

# L'efficacité alimentaire en cuniculture: impacts technico-économiques et environnementaux.

T. GIDENNE<sup>1</sup>, C. AUBERT<sup>2</sup>, L. DROUILHET<sup>3</sup>, H. GARREAU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INRA, UMR1289 TANDEM, 31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>2</sup>ITAVI, Zoopôle Beauce, 22 440 Ploufragan, France.

<sup>3</sup>INRA, UR 631 SAGA Chemin de Borde Rouge, BP 52627, 31326, Castanet Tolosan, France

**Résumé :** L'efficacité alimentaire est un indicateur essentiel pour juger de la performance et de la rentabilité d'un système d'élevage. En cuniculture, l'indice de consommation technique (maternité+engraissement) est passé de 3,8 à 3,4 durant les 15 dernières années. Ainsi, les rejets azotés et phosphorés ont été réduits d'environ 10%. Cette amélioration provient des progrès conjoints sur : la maîtrise sanitaire, les techniques d'alimentation (notamment le rationnement), la maîtrise du logement (ventilation, température, etc.) et le potentiel génétique. Cette synthèse résume l'impact de ces différents paramètres sur l'efficacité alimentaire. A l'avenir, il semble possible d'améliorer encore l'efficacité alimentaire, et donc de réduire à la fois les intrants et les rejets, pour atteindre un indice de consommation technique d'environ 3,0, comparable à celui enregistré en système porcin.

**Abstract: Feed efficiency in rabbit breeding: technico-economical and environmental impacts.** Feed efficiency is a key indicator to judge the performance and profitability of a farming system. In rabbit breeding, the global feed conversion (maternity + fattening units) decreased from 3.8 to 3.4 in the past 15 years. Thus, nitrogen and phosphorus output were reduced by approximately 10%. This improvement sources from a joint progress in: health control, feeding strategies (including feed restriction), housing control (ventilation, temperature, etc.) and genetics. This review summarizes the impact of these parameters on feed efficiency. In the future, it seems possible to improve feed efficiency, and thus to reduce both the inputs and output to reach a global feed conversion of 3.0, similar to that recorded in pig breeding.

## Introduction

L'alimentation représente une part importante des coûts de production en élevage. En fonction des coûts d'investissement, l'alimentation peut représenter jusqu'à 60% des coûts. Pour la cuniculture française, ce coût alimentaire représente 40 à 50% du prix de vente d'un lapin (2,3 kg). De plus, depuis quelques années, ce coût tend à augmenter du fait de la hausse du prix des matières premières (Braine et Coutelet, 2012). Ainsi fin 2012, ce coût alimentaire représente 46% du prix de vente d'un lapin. L'aliment est consommé pour 40 à 50% en maternité contre 50 à 60% en engraissement, en fonction de l'âge au sevrage et à l'abattage.

De nombreuses données expérimentales d'efficacité alimentaire (EA) sont disponibles pour les lapins en engraissement, mais peu de données sont disponibles pour les femelles reproductrices et leurs portées (avant sevrage). Néanmoins, en France, nous disposons des données GTE-RENACEB qui permettent de suivre l'évolution de l'EA globale des ateliers cunicoles. Pour améliorer ce critère, on doit donc considérer à la fois les femelles et les jeunes, et les facteurs les plus importants sont: l'utilisation d'animaux ayant un bon potentiel génétique, la qualité de l'aliment et la stratégie de distribution, la limitation des pertes d'animaux (mortalité et morbidité), et aussi la conduite d'élevage (ex. l'efficacité de la reproduction, l'âge d'abattage, ...). L'impact de ces facteurs primaires sur l'EA sera donc discuté, ainsi

que l'effet de l'EA sur les impacts environnementaux de l'atelier cunicole.

Rappelons cependant qu'il ne faut pas négliger l'impact des paramètres d'ambiance de l'élevage (densité, température) qui influencent fortement les performances de croissance et de reproduction du lapin, et donc son EA. Citons pour exemple la dégradation de l'IC en engraissement pour une température de 30°C (4,84) comparé à une température de 18°C (4,22; Eberhart, 1980). De même, une densité trop importante en engraissement dégrade les performances et l'IC.

## 1. Efficacité alimentaire : définitions et rappels généraux

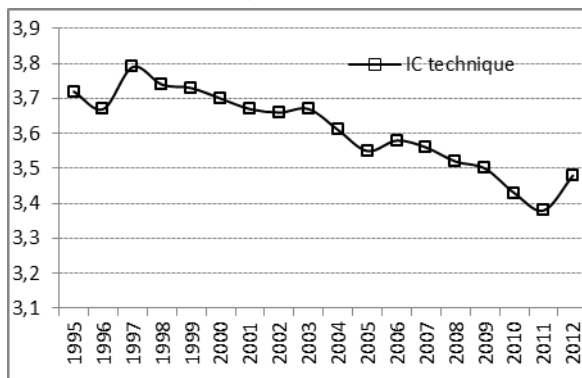
La littérature rapporte deux manières de calculer l'efficacité alimentaire: 1. l'indice de consommation (IC; en anglais: feed/gain ratio ou feed conversion ratio) qui est le ratio entre quantité d'aliment consommé (kg) et quantité de production (kg de lapin); 2. l'indice d'efficacité alimentaire ("feed efficiency index"), souvent exprimé en % et qui est l'inverse de l'IC. Bien que ce dernier exprime mieux la notion d'efficacité alimentaire, il est cependant peu utilisé en France par les professionnels de l'élevage.

### 1.1. Efficacité alimentaire globale ou indice de consommation technique

Le paramètre d'EA le plus largement utilisé en pratique est celui qui concerne l'atelier cunicole global, soit la maternité (incluant les futures

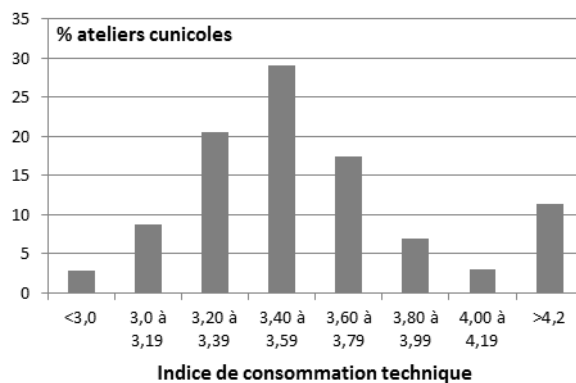
reproductrices) et l'engraissement. Cet EA globale, ou indice de consommation technique, est le rapport entre la masse d'aliment acheté (consommé par tous les animaux) et la masse de lapins produits (donc vendus). C'est un paramètre très utile d'un point de vue pratique et économique, quel que soit le système d'élevage, car il permet de mesurer le niveau technique global de l'exploitation et son efficacité. Ainsi, l'IC technique des élevages cunicoles Français avec conduite en bande, montre une réduction linéaire depuis 15 ans, et en 2011 il passait sous le seuil de 3,4 (vs 3,8 en 1997) soit une amélioration de plus de 10% (figure 1). Pour mémoire, cet IC technique était de 4,8 en 1981 (Renalap, ITAVI; Lebas, 1992).

**Figure 1 : Evolution de l'indice de consommation technique des élevages cunicoles français (résultats Renaceb, source ITAVI)**



Cependant, l'IC technique est très variable selon les exploitations, comme l'indique la figure 2 : à partir des résultats GTE de 2006, environ 60% des ateliers ont un IC technique entre 3,2 et 3,8.

**Figure 2 : Variation de l'indice de consommation technique selon les élevages cunicoles (résultats Renaceb 2006, source ITAVI).**



Cet IC est fortement influencé par 2 facteurs : le nombre de lapereaux vendus par femelle (NLVF) et le poids à l'abattage (PVAb). A mortalité identique (10%) l'effet cumulé de ces deux facteurs produit une hausse de 3,07 à 4,03 (tableau 1: +31%).

Le poids du coût alimentaire dans le résultat économique de l'exploitation va donc varier fortement selon l'IC. En moyenne en 2006, l'IC technique avait

un poids de 30% sur la variation de la marge sur coût alimentaire (MCA), contre 54% pour le nombre de kilos vendus par IA, 9 et 7% pour le prix de l'aliment et le prix de vente (Jentzer, 2008).

**Tableau 1 : Variation de l'IC technique selon l'efficacité de production et le poids à l'abattage (adapté de Maertens et al., 2005).**

	NLVF 40	45	50	55
PVAb	Indice de consommation technique			
2,0	3,64	3,39	3,21	3,07
2,25	3,79	3,53	3,34	3,19
2,50	4,03	3,75	3,55	3,39

NLVF: nombre de lapereaux vendus par femelle et par an.

PVAb : poids à l'abattage.

Pour comparaison, en 2006, l'IC technique mesuré sur des exploitations cunicoles Espagnole ou Italienne était de 3,63 et 3,82 respectivement (Rosell and González, 2007; Xiccato *et al.*, 2007), et de 3,58 en France (Lebas, 2007). L'IC technique supérieur en Italie provient en grande partie de la durée d'élevage plus longue (abattage à 80j, à un poids de 2,7 kg).

