. BERCHICHE M., KADI S.A., 2002. The Kabyle Rabbits (Algeria), CIHEAM, *Options Méditerranéennes*, pp 13-20.

14. BERCHICHE M., CHERFAOUI D., LOUNAOUCI G., KADI S.A., 2012. Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie, *3ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*, 6-10 Novembre 2012, Marrakech, Maroc.

15. BIDANEL J.P., 1992. La gestion des populations: Comment exploiter la variabilité génétique entre races: du croisement simple à la souche synthétique, *INRA Productions Animales*, hors série « Eléments de génétique quantitative et application aux populations animales », pp 249-254.

16. BLASCO A., GOMEZ E., 1993. A note on growth curves of rabbit lines selected on growth rate ou litter size, Animal Production, 1993, 57: 332-334.

17. BOISOT P., DUPPERRAY J., GUYONVARCH A., 2005. Intérêt d'une restriction hydrique en comparaison au rationnement alimentaire en bonnes conditions sanitaires et lors d'une reproduction expérimentale de l'Entéropathie Epizootique du lapin (EEL), *11ème Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 Novembre 2005, Paris.

18. BONNES G., AFKE A., DARRE, FUGIT G., GADOUD R., 1991. Amélioration génétique des animaux domestiques, Paris/ Foucher, 287 p.

19. BOUGUERRA A., 2011. Contribution à l'évaluation des performances zootechniques du lapin de population locale élevé en semi plein air, Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 86 p.

20. BOUDJEMA C., LARAB M., 2013. Croisement de lapines hybrides avec des lapins de souche locale : Analyse des caractères phénotypiques de la génération F1, Master en Sciences et Techniques des productions animales, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 57 p.

21. BOUJENANE I., 1996. Méthodes d'évaluation génétique des reproducteurs : Application aux taureaux d'IA du programme national de testage, Séminaire de l'ANPA sur *« L'amélioration génétique des bovins laitiers »*, Taroudant, 24-25 Mai 1996, pp 75-84.

22. BRUN J.M., 1992. Les bases de la génétique quantitative : Définition et mesure des paramètres, hors série « Elément de génétique quantitative et application aux populations animales », pp 101-105**.**

23. BRUN J.M., 1993. Paramètres du croisement entre trois souches de lapin et analyse de la réponse à une sélection sur la taille de portée : caractères des portées à la naissance et au sevrage, *Génét. Sél. Evol*., 25 : 459-474.

24. BRUN J.M., BASELGA M., 2005. Analysis of reproductive performances during the formation of a synthetic rabbit strain, *World Rabbit Science*, 2005, 13: 239 – 252.

25. CAMACHO J., BASELGA M., 1990. Estimation des corrélations génétiques entre caractères de reproduction et de croissance à travers la réponse à la sélection, *5ème Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, France.

26. CANDAU M., AUVERGNE A., BABILE R., BENHALLOU A., 1982. Influence des apports minéraux de la ration sur le sex ratio chez le lapin, *3ème Journées de la Recherche Cunicole*, France, ITAVI, Ed. Paris.

27. CHALABI A., ZENBOUDJI E., 2011. Evaluation des paramètres de reproduction et de croissance chez la lapine de souche hybride, élevée en semi plein air en été, Mémoire d'Ingéniorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 46 p.

28. CHAOU T., 2006. Etudes des paramètres zootechniques et génétiques d'une lignée paternelle sélectionnée en GO et de sa descendance, du lapin local « *Oryctolagus Cuniculus* », Mémoire de Magistère en Médecine Vétérinaire, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, El Harrach, 127 p.

29. COLIN M., 1975. Besoins nutritionnels et alimentation pratique du lapin. Informations techniques des services vétérinaires N 51 à 54, 1976.

30. COMBES S., 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin, INRA Productions Animales, 17 (5), pp 373-383.

31. COUDERT C.L., 2005. Influence du sevrage précoce sur la sensibilité des lapereaux à une infection expérimentale par une souche d'Escherichia coli Entéropathogène O103 :H2. Thèse de Docteur Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire, Toulouse, France, 76 p.

32. DAOUD-ZERROUKI N., 2006. Caractérisation du lapin de la population locale : Evaluation des performances de reproduction des lapines en élevage rationnel, Thèse de Doctorat en Biologie Animale, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 131 p.