Actuellement, on dispose de très peu de données d'élevage qui mesurent correctement l'IC en maternité. Néanmoins, Maertens (2010) estime à 42% la part de l'aliment consommé en maternité, contre 58% en engraissement, dans le cas d'un rythme à 42 jours (sevrage 35j.) avec une production de 50 lapereaux vendus par femelle et par an.

En élevage expérimental, il est possible de calculer l'indice de consommation en maternité, hors renouvellement et mortalité des femelles. Dans le cadre d'un essai multi-sites, l'IC est de l'ordre de 1,90 pour un troupeau mené en rythme à 42j avec un sevrage à 35j (et portées égalisées à 10, avec une mortalité pré-sevrage de 3,6% pour les lapereaux) dans le cas d'un régime témoin (Fortun-Lamothe *et al.*, 2006) et de 2,05 si l'aliment est plus riche en fibres. Ces chiffres démontrent la forte efficacité de production de la lapine. En parallèle, les lapereaux avaient une consommation d'aliment de 4,17 kg de 18 à 35j. (sevrage), soit 34% de la consommation des femelles (12,2 kg de la mise bas au sevrage). Après sevrage, les lapereaux présentaient un IC de 3,20 entre 35 et 70 jours d'âge (hors mortalité) soit une consommation totale de 35,8 kg pour une portée de 10 lapereaux. Ainsi, dans cette étude et sans tenir compte de la mortalité ni du renouvellement, l'IC technique est estimé à 2,57; et la proportion d'aliment consommé en maternité est estimée à 30% de la consommation totale d'aliment (54,0 kg).

### 1.2. Efficacité alimentaire en engraissement ou indice de consommation

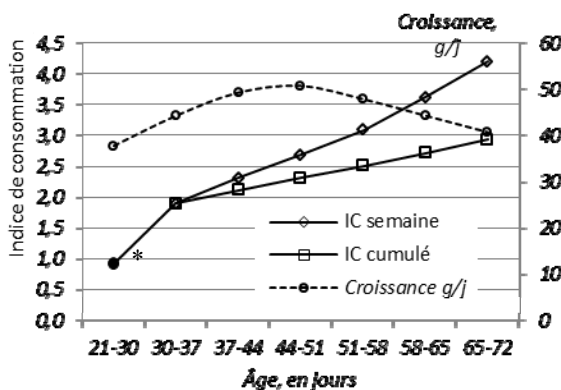
En engraissement, l'indice de consommation est calculé comme le ratio entre la masse d'aliment consommé (kg) et le gain de poids entre le sevrage et l'abattage (kg). Ce calcul peut intégrer la quantité d'aliment consommé par les lapins morts (ou

invendables), on parlera alors d'IC économique. En maternité, on peut effectuer le même type de calcul, en divisant la quantité d'aliment consommé par le poids des lapereaux au sevrage (en ajoutant aussi, le poids des femelles vendues, et le gain de poids des futures reproductrices).

Si on ne tient pas compte de la mortalité en engraissement, on calcule un IC "vrai" qui correspond à l'efficacité alimentaire réelle du point de vue de la transformation de nutriments en tissus (muscle, os, etc...). Si les animaux sont logés collectivement, il est possible de calculer cet IC "vrai", en faisant une correction pour les lapins morts: on considère alors qu'un animal mort n'a pas consommé d'aliment durant les 2 jours précédant la mort (Gidenne *et al.*, 1995).

L'indice de consommation du lapin en croissance augmente progressivement avec l'âge, et de manière linéaire entre le sevrage et 10 semaines d'âge (figure 3).

**Figure 3 : Evolution de l'indice de consommation chez le lapin en croissance, en condition conventionnelle d'élevage (sevrage 30j).**



\* entre 21 et 30 jours d'âge, le lapereau consomme aussi le lait maternel (adapté de Maertens, 2009).

Au dessus d'un poids de 2kg (à 9 sem.), l'IC augmente fortement en raison de l'allométrie de dépôt des tissus, qui devient forte pour les tissus adipeux et dont le coût énergétique de synthèse est élevé. Puis, entre 11 et 15 semaines d'âge, la vitesse de croissance se réduit fortement (30 à 10g/j) tandis que l'ingestion d'aliment reste stable (env. 180 g/j), aboutissant à une hausse forte de l'IC (de 4 à 8).

Pour mieux apprécier les qualités nutritionnelles d'un aliment, il convient de calculer l'indice de consommation énergétique ou conversion énergétique (MJ ED/ kg gain), qui correspond à la quantité d'énergie digestible (MJ ED) consommée divisée par le gain de poids entre le sevrage et l'abattage (Perez *et al.*, 2000; Gidenne *et al.*, 2005). Par exemple, en période de post sevrage (30 – 49j d'âge) où l'IC "vrai" est entre 2,1 et 2,3, la conversion énergétique se situe entre 22 et 26 MJ ED/kg gain. En période de finition (50 à 72j), ces valeurs sont de 3,6 à 3,9 pour l'IC et de 42 à 46 MJ/kg pour la conversion énergétique. La meilleure EA observée en période de post-sevrage est à rapprocher de la meilleure efficacité de digestion

observée à cet âge pour l'ensemble des nutriments (ou matière organique): 75 à 80% (entre 5 et 6 sem. d'âge) contre 65 à 70% entre 7 et 8 semaines d'âge (Fortun-Lamothe et Gidenne, 2003).

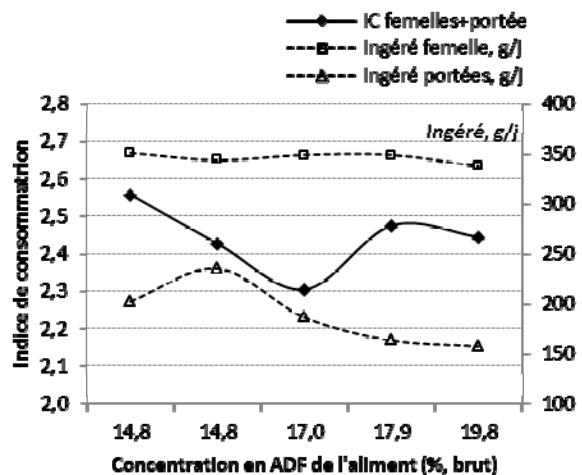
## 2- Facteurs alimentaires et nutritionnels modifiant l'efficacité alimentaire

### 2.1. Qualité nutritionnelle de l'aliment

#### 2.1.1 Effets de la concentration énergétique et des apports de fibres

Globalement, en tant que monogastrique, l'efficacité alimentaire du lapin en croissance s'améliore avec la concentration énergétique de l'aliment. S'il est nourri librement, le lapin ajuste sa consommation d'aliment pour maintenir son ingéré d'énergie digestible, tant que la concentration énergétique de l'aliment est entre 2150 et 2750 kcal d'ED/kg et s'il n'y a pas d'apport de lipides, ce qui correspond à une variation de 10 à 25% de lignocellulose (ADF). Dans cette gamme d'aliment, le lapin peut exprimer correctement son potentiel de croissance; mais généralement, la conversion alimentaire se dégrade linéairement avec la concentration en ADF de l'aliment. Néanmoins, si des fibres rapidement fermentescibles remplacent une fraction de l'amidon alimentaire, on observe une dégradation très restreinte de l'IC (+0,10 à +0,15 pt) (Perez *et al.*, 2000; Gidenne *et al.*, 2004). A l'inverse, l'apport de lignines (ADL) ou de cellulose (ADF-ADL), qui sont des fractions fibreuses très peu digestibles, entraîne une forte altération de l'IC (+0,17pt par % d'ADL; +0,09pt par % de cellulose), en parallèle d'une baisse de la digestibilité (Gidenne, 2013).

**Figure 4 : Variation de l'indice de consommation et de l'ingestion en maternité selon la concentration en lignocellulose de l'aliment (De Blas *et al.*, 1995).**



Au delà de 25% d'ADF, et bien que le lapin soit un herbivore, le lapin ne pourra pas ingérer suffisamment d'ED pour maintenir une bonne croissance. Son EA sera alors détériorée de 20 à 40% si le taux d'ADF devient supérieur à 30%. A l'inverse, lorsque le taux de fibre est trop faible (<18% ADF), on s'expose à

une élévation des risques de pathologie digestive, bien que la croissance et l'IC soit maintenus. En dessous de 13% d'ADF, outre la hausse du risque de diarrhées, la croissance du lapin sain est souvent réduite de 10 à 20%, alors que l'EA est maintenue ou améliorée (+5 à 10%, Gidenne *et al.*, 2000; Bennegadi *et al.*, 2001).

En maternité, l'apport de fibres est aussi un facteur important de variation de l'EA. Ainsi, De Blas *et al.* (1995) rapportent une efficacité optimale pour une concentration de 16 à 17% d'ADF (soit 31 à 33% de NDF) dans l'aliment (figure 4).

### 2.1.2 Effets des apports de lipides

Tout en respectant les recommandations en fibres alimentaires (Gidenne, 2013), il est possible d'accroître la densité énergétique d'un aliment en remplaçant de l'amidon par des matières grasses. Cependant, l'incorporation de lipides est souvent limitée entre 2 et 4% si l'on veut maintenir la qualité technologique du granulé (détérioration de la dureté et de la durabilité). Sachant que les matières grasses végétales contiennent de 2,5 à 2,7 fois plus d'ED que les céréales, un remplacement de 2% de céréales par 2% de matières grasses (huile) se traduira par une hausse de 100 à 110 kcal d'ED/kg d'aliment. Une hausse d'ED de 100 kcal correspond à une baisse d'IC en engraissement, qui selon les auteurs oscille entre -0,08 et 0,15pt (soit -3 à -6% Fernandez-Carmona *et al.*, 2000; Gidenne *et al.*, 2009a). Très récemment, cet effet a été de nouveau montré avec une étude à grande échelle (groupe GEC) par Knudsen *et al.* (2013), où une hausse de 1,01 MJ d'ED correspondait à une réduction de l'IC de 0,39 pt. Ainsi, dans la plupart des cas où des lipides remplacent de l'amidon dans l'aliment, et sans modification du taux de fibres, le lapin ne réduit pas sa consommation mais augmente l'ingéré d'ED. La croissance est alors plus rapide et la conversion alimentaire est meilleure, si toutefois l'aliment est équilibré pour les autres nutriments tels que les acides aminés. L'utilisation d'une alimentation plus concentrée en énergie pour améliorer l'efficacité alimentaire semble plus particulièrement intéressante lors de la phase de finition (Corrent *et al.*, 2007), puisque la sensibilité aux troubles digestifs est moindre et qu'environ les 2/3 de l'aliment sont consommés dans les dernières semaines d'élevage (49 à 70 j d'âge). De plus, après le sevrage, la priorité est souvent donnée à la réduction des risques de pathologie digestive via un taux de fibres assez élevé.

L'ajout modéré de matières grasses dans l'alimentation de la lapine reproductrice est maintenant courant, sachant que cela a un impact favorable sur la production de lait (Pascual *et al.*, 2003). Toutefois, les effets sur le poids au sevrage des jeunes ne sont pas très prononcés. Aussi, compte tenu des effets négatifs sur le bilan énergétique de la lapine (baisse de l'état d'engraissement) pendant la lactation, un régime riche en ED basé sur une addition importante de lipides n'est pas souhaitable (Pascual *et al.*, 2003). De plus, selon Lebas (2004), une baisse de l'IC avec des

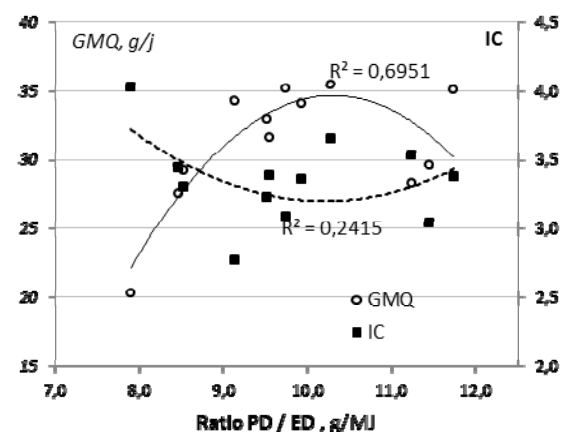
régimes très énergétiques (> 2650 kcal ED/kg) resterait à démontrer.

### 2.1.3 Effets des apports protéiques et des additifs

D'après les travaux de De Blas *et al.* (1981), on définit un ratio optimum protéines digestibles (PD) / énergie digestible situé entre 9,5 et 11,0 g PD / MJ d'ED pour obtenir une vitesse de croissance optimale (figure 4). L'EA n'est pas significativement corrélée au ratio PD/ED, même si on observe globalement une relation inverse entre croissance et IC.

Si l'on respecte les apports recommandés en acides aminés indispensables (Lysine, acides aminés souffrés, etc.), l'apport de protéines a donc peu d'effets directs sur l'EA en engraissement. Il est ainsi possible de réduire l'apport de protéines en période de finition jusqu'à 10 g protéines digestibles par kg d'aliment, sans impact sur la vitesse de croissance ou l'EA (Xiccato *et al.*, 2010). A l'inverse, un apport trop élevé en protéines, conduisant à un ratio protéines/ED élevé, améliore peu la vitesse de croissance, mais dégraderait l'IC (Kjaer et Jensen, 1997).

**Figure 5 : Variation de l'indice de consommation (IC) et de la vitesse de croissance (GMQ) selon le ratio PD/ED de l'aliment** (adapté de De Blas *et al.*, 1981).



PD: protéines digestibles; ED: énergie digestible; GMQ : gain de poids moyen quotidien (g/j; du sevr. à abatt.).

Globalement, en engraissement 65 à 70% de l'aliment sont consommés dans les 3 dernières semaines (7 à 10 sem. d'âge). Aussi, l'une des stratégies courante est d'utiliser des aliments "finition" plus concentrés en énergie et à taux modéré en protéines, pour réduire le rejet azoté tout en favorisant une bonne croissance et bonne EA.

En maternité, au pic de lactation, on recommande, pour optimiser l'ingéré et la production de lait et donc l'EA, une concentration minimale de 4,4g de thréonine digestible par kg d'aliment. Des concentrations plus élevées ou plus faibles dégradent à la fois le nombre de lapereaux sevrés et l'EA (De Blas *et al.*, 1998)

L'impact direct de différents additifs (enzymes, phytases, probiotiques, etc.) pour améliorer l'EA est souvent peu consistant (Falcao-e-Cunha *et al.*, 2007).

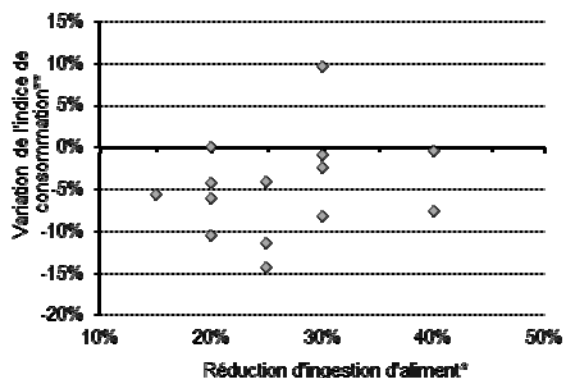
Toutefois, si ces additifs (par exemple, coccidiostatiques) réduisent la mortalité on obtient indirectement un meilleur IC. Par exemple, lors de sevrage précoce (25j.), Garcia-Palomares *et al.* (2006) signalent qu'un aliment supplémenté avec un cocktail d'enzymes (beta-glucanase, beta-xylanase, alpha-amylase et pectinase) améliorerait la digestion, la croissance et l'EA, tout en réduisant la mortalité. Ces résultats restent à confirmer.

## 2.2. Stratégie d'alimentation et indice de consommation

### 2.2.1. Une restriction alimentaire après le sevrage améliore l'IC.

Depuis presque 10 ans, la majorité des cuniculteurs français utilise une stratégie de restriction alimentaire des lapins en croissance, dès le sevrage et parfois jusqu'à l'âge d'abattage, avec une restriction plus forte après le sevrage (pendant 2 à 3 sem.) suivie d'une période de moindre restriction ou d'alimentation libre. Dans le système conventionnel français (rythme à 42j + bande + abattage à 10-11 sem.), ces stratégies présentent deux avantages principaux, d'une part une réduction des risques de troubles digestifs post-sevrage (Gidenne *et al.*, 2012), et d'autre part une amélioration de l'EA. Ainsi, en période d'ingestion restreinte, et pour une gamme courante de niveau de restriction (15 à 35% de moins que l'ingestion *ad-libitum* "AL"), la vitesse de croissance est globalement réduite en proportion de la réduction d'ingestion.

**Figure 6 : Variation de l'indice de consommation en fonction du niveau de restriction du lapin en croissance, et en période d'ingestion restreinte.** (méta-analyse de Gidenne *et al.*, 2012, un point=1 étude).



\* : exprimée en % de l'ingestion *ad-libitum* (AL) d'animaux contemporains.

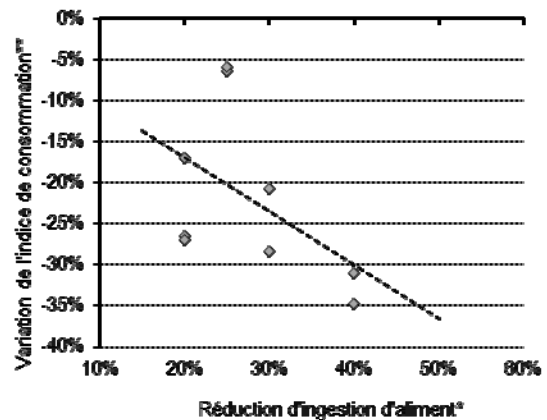
\*\* : exprimée en % de l'IC d'animaux contemporains nourris librement.