33. DE ROCHAMBEAU H., DE LA FUENTE L.F., ROUVIER R., OUHAYOUN J., 1989. Sélection sur la vitesse de croissance post-sevrage chez le lapin, *Génét. Sél. Evol.*, 21, pp 427-546.

34. DE ROCHAMBEAU H., 1990. Objectifs et méthodes de gestion génétique des populations viandes en France, Situation actuelle et perspectives, *Journées Cunicole*, 24-25 Novembre, pp 147-159.

35. DJAGO A.Y., KPODEKON M., LEBAS F.,2007. Méthodes et techniques d'élevage du lapin, Elevage en milieu tropical, Mis en ligne le 18 Août 2007, 2ème édition révisée *Le guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'Ouest*, Ed. Association « cuniculture », France, 71 p.

36. EADY S.J., GARREAU H., 2008. An enterprise gross margin model to explore the influence of selection criteria for breeding programs and changes to management systems, *9ème Congrès Mondial de Cuniculture*, Vérone (Italie), 10-14 Juin 2008.

37. ELSEN J.M., 2000. Sélection et introgression assistées par marqueurs. INRA Prod. Anim., Hors Série "Génétique moléculaire : Principes et application aux populations animales", pp 233-237.

38. ESTANY J., CAMACHO J., BASELGA M., BLASCO A., 1992. Selection response of growth rate in rabbit for meat production, *Genet. SEL. Evol*., 24, pp 237-527.

39. ESTANY J., BASELGA M., BLASCO A., CAMACHO J., 1989. Mixed model methodology for the estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits, *Livest. Prod. Sci.*, 21 : 67-75.

40. EVANS E., JEBELIAN V., RYCQUART W.C., 1983. Effects of potassium an magnesium levels upon performance of fryer rabbits, J. Appi. Rabbit Ras., 6, pp 49-51.

41. FAYEZ I., MARAI M., ALNAIMY A., HABEED M., 1994. Thermoregulation in rabbits. CIHEAM, *Options Méditerranéennes*, Vol.8, pp 471-474.

42. FEKETE J., BOKORI, 1984. Effect of the fiber and protein level of rabbit diets on spontaneous re-ingestion of Caecotrophes, *3rd World Rabbit Congress*.

43. FERRAH A., YAHIAOUI S., KABLI J., 2003. Les races de petits élevages (Aviculture, Cuniculture, Aquaculture, Pisciculture), Recueil des recommandations atelier N°3 *« Biodiversité importante pour l'agriculture »*, MATE-GEF/PNUD, projet ALG/97/G3/ Tome X.52-61.

44. FATNASSI A., 2007. Evaluation des performances de reproduction et de croissance du lapin de population locale élevé en semi plein air, Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 48 p.

45. FIELDING D., 1993. Le lapin, Ed. Maisonneuve et Laros, 147 p.

46. FORTUN-LAMOTHE L., GIDENNE T., 2000. Effects of the suckled litter size on intake behavior, performance and health status of young and reproducing rabbits, Ann. Zootech, pp 517-529.

47. FORTUN –LAMOTHE L., GIDENNE T., 2003. Besoins nutritionnels du lapereau et stratégies d'alimentation autour du sevrage, INRA Productions Animales, 16 (1), pp 39-47.

48. FRANCK T., 1990. Etude comparative de deux systèmes d'engraissement de lapins de chair : semi plein air et tunnel isolé, Mémoire de fin d'étude, I.U.T de Perpignan.

49. GACEM M., LEBAS F., 2000. Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances, *7th World Rabbit Congress*, Valencia, Spain, 4-7 Jully 2000, vol. B, 75-80.

50. GACEM M., BOLET G., 2005. Création d'une lignée issue de croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie, *11ème journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 Novembre, Paris, 15-18.

51. GACEM M., ZERROUKI N., LEBAS F., BOLET G., 2008. Strategy of developing rabbit meat in Algeria : creation and selection of a synthetic strain, *9th World Rabbit Congress*, Verona, Italy, 10-13 June 2008, pp 85-89.

52. GACEM M., ZERROUKI N., LEBAS F., BOLET G., 2009. Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponible en Algérie, *13ème Journées de Recherche Cunicole*, 17-18 Novembre 2009, Le Mans, France.