En parallèle, on observe généralement une meilleure EA (figure 6), avec une baisse de l'IC de 5 à 10%, selon les études.

Lorsque des lapins restreints sont nourris à nouveau librement, ils présentent une croissance compensatrice d'autant plus forte que le rationnement a été intense. En parallèle, on observe une surconsommation

d'aliment très modérée, et ainsi l'EA est nettement améliorée de 15 à 30% (figure 7).

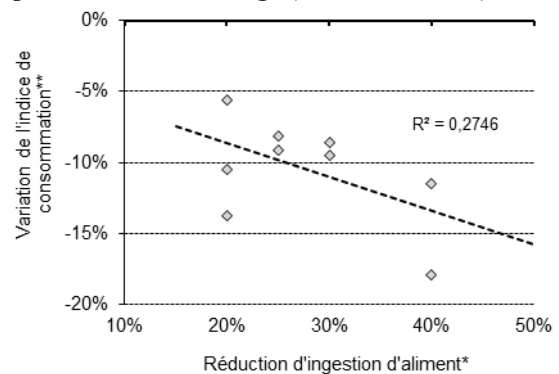
**Figure 7 : Réduction de l'indice de consommation avec le niveau de restriction du lapin, nourri librement après une période d'ingestion restreinte.**



\*, \*\*: cf. figure 6

Sur la totalité de la période d'élevage (sevrage-abattage), l'usage de la restriction alimentaire conduit à une baisse modérée de la vitesse de croissance, du fait de la croissance compensatrice (-5 à -10%). En parallèle, l'indice de consommation est amélioré de 10 à 15% (figure 8), mais avec une assez grande variabilité qui peut dépendre de la composition chimique de l'aliment.

**Figure 8 : Variation de l'indice de consommation en fonction du niveau de restriction du lapin, sur la période totale d'élevage (restriction + AL).**



\*, \*\*: cf. figure 6

En conséquence, l'application d'une stratégie de restriction améliore l'EA et donc la marge sur coût alimentaire de +2 à +10% (Duperray et Guyonvarch, 2009). Cependant, environ 2 à 3 jours d'élevage supplémentaires sont nécessaires pour atteindre le poids de marché français, ce qui réduit légèrement l'avantage économique.

Par ailleurs, en conditions d'EEL expérimentale, il semblerait possible de reproduire l'avantage d'une ingestion restreinte sur la santé, simplement en appliquant une période de jeûne de 10 à 12h, et sans dégrader la croissance, mais sans améliorer l'IC (Duperray *et al.*, 2012).

### 2.2.2. Mode de distribution de l'aliment.

La distribution d'un aliment rationné (-25%) en 13 repas (pour simuler le comportement alimentaire naturel) permettrait d'améliorer légèrement l'IC, sans impact sur la croissance (Martignon *et al.*, 2009); alors qu'une distribution (rationnée ou non) en un fois ou en 2 fois n'a pas d'impact sur l'IC ou la croissance (Gidenne *et al.*, 2009b).

La distribution d'un aliment rationné de nuit (16h à 23h), plutôt que de jour, conduirait à une nette amélioration de l'indice de consommation, de près de 10%, lors des 3 premières semaines d'engraissement (3,09 vs 2,79), sans impact sur la croissance ou la santé (Weissman *et al.*, 2009). Cependant cet effet n'a pas été retrouvé par Salaun *et al.* (2011).

Le fait de maximiser la compétition à la mangeoire en situation de rationnement (par diminution du nombre de postes de consommation) ne semble pas non plus influencer sur l'IC (Tudela et Lebas, 2006)

### 2.2.3. Facteurs physiques : qualité du granulé.

De manière générale, il est recommandé d'utiliser des granulés d'un diamètre situé entre 3 et 5 mm, pour une longueur de 6 à 13 mm. Si la longueur est plus importante, le lapin peut gaspiller de l'aliment du simple fait que lorsqu'il mord le granulé il peut en tomber une partie qui passe à travers le plancher grillagé.

La durabilité du granulé et sa dureté doivent être optimisées. Une dureté et une durabilité élevées

réduiront les pertes sous forme de fines, mais un granulé trop dur réduit l'ingestion chez le lapereau (entre 3 et 6 sem. d'âge) et peut conduire à une baisse d'IC. Il est possible d'alimenter le lapin avec des aliments sous forme de farine, mais dans ce cas on doit s'attendre à une hausse de l'IC entre 5 et 25% (Maertens, 2010).

## 3- Facteurs génétiques modifiant l'efficacité alimentaire

### 3.1. Point bibliographique

L'amélioration de l'indice de consommation s'est d'abord faite par l'utilisation de souches lourdes en croisement avec des lignées maternelles. Globalement, les souches ayant une forte vitesse de croissance permettent d'améliorer l'EA du lapereau de boucherie (Ramon *et al.*, 1996, Moura *et al.*, 1997, Gomez *et al.*, 2002, Larzul et De Rochambeau 2004, Larzul *et al.*, 2005, Orengo *et al.*, 2009). La sélection pour la vitesse de croissance a amélioré indirectement l'EA via le rajeunissement des lapereaux à l'abattage à un poids constant. En effet l'indice de consommation augmente avec l'âge des animaux (Larzul et De Rochambeau 2004). Ainsi, un rajeunissement de 12 jours de l'âge à l'abattage grâce à une sélection divergente sur le poids améliore l'indice de consommation de 0,5 point (Gondret *et al.*, 2005), alors qu'au même âge la différence entre les deux lignées divergentes n'est que de 0,15 point (Larzul *et al.*, 2005).

**Tableau 2 : Estimations des héritabilités de la vitesse de croissance (GMQ), de l'indice de consommation (IC) et de la consommation résiduelle\* (CR)**

GMQ.		IC		CR		Références	Age	
h <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>	h <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>	h <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>		sevrage	abattage
0,11						Piles et Blasco (2003)		
0,20	0,29					Garcia et Baselga (2002) <sup>a</sup>	28 jours	63 jours
0,31	0,14	0,31	0,21			Piles <i>et al.</i> (2004)		
0,21	0,17	0,25	0,22			Piles <i>et al.</i> (2004)		
0,29	0,20					Larzul <i>et al.</i> (2005)		
0,18	0,27					Lavara <i>et al.</i> (2010) <sup>a</sup>		
0,29	0,20					Larzul <i>et al.</i> (2003) <sup>b</sup>		
0,17	0,40					Lukefahr <i>et al.</i> (1996)	28 jours	70 jours
0,21						Estany <i>et al.</i> (1992) <sup>a</sup>		
0,17						Estany <i>et al.</i> (1992) <sup>a</sup>		
0,36						Ferraz et Eler (1994) <sup>b</sup>	28 jours	77 jours
0,35						Ferraz et Eler (1994) <sup>b</sup>		
0,19	0,06	0,22	0,13	0,16	0,05	Drouilhet <i>et al.</i> (2013)	30 jours	63 jours
0,41	0,21	0,27	0,24	0,45	0,11	Larzul et De Rochambeau (2005)	30 jours	65 jours
0,23						De Rochambeau <i>et al.</i> (1989)	30 jours	77 jours
0,17	0,32					Su <i>et al.</i> (1999)	35 jours	90 jours
0,48		0,29				Moura <i>et al.</i> (1997) <sup>a</sup>	56 jours	84 jours

Toutes ces études ont été réalisées sur des animaux nourris *ad libitum*. h<sup>2</sup> : héritabilité des effets additifs directs ; c<sup>2</sup> : effets d'environnement commun. <sup>a</sup> : effets maternels non génétiques également inclus dans le modèle, <sup>b</sup> : effets maternels non génétiques et effets maternels génétiques également inclus dans le modèle.

**Tableau 3 : estimations des corrélations génétiques des caractères liés à l'efficacité alimentaire.**

	poids sevrage	poids abattage	GMQ	IC	références	âge (en jours) sevrage	abattage
poids abattage	0,67				Larzul <i>et al.</i> (2005)	28	63
	0,79				Larzul <i>et al.</i> (2003)	28	63
	0,51				Drouilhet <i>et al.</i> (2013)	28	63
	0,56	0,98			Lukefahr <i>et al.</i> (1996)	28	70
GMQ	0,17	0,95			Drouilhet <i>et al.</i> (2013)	28	63
		0,91			Larzul <i>et al.</i> (2005)	28	63
		0,91			Larzul <i>et al.</i> (2003)	28	63
			-0,47		Piles <i>et al.</i> (2004)	28	63
IC			-0,49		Piles <i>et al.</i> (2004)	28	63
			-0,82		Moura <i>et al.</i> (1997)	56	84
	0,73	-0,11	-0,38		Drouilhet <i>et al.</i> (2013)	28	63
	0,63	0,19	-0,09	1,00	Larzul and Rochambeau (2005)	30	65
CR	0,85	0,17	-0,09	0,96	Drouilhet <i>et al.</i> (2013)	30	63

Les récentes estimations des héritabilités du gain moyen quotidien (GMQ), de l'indice de consommation (IC) et de la consommation résiduelle (CR) sont données dans le tableau 2. La consommation résiduelle (CR) est obtenue par la résiduelle d'une régression linéaire multiple de la consommation totale d'aliment sur le poids métabolique moyen (poids moyen entre le sevrage et la fin de croissance à la puissance 0,75) et sur le gain moyen quotidien (GMQ). Elle représente la fraction de la consommation totale qui n'est pas expliquée par des besoins d'entretien ou de croissance.

Selon les études, les dispositifs et les modèles utilisés, l'héritabilité du GMQ varie de 0,11 (Piles et Blasco 2003) à 0,48 (Moura *et al.*, 1997). Les estimations d'héritabilité de l'IC sont moins nombreuses et centrées autour de 0,27. Seulement deux études rapportent des estimations d'héritabilité pour la CR : 0,16 (Drouilhet *et al.*, 2013) et 0,45 (Larzul and De Rochambeau 2005). L'étude par Larzul et De Rochambeau (2005) comporte une seule génération de sélection et cela peut probablement expliquer cette valeur d'héritabilité relativement élevée.

Les récentes estimations de corrélation génétique entre les différents caractères de croissance sont données dans le tableau 3. Les corrélations génétiques entre la CR et IC sont très élevées (0,96; Drouilhet *et al.*, 2013) à 1,00 (Larzul and De Rochambeau 2005). A l'inverse, la corrélation entre la CR et le GMQ est nulle. Ceci signifie qu'une sélection pour une diminution de la CR entraînera une amélioration de l'IC sans pour autant modifier la vitesse de croissance.

### 3.2. Sélection expérimentale de l'efficacité alimentaire

#### 3.2.1. Description des lignées

Deux stratégies de sélection génétique sont menées par l'INRA, dans le Pôle d'Expérimentation Cunicole TOULousain (PECTOUL). La première stratégie

consiste à sélectionner les animaux sur leur consommation résiduelle en alimentation *ad libitum* (lignée ConsoResiduelle). La seconde stratégie consiste, parmi les animaux ingérant la même quantité d'aliment, à sélectionner ceux qui expriment la plus grande capacité de croissance (lignée GMQrestreint). Ceci demande de rationner les animaux afin de s'assurer que tous les animaux ingèrent la même quantité d'aliment (80% de l'*ad libitum*) et donc que la différence de croissance est bien due à leur efficacité alimentaire.

Dans les deux cas, que ce soit en alimentation *ad libitum* ou restreinte, cela revient à sélectionner les animaux qui consacrent moins d'énergie pour les besoins d'entretien, le métabolisme ou encore l'activité et qui favorisent les dépôts tissulaires liés à la croissance (muscle, os, tissus adipeux, ...).

Les deux lignées sont issues d'une population ancestrale commune structurée en 9 familles de pères et sont élevées simultanément dans les mêmes bâtiments (Drouilhet *et al.*, 2013). A chaque génération, 54 femelles de chaque lignée sont inséminées par 9 mâles sur deux portées successives (correspondant à deux bandes). Dans chaque bande et pour chaque lignée, environ 75 mâles et 75 femelles candidats à la sélection sont testés individuellement (mesures d'ingéré et de croissance).

Les paramètres génétiques ont été estimés sur les 6 premières générations de sélection (Drouilhet *et al.*, 2013), ce qui représente un total de 1804 animaux dans la lignée ConsoResiduelle et 1716 animaux dans la lignée GMQrestreint.

#### 3.2.2. Héritabilité, évolutions génétiques et réponses corrélées

Dans les deux lignées les héritabilités des caractères sélectionnés sont modérées. En effet, dans la lignée GMQrestreint, l'héritabilité du critère de sélection, c'est-à-dire le GMQ, est de 0,22. Dans la lignée

ConsoResiduelle, l'héritabilité du critère de sélection, la CR, est de 0,16.

Dans la lignée ConsoResiduelle, la corrélation génétique entre la CR et le GMQ est nulle et elle est de 0,96 avec l'IC. En conclusion de ces estimations, une sélection pour une CR faible a le potentiel d'améliorer l'IC sans pour autant entraîner des modifications du GMQ. Sur les 6 premières générations de sélection, dans la lignée ConsoResiduelle, nous obtenons un gain génétique par génération pour la CR de l'ordre de -37g sur la période sevrage à 9 semaines d'âge. Ceci représente un gain d'IC de -0,025 par génération, soit une évolution génétique de -0,15 sur les 6 générations.

Dans la lignée GMQrestreint, la corrélation génétique entre le GMQ et l'IC est de -1.00 (les animaux ont un ingéré identique, donc par construction l'IC est l'inverse du GMQ). Comme attendu, une sélection sur le GMQ en alimentation restreinte permet d'améliorer efficacement l'IC. Sur les 6 premières générations de sélection, dans la lignée GMQrestreint, nous obtenons un gain génétique par génération pour le GMQ de l'ordre de 0,30g/j sur la période sevrage à 9 semaines d'âge. Ceci représente un gain d'IC de -0,022 par génération, soit une évolution génétique de -0,13 sur les 6 générations.

L'héritabilité du GMQ en alimentation restreinte semble légèrement plus élevée que celle de la CR en consommation *ad libitum*. La corrélation génétique de ces caractères avec l'IC est légèrement différente selon le régime alimentaire, mais elle est élevée et répond favorablement à la sélection.

Cependant, les réponses génétiques corrélées avec d'autres caractères comme le poids au sevrage ou à 63 jours sont relativement différentes dans les deux lignées et largement influencées par la restriction alimentaire. Par exemple, la corrélation génétique entre le poids au sevrage et la CR dans la lignée ConsoResiduelle est de 0,85, alors que dans la lignée GMQrestreint, la corrélation entre le poids au sevrage et le GMQ n'est pas significativement différente de zéro.

Des études complémentaires sont en cours afin d'estimer le gain génétique et les réponses à la sélection avec les deux stratégies, et de comparer ces gains génétiques quand les animaux des deux lignées sont placés sous un même régime alimentaire.

### 3.3. Sélection dans les schémas commerciaux

La mesure de l'EA dans les schémas de sélection cynicoles privés est récente. Le sélectionneur Hypharm a mis en place un dispositif d'enregistrement de consommation alimentaire individuel dans deux lignées paternelles, l'AGP39 et l'AGP59. Ces deux lignées sont sélectionnées pour le poids en fin d'engraissement en régime rationné, le rendement de carcasse et la résistance aux troubles digestifs. Pour les deux lignées, dans la première portée de chaque femelle, 4 lapereaux sont prélevés après le sevrage à 31 jours d'âge et placés dans des

cages individuelles. Ils reçoivent un aliment granulé commercial à volonté jusqu'à la fin de l'engraissement, à 63 jours pour les AGP39 et à 70 jours pour les AGP59. La consommation résiduelle (CR) est obtenue par la résiduelle d'une régression linéaire multiple de la consommation totale d'aliment sur le poids métabolique moyen (poids moyen entre le sevrage et la fin de croissance à la puissance 0,75) pour prendre en compte les besoins d'entretien, et sur le gain moyen quotidien (GMQ) pour prendre en compte les besoins de croissance sur la période d'engraissement.

L'héritabilité des caractères d'EA est plus élevée dans la lignée AGP59 que dans la lignée AGP39 : 0,40 contre 0,29 et 0,42 contre 0,33 pour l'indice de consommation et la consommation résiduelle, respectivement.

Dans la lignée AGP39, l'indice de consommation est défavorablement corrélé avec le poids au sevrage (0,46), génétiquement indépendant du poids à 63 jours mais favorablement corrélé avec le GMQ (-0,37). La consommation résiduelle est génétiquement indépendante du poids au sevrage (0,02), du poids à 63 jours (-0,07) et du GMQ (-0,14) mais elle est très corrélée avec l'indice de consommation (0,88). Dans la lignée AGP59, l'indice de consommation est également défavorablement corrélé avec le poids au sevrage (0,65) mais aussi avec le poids à 70 jours (0,52). Il n'est pas significativement corrélé au GMQ. A la différence de la lignée AGP39, la consommation résiduelle de la lignée AGP59 est défavorablement corrélée avec le poids à 70 jours (0,43) et le GMQ (0,44).

Ces différences de paramètres génétiques peuvent s'expliquer par la différence d'âge en fin de contrôle entre les deux lignées (63 jours contre 70 jours). En effet l'indice de consommation augmente avec l'âge et le caractère peut différer entre les deux lignées du fait de la différence d'âge.

### 4- Impact de l'état sanitaire et de la conduite d'élevage sur l'efficacité alimentaire

**Tableau 4 :** Variation de l'indice de consommation technique en engraissement, selon le taux de mortalité et l'âge (Maertens, 2009).