53. GARREAU H., SZENDRO Zs., C., DE ROCHAMBEAU H., 2000. Genetic parameters and genetic trends of growth and litter size traits in the White Pennnon breed, Prod *7th World Rabbit Congress*, Valence, Espagne, A, pp 403-408.

54. GARREAU H., BRUN J.M. THEAU-CLEMENT M., BOLET G., 2008. Evolution des axes de recherche à l'INRA pour l'amélioration génétique du lapin de chair, INRA Prod. Anim., 21 (3), pp 269-276.

55. GHEZAL-TRIKI N., COLIN M., 2000. La cuniculture des pays arabes, Cuniculture N°27, pp 265-270.

56. GIANINETTI R., 1986. L'élevage rentable des lapins, Paris, Editions De Vecchi, 191 p.

57. GIDENNE T., 1996. Conséquences digestives de l'ingestion de fibres et d'amidon chez le lapin en croissance : vers une meilleure définition des besoins, INRA. Production Animale, 9(4), pp 243-254.

58. GONDRET F., COMBES S., LARZUL C., DE ROCHAMBEAU H., 2002. Effects of divergent selection for body weight at a fixed age on histological, chemical and rheological characteristics of rabbit muscles, Livest. Prod. Sci., 76 (81-89).

59. GONDRET F., COMBES S., LARZUL C., DE ROCHAMBEAU H., 2005. Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rate in rabbit, J. Anim. Sci., 83:1526-1535.

60. GYARMATI T., SZENDRO Z., MAERTENS L., BIRO-NEMETH E., RADNAI I., MILISITS G., MATICS Z., 2000. Effects of suckling twice a day on the performance pf suckling and growing rabbits, In: Proceedings of 7th World rabbit Congree 4-7 July2000, A. Blasco, Spain. Valencia Editions, *World Rabbit Science*,8, suppl 1., Vol. C., pp 283-290.

61. HALLAIS J. P., 2012. Bases de génétique et de sélection animale, Février 2012, 83 p.

62. HENAFF R., JOUVE D., 1988. Mémento de l'éleveur de lapins, 7ème éd. Paris, Editions Lavoisier, 448 p.

63. HARLT D.L., JONES W. E., 2003. Génétique, Les grands principes, 3ème Edition Dunod, Paris, 607p.

64. HERNANDEZ P., ALIAGA S., PLA M., BLASCO A., 2004. The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits, J. Anim. Sci., 82:3138-3143.

65. INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapins, volailles, 2ème Ed., INRA Ed., Paris, 282 p.

66. IRAQI M.M., 2003. Estimation and evalution of genetic parameter for body weight traits of new zeland white rabbits in Egypt using different multivariate animal models, Liverstock research for rural devloppement, Vol. 15, Issue 6, pp 47-55.

67. IRAQI M.M., 2008. Estimation of heritability and repeatability of maternal and milk production traits in New Zeland White rabbit raiser in hot climate conditions, Livestock research for rural development, 20, (8).

68. JUSSIAU R., MONTMEAS L., PAPET A., 2006. Amélioration génétique des animaux d'élevage Educagri editions, Dijon, Collection *ZOOTECHNIE*, 322 p.

69. KERRY K., KEPPLER J.H., 1997. Issues in the sharing of benefits rising out of the utilization of genetic resources, OCDE/GD, (97) 193.

70. KHALIL M.H., AL SAEF A.M., 2008. Methods, criteria, technics and genetic responses for rabbit selection, *9th W. R. C., Verona, Italy*, pp 1-22.

71. KHEDIM A., 2013. Cinétique du progrès génétique en souche synthétique cunicole de l'ITELV sur des performances de croissance, Mémoire de fin d'études, Faculté des Sciences Agro- Vétérinaires et Biologiques, Université Saad Dahleb, Blida, 53p.

72. KOEHL P.F., 1979. Fonctionnement et résultats de la gestion technico-économique de l'ITAVI, Session Nationale d'Information de l'ITAVI des 20-21 Juin 1979, Paris.

73. KOEHL P.F., 1994. Etude comparative d'élevage cunicole à hautes et faibles performances, *6ème Journées de la Recherche Cunicole*, Vol. 2, pp 481-485.