Âge	Mortalité (%)				
	0	5	10	15	20
5 sem.	2,72	2,74	2,76	2,78	2,81
7 sem.	2,72	2,78	2,85	2,92	3,00
9 sem.	2,72	2,86	3,02	3,20	3,43

L'état sanitaire du troupeau (maternité et engraissement) a un impact évident sur l'IC technique de l'élevage, que ce soit par la simple mortalité (animaux ayant consommé de l'aliment sans produire) ou la morbidité (animaux à faibles performances) plus difficile à estimer. L'ensemble des mesures favorisant l'état sanitaire du troupeau seront favorables à l'IC.



Par exemple, Maertens (2009) estime l'impact de la mortalité sur l'IC, selon l'âge et le taux de mortalité (tableau 4). Ainsi, l'impact de la mortalité sur l'IC est logiquement proportionnel à l'âge où elle survient: par exemple, l'IC augmente de 11 à 26% pour une mortalité de 10 et 20% en fin d'engraissement.

Dans une conduite d'élevage avec un rythme de reproduction à 42 jours, les paramètres de fertilité, de taille de portée et de mortalité avant sevrage impactent fortement le nombre de lapereaux sevrés par femelle et donc l'IC en maternité. Sachant qu'il y a très peu de données disponibles sur la consommation d'aliment en maternité (jeunes femelles incluses), Maertens (2009) a procédé à des calculs théoriques basés sur quelques données expérimentales de l'ILVO (Belgique) obtenues pour un troupeau conduit avec un rythme à 42 j. (sevrage à 35j.). Il estime qu'une femelle et sa portée consomment en moyenne 18,5kg d'aliment par lactation. A ceci, il faut ajouter l'ingestion hors période de lactation (estimée à 110 jours/an) et la consommation des futures reproductrices. Dans le cas d'une production théorique de 62 lapereaux sevrés par femelle et par an, l'IC en maternité serait de 2,79 seulement, et passe à 3,31 pour une production de 52 lap. sevrés/fem./an. De même, il convient de rationner les femelles non gestantes pour éviter un excès d'engraissement. Ainsi, une sur-consommation de 10g/j conduira à une élévation de l'IC en maternité de 2 à 3%.

Par ailleurs, si l'engraissement est conduit en cages individuelles ou de deux (système Italien), on estime que l'IC est amélioré de 5 à 10% comparativement à des cages de 6 à 8 lapereaux. En revanche, dans le cas d'un engraissement en parcs, ou en extérieur, ou au sol, on doit s'attendre à une détérioration sensible de l'IC.

##### **5- Impact environnementaux, rejets et efficacité alimentaire**

La valorisation agronomique des déjections cunicoles est le meilleur mode de gestion de celles-ci. C'est pourquoi une bonne connaissance de ces rejets est essentielle pour optimiser leur valorisation agronomique et minimiser les impacts négatifs sur l'environnement. Un document du CORPEN (1999) donne des valeurs de rejets d'azote et de phosphore par les élevages cunicoles. Ces valeurs constituent des références officielles, utilisées à l'heure actuelle pour dimensionner les plans d'épandage. Elles sont également utilisées par l'administration à des fins de contrôles. Les rejets moyens dans des conditions de production standard (cas d'un élevage naisseur-engraisseur) sont :

- azote : 66 g/lapin ou 3240 g/femelle présente

- phosphore (P) : 40 g/lapin ou 1939 g/femelle présente
- phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) : 91 g/lapin ou 4440 g /femelle présente

Ces références sont basées entre autres sur un référentiel technique incluant des données anciennes. Il en est de même pour la composition des gammes alimentaires prises en compte ou pour la composition corporelle. Or, depuis la validation de ces références, la conjoncture a donné lieu à des modifications sensibles des itinéraires techniques, soit sur le plan zootechnique, soit sur le plan alimentaire.

Dans un premier temps, nous n'avons pris en compte que l'évolution des performances zootechniques RENACEB entre 1999 et 2012 (tableau 5). Le taux moyen de protéines de l'aliment reste inchangé (16,5%), de même que le taux moyen de phosphore total de l'aliment (0,6%). Pour la composition corporelle des carcasses, nous avons gardé les valeurs de Maertens de 1998 (protéines : 18% ; phosphore : 0,58%). Pour les pertes d'azote par volatilisation, le taux de 60% par rapport à l'excrété est conservé (pertes dans le bâtiment d'élevage et pendant le stockage des déjections). Dans ces conditions, le rejet d'azote par lapin produit (ou vendu) passe, sur la période considérée, de 66,1 g à 58,9 g soit une diminution de 10,9 %; le rejet de phosphore passe de 39,6 g à 35,5 g (soit respectivement 90,6 g et 81,3 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) correspondant à une diminution de 10,3 %.

Dans un second temps, nous avons pris en compte l'évolution certaine constatée pour l'année 2012. Outre l'évolution des performances zootechniques, nous avons utilisé un taux de 16% de protéines de l'aliment et 0,50% pour le phosphore total, correspondant aux pratiques majoritaires sur le terrain en 2012. Par ailleurs, le taux de protéines des carcasses retenu a été de 18,7% et 0,5% pour le phosphore (Maertens, 2005) Le poids moyen des lapines de réformes est alourdie de 50g. Faute de valeur plus récente, le taux de volatilisation de l'azote est resté à 60%.

L'excrétion totale de N et P d'un élevage naisseur-engraisseur, exprimée par femelle et par an, sur la base des performances zootechniques de 2012, est respectivement de 7,527 kg et 1,815 kg (tableaux 6 et 7) Ces valeurs sont à comparer à celles de Maertens produites en 2005 (7,420 et 2,08 kg) ainsi qu'à celles de Meda en 2013 (7,55 et 2,17 kg). Exprimé par lapin produit, les valeurs sont de 147 g de N et 35 g de P (Maertens : 165 et 46 g ; Meda : 140 et 40 g). Ces écarts d'estimations sont principalement liés à des différences sur le niveau des performances zootechniques (51,1 lapins produits/femelle/an vs 49 pour Maertens et 54 pour Meda).

**Tableau 5 : Evolution des performances zootechniques des élevages cynicoles français, sous GTE, entre 1999 et 2012**

Année	Poids à l'abattage	IC technique	Nbre de sevrés par mise bas	Nbre de sevrés / femelle / an	Nbre vendus / femelle / an
1999	2,410	3,83	7,16	55,3	49,0
2000	2,430	3,75	7,84	53,4	47,8
2001	2,410	3,73	7,95	52,0	46,6
2002	2,430	3,70	7,86	51,7	46,2
2003	2,400	3,70	7,75	50,0	44,6
2004	2,420	3,64	7,91	51,8	46,9
2005	2,450	3,57	8,06	54,9	49,4
2006	2,450	3,60	8,04	55,0	50,3
2007	2,470	3,57	8,14	56,0	51,5
2008	2,470	3,53	8,20	56,9	52,5
2009	2,500	3,51	8,17	54,7	50,6
2010	2,470	3,44	8,25	54,0	50,2
2011	2,470	3,40	8,34	54,3	49,9
2012	2,460	3,48	8,43	56,2	51,1

Source : ITAVI, RENACEB

**Tableau 6 : Evolution théorique des rejets d'azote entre 1999 et 2012**

Année	Quantité d'azote ingéré (g/femelle et la suite)	Quantité d'azote excrété net (g/femelle et la suite)	Quantité d'azote maîtrisable* (g/femelle et la suite)	Quantité d'azote maîtrisable* (g/ lapin produit)
1999	11490	8092	3237	66,1
2000	11499	7731	3092	64,7
2001	11059	7412	2965	63,6
2002	10966	7322	2929	63,4
2003	10456	6964	2785	62,5
2004	10907	7247	2899	61,8
2005	11407	7526	3010	60,9
2006	11712	7782	3113	61,9
2007	11989	7953	3181	61,8
2008	12085	7979	3192	60,8
2009	11722	7725	3090	61,1
2010	11261	7348	2939	58,6
2011	11063	7148	2859	57,3
2012	11549	7527	3011	58,9

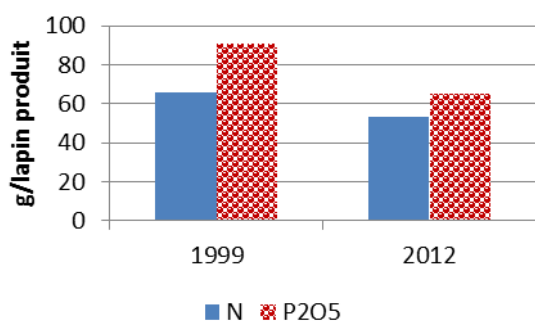
\* : quantité d'azote présente dans le lisier, en estimant une perte par évaporation de 60%.