74. LAFFOLAY B., 1985. Croissance journalière du lapin, *Cuniculture*, 12 (6), pp 212-331.

75. LAPLACE J.P., 1978. Le transit digestif chez les monogastriques, Ann. Zootech., 27, pp 225-265.

76. LARZUL C., GONDRET F., COMBES S., DE ROCHAMBEAU H., 2003. Analyse d'une expérience de sélection sur le poids à 63 jours : I- Déterminisme génétique de la croissance, *10ème Journ. Rech. Cunicole*, Paris, pp 145-148.

77. LARZUL C., DE ROCHAMBEAU H., 2004. Comparison of ten rabbits lines of terminal bicks for growth, feed efficiency and carcass traits, *Anim. Res.*, 53, sous presses.

78. LARZUL C., GONDRET F., COBES S., DE ROCHAMBEAU H., 2004. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit : response on growth, carcass and muscle traits. *Genet. Sel. Evol*., 37, pp 105-122.

79. LEBAS F., 1984. Alimentation des lapins producteurs de viande en élevage rationnel intensif, *Colloque technique Franco-Algérien sur Techniques nouvelles dans la filière avicole.* 3ème Session, Constantine, Algérie, 21-28 Mars 1984, 24 p.

80. LEBAS F., 1989. Besoins nutritionnels des lapins, Revue bibliographique et perspectives, *Cuni. Sciences*, 5, pp 1-28.

81. LEBAS F., 1991. Alimentation pratique des lapins en engraissement, *Cuniculture* N°102, 18 (6), pp 273-281.

82. LEBAS F., MARIONNET D., HENAFF R., 1991. La production du lapin, 3ème éd. Paris, Editions Lavoisier, 206 p.

83. LEBAS F., 1992. Pratique des lapins en engraissement, *Cuniculture* N°104, 19 (2), 83-90.

84. LEBAS F., COLIN M., 1992. World rabbit production and research situation, *5th World Rabbit Congress*, Corvalis (Oregon), 25-30 Juillet 1992, pp 1-6.

85. LEBAS F., COUDRET P., DE ROCHAMBEAU H., THEBAULT R.G., 1996. Le lapin élevage et pathologies, Ed. Rome, FAO, 219 p.

86. LEBAS F., 2000. Granulométrie des aliments composés et fonctionnement digestif du lapin, INRA Production Animale, pp 109-116.

87. LEBAS F., COLIN M., 2000. Production et consommation de viande de lapin dans le monde, Estimation en l'an 2000, Journées Internationales de Cuniculture, 24-25 Novembre 2000, Vila Real, Portugal, pp 3-12.

88. LEBAS F., 2002. Biologie du lapin, http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm, consulté le 18 Juin 2013.

89. LEBAS F., 2004. Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive, Cuniculture Magazine, vol. 31, p2.

90. LEBAS F., 2010. Intérêt d'une alimentation équilibrée pour l'élevage cunicole en Algérie, Communication lors du 1er Atelier portant sur les résultats du programme de création d'une souche synthétique cunicole Algérienne : Perspectives de diffusion et d'amélioration génétique, ITELV, Alger, 15 et 16 Juin 2010.

91. LEBAS F., 2012. http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm, consulté le 27 Août 2013.

92. LOUNAOUCI G., 2001. Alimentation du lapin de chair dans les conditions de production algériennes, Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques, http://www.cuniculture.info/docsindexbiol, consulté le 7 Mai 2014.

93. LOUNAOUCI K., LIMANI D., 2001. Caractérisation du lapin de population locale algérienne : Etude morphométrique et rendement à l'abattage, Mémoire de Docteur en Médecine Vétérinaire, USBD, Blida, Algérie, 33p.

94. LUKEFAHR S.D., ODI H.B., ATAKORA J.K.A., 1996. Mass selection for 70-day body weight in rabbits, J. Anim. Sci., 74, 1481-1489, Proc. *9th World Rabbit Congress*, June 10-13 Verona, Italy, pp 61-65.

95. LUKEFAHR S.D., RUIZ FERIA C.A., 2003. Rabbit growth performance in a subtropical and semi-arid environment: effects of fur clipping, ear length, and body temperature, Livestock Research for Rural Development, 15 (2).