**Tableau 7 : Evolution théorique des rejets de phosphore entre 1999 et 2012**

Année	Quantité de phosphore ingéré (g/femelle et sa suite)	Quantité de phosphore excrété (g/femelle et sa suite)		Quantité de phosphore excrété (g/ lapin produit)	
		P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1999	2714	1939	4440	39,6	90,6
2000	2613	1855	4247	38,8	88,8
2001	2513	1779	4974	38,2	87,4
2002	2492	1758	4027	38,1	87,2
2003	2376	1673	3831	37,5	85,9
2004	2479	1742	3989	37,1	85,0
2005	2592	1811	4147	36,7	83,9
2006	2662	1870	4283	37,2	85,1
2007	2725	1912	4378	37,1	85,0
2008	2747	1920	4396	36,6	83,7
2009	2664	1859	4257	36,7	84,1
2010	2559	1771	4056	35,3	80,8
2011	2514	1726	3952	34,6	79,2
2012	2625	1815	4156	35,5	81,3

La comparaison des années 1999 et 2012 montre une évolution marquée des rejets (figure 9). En effet, le rejet d'azote passe de 66,1 g à 53,4 g par lapin produit, soit une diminution de 19,2 %. Cette évolution doit être relativisée, car il est très probable que sur cette période, l'évolution de la gestion des élevages et des déjections (notamment la pratique de l'élevage en bande et le raclage en V) se traduise par une moindre volatilisation de l'azote : une réduction de la volatilisation à 50% de l'excrété conduirait *statu quo* par rapport aux valeurs de 1999. Pour le phosphore, on passe de 39,6 g à 28,3 g par lapin produit (soit respectivement 90,6 g et 64,9 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), correspondant à une diminution de 28,4 %.

**Figure 9 : Comparaison du rejet azoté (après déduction des pertes gazeuses) et phosphoré dans les lisiers (maîtrisables) (g / lapin produit) pour les années 1999 et 2012**



L'évolution des performances zootechniques et le changement dans les gammes alimentaires (diminution du taux de protéines et surtout du taux de phosphore) se traduit par une réduction des rejets : de l'ordre de 19 % pour l'azote et de 28 % pour le phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Cette évolution devrait conduire l'administration à revoir les valeurs officielles de rejets, de façon à calculer les plans d'épandage sur des valeurs actuelles, permettant ainsi de faire l'économie de surfaces d'épandage, surtout lorsque ceux-ci sont référencés sur le phosphore

### Conclusions

L'EA est un des indicateurs essentiels pour juger de la performance d'un système d'élevage. Le lapin peut atteindre de fortes efficacités de production, puisque en expérimentation l'EA globale (maternité + engraissement) est d'environ 2,6. Les systèmes cunicoles français ont montré une amélioration régulière de leur efficacité depuis les 15 dernières années pour atteindre une moyenne de 3,4 en 2011. Il semble possible d'améliorer encore l'efficacité alimentaire, et donc de réduire à la fois les intrants et les rejets. L'optimisation de la gestion sanitaire et de l'alimentation combinée avec l'usage d'animaux ayant un meilleur potentiel génétique devrait conduire à un indice de consommation technique proche de 3, soit une valeur similaire à celle obtenue en élevage porcin. Compte tenu de l'évolution des performances zootechniques et des changements dans les gammes alimentaires (moins de protéines et de phosphore), les rejets sont moindres. Cette baisse des rejets devrait être prise en compte par l'administration pour le

calcul de nouvelles valeurs officielles de rejets, et des plans d'épandage correspondants.

## Références

- BENNEGADI N., GIDENNE T., LICOIS L., 2001. Impact of fibre deficiency and sanitary status on non-specific enteropathy of the growing rabbit. *Animal Res.*, 50, 401-413.
- BRAINE A., COULETEL G., 2012. Economie de la filière cynicole française. Situation à l'automne 2012. *Cuniculture Magazine*, 39, 67-74.
- CORPEN (1999) – Estimation des rejets d'azote et de phosphore par les élevages cynicoles, 17 p
- CORRENT T., LAUNAY C., TROISLOUCHES G., VIARD F., DAVOUST C., LEROUX C., 2007. Impact d'une substitution d'amidon par des lipides sur l'indice de consommation du lapin en fin d'engraissement. In : 12ème J. Rech. Cynicoles. G. Bolet. Le Mans, France, ITAVI, Paris.: 97-100.
- DE BLAS J.C., TABOADA E., MATEOS G.G., NICODEMUS N., MENDEZ J., 1995. Effect of substitution of starch for fiber and fat isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci.* 73, 1131-1137.
- DE BLAS J.C., TABOADA E., NICODEMUS N., CAMPOS R., PIQUER J., MENDEZ J., 1998. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 70, 151-160.
- DE ROCHAMBEAU H., DE LA FUENTE L.F., ROUVIER R., OUHAYOUN J., 1989. Sélection sur la vitesse de croissance post-sevrage chez le lapin. *Genet Sel Evol.*, 21, 527-546.
- DROUILHET L., GILBERT H., BALMISSE E., RUESCHE J., TIRCAZES A., LARZUL C., GARREAU H., 2013. Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. *J. Anim. Sci.* 91, 3121-3128.
- DUPERRAY J., GYONVARCH A. 2009. Effect of different quantitative feed restriction strategies on fattening performance, and interest of a high energy and protein feed. In : 13èmes Journées de la Recherche Cynicole. G. Bolet (Ed.), Le Mans, ITAVI publ., 59-62.
- EBERHART S., 1980. The influence of environmental temperatures on meat rabbits of different breeds. In: 2d World Rabbit Congress, Barcelona, Spain, 16-18 april, 399-409.
- ESTANY J., CAMACHO J., BASELGA M., BLASCO A., 1992. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genet. Sel. Evol.* 24, 527-537.
- FALCÃO E CUNHA L., CASTRO-SOLLA L., MAERTENS L., MAROUNEK M., PINHEIRO V., FREIRE J., MOURAO J.L., 2007. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: A review. *World Rabbit Sci.* 15, 127-140.
- FERNANDEZ CARMONA J., PASCUAL J.J., CERVERA C., 2000. The use of fats in rabbit diets. In : 7th World Rabbit Congress, A. Blasco (Ed), 5-7 July 2000, Valence, Spain *World Rabbit Sci.*, 8, suppl.1, vol. C, p29-59.
- FERRAZ F.B.S., ELER J.P., 1994. Use of different animal models in prediction of genetic parameters of 23 traits of Californian and New Zealand White rabbits in tropics and suggestion of selection criteria. In: *Proc. of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 348-351. Guelph, Canada: Wiley-Blackwell.
- FORTUN-LAMOTHE L., GIDENNE T., 2003. Besoins nutritionnels du lapereau et stratégies d'alimentation autour du sevrage. *INRA Production Animale*, 16, 39-47.
- FORTUN-LAMOTHE L., LACANAL L., BOISOT P., JEHL N., ARVEUX A., HURTAUD J., PERRIN G., 2006. Utilisation autour du sevrage d'un aliment riche en énergie et en fibres : effet bénéfique sur la santé des lapereaux sans altération des performances de reproduction des femelles. *Cuniculture Magazine*, 33, 35-41. (<http://www.cuniculture.info/Docs/Magazine/Magazine2006/fichiers-pdf/mag33-035.pdf>)
- GARCIA M.L., BASELGA M., 2002. Estimation of correlated response on growth traits to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population and genetic trends. *Livest. Prod. Sci.* 78, 91-98.
- GARCIA-PALOMARES J., CARABANO R., GARCIA-REBOLLAR P., DE BLAS J.C., CORUJO A., GARCIA-RUIZ A.I., 2006. Effects of a dietary protein reduction and enzyme supplementation on growth performance in the fattening period. *World Rabbit Sci.*, 14, 231-236.
- GIDENNE T., 1995. Effect of fibre level reduction and gluco-oligosaccharide addition on the growth performance and caecal fermentation in the growing rabbit. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 56, 253-263.
- GIDENNE T., PINHEIRO V., FALCAO E CUNHA L., 2000. A comprehensive approach of the rabbit digestion : consequences of a reduction in dietary fibre supply. *Livestock Production Science*, 64, 225-237.
- GIDENNE T., JEHL N., PEREZ J.M., ARVEUX P., BOURDILLON A., MOUSSET J.L., DUPERRAY J., STEPHAN S., LAMBOLEY B., 2005. Effect of cereal sources and processing in diets for the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by enteropathy. *Animal Res.*, 54, 65-72.
- GIDENNE T., MIRABITO L., JEHL N., PEREZ J.M., ARVEUX P., BOURDILLON A., BRIENS C., DUPERRAY J., CORRENT E., 2004. Impact of replacing starch by digestible fibre, at two levels of lignocellulose, on digestion, growth and digestive health of the rabbit. *Animal Science*, 78, 389-398.
- GIDENNE T., BANNELIER C., COMBES S., FORTUN-LAMOTHE L., 2009a. Interaction entre la stratégie de restriction et la concentration énergétique de l'aliment : impact sur la croissance et la santé du lapin. Premiers résultats. In : G. Bolet (Ed), 13ème J. Rech. Cynicoles, 17 & 18 nov. 2009, Le Mans, France, 63-66.
- GIDENNE T., MURR S., TRAVEL A., CORRENT E., FOUBERT C., BEBIN K., MEVEL L., REBOURS G., RENOUF B., 2009b. Effects of the level and of distribution mode of the feed on performance and post-weaning digestive troubles in the young rabbits. First results of the GEC collaborative network. *Cuniculture Magazine* 36, 65-72.
- GIDENNE T., COMBES S., FORTUN-LAMOTHE L., 2012. Restreindre l'ingestion du jeune lapin : de nouvelles stratégies pour renforcer sa santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. *INRA Prod Anim*, 25, 323-336.
- GIDENNE T. 2013. Dietary fibres: their analysis in animal feeding, and their role in rabbit nutrition and health. *3rd conference of Asian Rabbit Production Association. Y. Raharjo (Ed.), Bali, Indonesia, ARPA publ*, 1-23.
- GOMEZ E.A., PILES M., ORENGO J., RAFEL O., RAMON J., 2002. Estimation of crossbreeding parameters for average daily gain, feed intake, feed conversion rate in five rabbit lines. In: *proc. of the 7th WCGALP*, 4-10. Montpellier, France.
- GONDRET F., LARZUL C., COMBES S., DE ROCHAMBEAU H., 2005. Carcass composition, bone mechanical properties,, meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *J Anim Sci*, 83, 1526-35.
- JENTZER A., 2008. Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins: centralisation GTE et réseau de références. *Tema*, vol. 5, 19-25. ([http://www.itavi.asso.fr/publications/revues/pdf\\_tema/tema5](http://www.itavi.asso.fr/publications/revues/pdf_tema/tema5)).
- KJAER J.B., JENSEN J., 1997. Perirenal fat, carcass conformation, gain and feed efficiency of growing rabbits as affected by dietary protein and energy content. *World Rabbit Sci.*, 5, 93-97.
- KNUDSEN C., COMBES S., BRIENS C., DUPERRAY J., REBOURS G., SALAÜN J.M., TRAVEL A., WEISSMAN D., GIDENNE T., 2013. Ingestion restreinte et concentration énergétique de l'aliment : Impact sur la santé, les performances et le rendement à l'abattage du lapin. In: 15ème J. Rech. Cynicoles, G. Bolet (Ed), 19-20 nov., Le Mans, France.