96. MAERTENS L., 1994. Influence du diamètre du granulé sur les performances des lapereaux avant sevrage, In : 6ème Journées de Recherche Cunicole (P. COUDERT, Ed.), 6 et 7 Décembre, La Rochelle, ITAVI publication. France, vol.2, pp 325-332.

97. MAERTENS L., LEBAS., SZENDRO Zs., 2006. Rabbit milk : a review of quantity, quality and non dietary affecting factors, *W.R.S.* 14, pp 205-230.

98. MATHERON G., ROUVIER R., 1977. Optimisation du progrès génétique sur la prolificité chez le Lapin. Ann. Gen. Sel. Anim. 9 (3), 393-405.

99. MATHERON G., CHEVALET C., 1977. Conduite d'une population témoin de lapins, Evolution à court terme du coefficient de consanguinité selon le schéma d'accouplement, *Annales Génet. Sél. Anim*., 9, pp 1-13.

100. MEFTI KORTEBY H., 2010. Growth and Reproduction Performance of the Algerian Endemic Rabbit, European Journal of Scientific Research, Vol.40 N° 1 (2010), pp 132-143.

101. MEFTI KORTEBY H., 2012. Caractérisation zootechnique et génétique du lapin local (*Oryctolagus Cuniculus*), Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Spécialité : Zootechnie, USBD, Blida, Algérie, 163 p.

102. MINVIELLE F., 1990. Principe d'amélioration génétique des animaux domestiques, Ed. INRA, Les presses de l'université Laval, pp 41-65.

103. MOUDACHE M., 2002. Influence des conditions d'ambiance estivale sur les performances de reproduction de la lapine de race locale élevée en semi plein air, Thèse d'Ingéniorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 50 p.

104. MOULLA F., 2006. Evaluation des performances zootechniques de l'élevage cunicole de la ferme expérimentale de l'Institut Technique des Elevages, Baba Ali. Thèse de Magistère en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 66 p.

105. MOURA A.S.A.M.T., KAPS M., VOGT D.W., LAMBERSON W.R., 1997. Two-way selection for daily gain and feed conversion in a composite rabbit population, J. Anim. Sci. 75: 2350-2354.

106. NEZZAR N., 2006. Caractéristiques morphologiques du lapin local, Mémoire de Magistère, Option Anatomie Vétérinaire, 84 p.

107. OLLOVIER L., 2002. Eléments de la génétique quantitative, 2ème Ed. INRA, France, 184p.

108. OUHAYOUN J., ROUVIER R., 1973. Composition corporelle et degré de maturité en poids des lapereaux de plusieurs génotypes, *Journée de Recherche Avicole et Cunicole*, Dec. INRA, France, pp85-88.

109. OUHAYOUN J., 1978. Etude comparative de races différant par le poids adulte, Thèse de 3ème cycle, Montpellier, 104 p.

110. OUHAYOUN J., POUJARDIEU B., 1978. Etude comparative des races de lapins en croisement. Relation interraciales et intra raciales entre les caractères des produits terminaux, *2ème JRC*, 4-5 Avril, Toulouse, France,Communication N° 25.

111. OUHAYOUN J., LEBAS F., DELMAS D., 1986. La croissance et la compostion corporelle du lapin : Influence des facteurs alimentaires, Cuni. Sciences, vol.3, Fasc.2.

112. OUHAYOUN J., 1983. La croissance et le développement du lapin de chaire, Cuni. Science, vol. 1, Fasc. 1, pp 1-15.

113.OURUNMUY M., ADEYINKA I.A., OJO O.A., ADEYINKA F.D, 2006. Genetic parameter estimates for pre-weaning litter traits in rabbits, Pakistan Journal of biological Sciences, 9 (15), pp 2909-2911.

114. PERROT B., 1991. L'élevage du lapin, Ed. Armand Colin, Paris.

115. PEETERS J.E., CHARLIER G.J., 1984. Le complexe entérite du lapin de chair en élevage rationnel, Cuni-Sciences,2, pp 13-26.

116. PILES M., RAFEL O., VARONA L., 2004. Genetic parameters of fertility in two lines of rabbit of different aptitude, *8th World Rabbit Congress*.

117. POUJARDIEU B., ROUVIER R., VRILLON J.L., 1976. Variabilité génétique de caractères de croissance chez les lapereaux croisés élevés en station de contrôle de descendance, Résultats préliminaires, *1er Congrès International Cunicole*, Dijon.

118. POUJARDIEU B., MALLARD, 1992. Les bases de la génétique quantitaive, Les méthodes d'estimation de l'héritabilité et des corrélations génétiques, INRA Prod. Anim., Hors série, pp87-92.

119. PRUD'HON M., VIZNHET A., CANTIER J., 1970. Croissance, qualité et coût de production des lapins de chair, B.T.I., 248, pp 203-221.

120. RENIFFI D., BOUALA T., 2002. Contribution à l'étude de la croissance du lapin de population locale Algérienne, Mémoire Ing. Uni. Mouloud MAMMER, Tizi-Ouzou, 63 p.

121. RICORDEAU G., BARILLET F., BIDANEL J.P., BOUIX J., DUCROCQ V., MENISSIER F., DE ROCHAMBEAU H., 1992. Les objectifs et les critères de sélection : Synthèse des estimations de la variabilité génétique et des liaisons entre caractères dans les différentes espèces, INRA Prod. Anim., 1992, hors série, pp 107-116.

122. ROSSILET A., 2004. Réussir un élevage de lapins de chair. Des conseils pour éliminer les « freins » techniques, Afrique Agriculture/AGRIECONOMICS, N° 28, Octobre 2004, pp 18-19.

123. ROUVIER R., 1970. L'amélioration génétique du lapin de chair, La revue de l'élevage, 47ème numéro spécial, pp 113-121.

124. ROUVIER R., POUJARDIEU B., VRILLON J.L., 1973. Analyse statistique des performances d'élevage des lapines ; facteurs du milieu, corrélations, repetabilité, Annale *Génét. Sél. Evol*., pp 83-107**.**

125. SKRIVANOVA V., MAROUNEK M., SKRIVAN M., KNIZERK J., 1999. Effect of temperature on growth, feed efficiency and mortality of rabbits, *J. Reprod Fertil*., 8, pp 29-37.

126. SURDEAU PH., HENAFF R., PERRIER G., BROSSARD G., DESVIGNES C., 1978: Etude des besoins en sodium, potassium et chlore chez le lapin en croissance, *2ème Journée de la Reherche Cunicole*, France, ASFC Ed., Paris, Communication N°8.

127. SURDEAU P., HENAFF R., 1981. La production de lapin, Paris, Editions J.B., Baillière, pp 88-109.

128. TAG EL DEN H., 1984. Daily weight gain, feed conversion efficiency and digestibility coefficients as affected by protein levels and amino acids supplementation, *3rd World Rabbit Congress.*

129. VERRIER E., BRABANT Ph., GALLAIS A., 2001. Faits et concepts de base en génétique quantitative, INRA, Paris, 133p**.**

130. VOSTRY L., MACH K., JAKUBEC V. DOKOUPILOVA A., MAJZLIK I., 2008. The influence of weaning weight on growth of the hyplus broiler rabbit, 9thW.R.C., Verona,Italy, pp 255-230 **.**

131. WATTIAUX M.A., HOWARD W.T., 2003. Reproduction et sélection génétique, Ed. Derti, Paris, 401p.

132. WIENER G., ROUVIER R., 2009. L'amélioration génétique animale, Ed. Quae, SVersailles, 278p, Collection Agriculture Tropicale en poche.

133. WINTER P.C., HICKERY G.L., FLETCHER H.L., 2000. L'essentiel de génétique, Ed. Derti, Paris, 401p**.**

134. ZEMMOUDJ A., 2001. Influence des conditions d'ambiance de printemps sur les performances de croissance du lapin de race locale élevé en semi plein air, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie, INA, El Harrach, 37 p.

135. ZERROUKI N., BOLET G., BERCHICHE M., LEBAS F., 2005. Evaluation of breeding performance of local Algerian population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia). *World Rabbit Science,* 13: 29-37.

136. ZERROUKI N., KADI S.A., BERCHICHE M., BOLET G., 2005. Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages, *11ème Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 Novembre 2005, Paris (France), pp 11-14.