- LARZUL C., DE ROCHAMBEAU H. 2004. Comparison of ten rabbit lines of terminal bucks for growth, feed efficiency, carcass traits. *Animal Research*, 535-545.
- LARZUL C., DE ROCHAMBEAU H. 2005. Selection for residual feed consumption in the rabbit. *Livest. Prod. Sci.* 95, 67-72.
- 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. In: *Proc. of the 10èmes Journées de la Recherche Cunicole*, G. Bolet (Ed), Paris, ITAVI publ., 145-148.
- LARZUL C., GONDRET F., COMBES S., DE ROCHAMBEAU H. 2005. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit: response on growth, carcass, muscle traits. *Genet. Sel. Evol.* 37, 105-22.
- LAVARA R., VICENTE J.S., BASELGA M. 2010. Genetic parameter estimates for semen production traits, growth rate of a paternal rabbit line. *J. Anim. Breed Genet.* 128, 44-51.
- LEBAS F., 1992. Le lapin en France: production et consommation. *Options Méditerranéennes, séries séminaires*, vol. 17, 15-18 (<http://om.ciheam.org/om/pdf/a17/92605156.pdf>).
- LEBAS F., 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. In: *8th World Rabbit Congress*, C. Becerril and A. Pro (Ed), 7-10 sept., Puebla, Mexico, 4, 686-736 (<http://www.dcam.upv.es/8wrc/>).
- LEBAS F., 2007. Productivité des élevages cunicoles professionnels en 2006. Résultats de RENELAP et RENACEB. *Cuniculture Magazine* 34, 31-39. [www.cuniculture.info](http://www.cuniculture.info).
- 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.
- MAERTENS L., CAVANI C., LUZI F., CAPOZZI F., 1998. Influence du rapport protéines/énergie et de la source énergétique de l'aliment sur les performances, l'excrétion azotée et les caractéristiques de la viande des lapins en finition. In: *7èmes Journ. Rech. Cunicole*, J.M. Perez (Ed), 13-14 mai, Lyon, France, ITAVI publ. 163-166.
- MAERTENS L., CAVANI C., PETRACCI M., 2005. Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. *World Rabbit Sci.* 13, 3-16.
- MAERTENS L., 2009. Possibilities to reduce the feed conversion in rabbit production. In: *Giornate di Coniglicultura*, 2-3 april, Forli, Italy, ASIC publ., 1-9. ([http://www.asic-wrsa.it/documenti/giornate2009/01\\_Maertens.pdf](http://www.asic-wrsa.it/documenti/giornate2009/01_Maertens.pdf))
- MARTIGNON M.H., COMBES S., GIDENNE T., 2009. Rôle du mode de distribution de l'aliment dans une stratégie de rationnement : conséquences sur le profil d'ingestion, la croissance et la santé digestive du lapin. In: *13ème J. Rech. Cunicoles*, G. Bolet (Ed), 17 & 18 nov. 2009, Le Mans, France, ITAVI publ., 39-42.
- MEDA B., HASSOUNA M., FORTUN-LAMOTHE L., 2013 - Estimation des flux d'éléments à risque pour l'environnement dans un élevage cunicole : une approche par modélisation. In: *15ème Journ. Rech. Cunicoles*, G. Bolet (Ed), 19-20 nov., Le Mans, France.
- MOURA A.S., KAPS M., VOGT D.W., LAMBERSON W.R., 1997. Two-way selection for daily gain, feed conversion in a composite rabbit population. *J. Anim. Sci.* 75, 2344-9.
- ORENGO J., PILES M., RAFEL O., RAMON J., GOMEZ E. A. 2009. Crossbreeding parameters for growth, feed consumption traits from a five diallel mating scheme in rabbits. *J. Anim. Sci.* 87, 1896-905.
- PASCUAL J., CERVERA C., BLAS E., FERNANDEZ-CARMONA J., 2003. High-energy diets for reproductive rabbit does: effect of energy source. *Nutrition Abstracts and Reviews, series B: Livestock Feeds and Feeding*, 73, 27-39.
- PEREZ J.M., GIDENNE T., BOUVAREL I., ARVEUX P., BOURDILLON A., BRIENS C., LE NAOUR J., MESSEGER B., MIRABITO L., 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Annales de Zootechnie*, 49, 369-377
- PILES M., BLASCO A. 2003. Response to selection for growth rate in rabbits estimated by using a control cryopreserved population. *World Rabbit Sci* 11, 53-62.
- PILES M., GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., BLASCO A., 2004. Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate, feed conversion ratio in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 82, 654-60.
- Ramon J., Gomez E.A., Prucho O., Rafel O., Baselga M. 1996. Feed efficiency, post-weaning growth of several spanish selected lines. In: *Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, F. Lebas (Ed.), Toulouse, France, Cuniculture publ., 351-353.
- ROSELL J., GONZÁLEZ F.J., 2007. Resultados de Gestión Técnica 2006. *Cunicultura*, Oct. 2007, pp. 3.
- SALAUN J.M., RENOUF B., BOURDILLON A., PICOT A., PERDRIAU A., 2011. Comparaison d'un accès nocturne à la mangeoire à un rationnement progressif et à une alimentation ad libitum sur les composantes du rendement carcasse des lapins en engraissement. In: *13ème J. Rech. Cunicoles*, G. Bolet (Ed), 22 & 23 nov., Le Mans, France, ITVI publ. 101-104.
- SU G., KJAER J.B., BRENNØE U.T., 1999. Estimates of genetic parameters in Danish white rabbits using an animal model: I. Growth, carcass traits. *World Rabbit Sci*, 7, 59-64
- TUDELA F., LEBAS F., 2006. Modalités du rationnement des lapins en engraissement. Effets du mode de distribution de la ration quotidienne sur la vitesse de croissance, le comportement alimentaire et l'homogénéité des poids. *Cuniculture magazine* 33, 21-27.
- WEISSMAN D., TROISLOUCHES G., PICARD E., DAVOUST C., LEROUX C., LAUNAY C., 2009. Amélioration de l'indice de consommation de lapins en engraissement par une distribution nocturne de l'aliment. In: *proc. of the 13ème J. Rech. Cunicoles*, G. Bolet (Ed), 17 & 18 nov. 2009, Le Mans, France, ITAVI publ. 47-50.
- XICCATO, G., TROCINO, A., FRAGKIADAKIS, M., MAJOLINI, D. 2007. Enquête sur les élevages des lapins en Vénétie: Résultats de gestion technique et estimation des rejets azotés. In: *Proc. 12èmes Journées Recherche Cunicole*, G. Bolet (Ed), 27-28 novembre, Le Mans, France, 167-169.
- XICCATO G., TROCINO A., 2010. Energy and protein metabolism and requirements. In: *Nutrition of the rabbit*. C. De Blas and J. Wiseman (Eds), CABI; Wallingford; UK, 83-118.