

**INCIDENCE DU NOMBRE D'INDIVIDUS PAR CAGE  
SUR LA PRECISION DES COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITE  
MESURÉS CHEZ LE LAPIN EN CROISSANCE**

LEBAS F.(1), PEREZ J.M.(1), JUIN H.(2), LAMBOLEY B.(1)

(1) INRA, Station de Recherches Cunicoles - Centre de Recherches de Toulouse  
B.P. 27 , 31326 Castanet-Tolosan CEDEX

(2) INRA, Unité Expérimentale Monogastriques-Domaine Pluridisciplinaire du Magneraud  
B.P. 52 , 17700 Sugères

**RESUME**

Trois cents lapins de type croisé (Hyplus) de 49 jours ont été utilisés dans 3 séries expérimentales visant à déterminer la variabilité de la digestibilité des aliments obtenue, soit avec un seul, soit avec 4 lapins par cage de collecte. Lors de chacune des séries, un aliment E et un aliment expérimental (A, B ou C) ont été testés avec chaque fois 2 x 10 cages en collecte, permettant de faire 6 comparaisons indépendantes entre cages individuelles et cages collectives. Le nombre de un ou 4 lapins par cage n'a aucune influence sur les coefficients moyens de digestibilité de la matière sèche (66,28% et 66,47%) ou de l'azote (73,03% et 72,79%), ni sur la teneur en énergie digestible (ED) des aliments (2827 et 2832 kcal/kg MS). Par contre, les cages de 4 lapins permettent de réduire significativement la variabilité des paramètres mesurés, de 36% (ED) à 43% ( CUD azote). Ce résultat implique qu'avec 4 cages de 4 lapins il est possible d'obtenir la même précision qu'avec 10 cages individuelles.

**SUMMARY**

**EFFECT OF THE NUMBER OF GROWING RABBITS PER CAGE ON THE PRECISION  
OF THE DIGESTIBILITY COEFFICIENTS.**

Three hundred crossbred rabbits (Hyplus), 49 days old, were employed in 3 experimental successive trials, in order to measure the variability of digestibility coefficients obtained with one or with 4 rabbits per cage. In each trial a control diet E and an experimental diet (A, B or C) were employed; each diet was tested with 2 x 10 cages, allowing to a total of 6 independent comparisons between individual and collective caging. The number of rabbits per cage, one or four, has no significant effect on the average dry matter digestibility coefficient (66,28% and 66,47%), on the nitrogen one (73,03% and 72,79%) or on the average digestible energy content of the diets (2827 and 2832 kcal/kg DM). On the other hand, with 4 rabbits per cage the variability, measured through the standard deviation, was reduced by 36% (digestible energy) to 43% (nitrogen) in comparison with individual caging. According with these results, it is possible to obtain the same accuracy in the digestible coefficients determination with 10 cages of one rabbit or with 4 cages of four rabbits each.

## INTRODUCTION

Pour la détermination des coefficients de digestibilité des aliments chez le lapin en croissance, la méthodologie classique consiste à placer les animaux dans des cages individuelles permettant le contrôle de l'aliment consommé et la collecte des fèces, voire des urines. Après quelques jours d'accoutumance de chaque lapin à sa cage et à l'aliment à tester, les quantités ingérées et excrétées par chaque animal sont mesurées pendant une durée de quelques jours: la période de collecte. La composition chimique de l'aliment et celle de l'ensemble des fèces émises par chaque lapin sont ensuite mesurées pour permettre le calcul des coefficients de digestibilité apparents (CUDa) de l'aliment pour chaque lapin (COLIN et LEBAS, 1976). La précision de l'estimation du coefficient moyen de digestibilité obtenu et caractéristique de l'aliment testé, dépend principalement de la durée de la collecte et du nombre de lapins observés (LEBAS et COLIN, 1976; MAERTENS ET LEBAS, 1989; VILLAMIDE et RAMOS, 1994).

Très récemment, PEREZ *et al.* (1995) ont proposé une méthode standardisée pour la mesure des CUDa. Elle fixe, entre autres, la période d'accoutumance à 7 jours, la période de collecte à 4 jours et conseille de travailler avec 10 lapins par aliment pour avoir une précision acceptable notamment lors de la détermination des teneurs en énergie digestible. Ainsi, pour obtenir une mesure moyenne de CUDa il faut entretenir 10 lapins dans des cages spécialisées pendant au moins 2 semaines et effectuer 11 analyses: une pour l'aliment et 10 pour les échantillons de fèces.

Cependant les lapins en engraissement qui sont censés utiliser les aliments testés, sont classiquement logés en cages collectives et non individuelles. Par ailleurs en effectuant les mesures avec des lapins placés en groupe dans les cages de digestibilité on peut espérer obtenir une meilleure précision dans la mesure finale, puisque c'est déjà un échantillon "moyen" qui est collecté sous chaque cage.

Le but de notre expérience est donc de comparer la valeur absolue et la variabilité des CUDa mesurés avec des lapins en croissance logés soit en cages individuelles, soit en cages collectives à raison de 4 sujets par cage.

## MATERIEL et METHODES

Quatre aliments complets pour lapins ont été utilisés dans cet essai: un aliment E de formulation classique pour l'engraissement et 3 aliments expérimentaux A, B et C, se différenciant par leurs apports en énergie. En particulier, les aliments A et B ne se distinguent l'un de l'autre que par un apport d'amidon purifié dans l'aliment A et par un apport cellulose purifiée et de matières grasses dans l'aliment B, les 2 formules ayant été calculées pour être isoénergétiques. La composition chimique des 4 aliments est fournie au tableau 1.

*Tableau 1: Composition chimique des aliments expérimentaux (valeurs en pourcentage de la matière sèche ou en kcal/kg de matière sèche)*

ALIMENTS	E	A	B	C
Matière sèche	87,8	89,7	88,4	91,1
Matière organique	92,0	91,2	91,4	90,8
Cendres	8,0	8,8	8,6	9,2
Protéines (N x 6,25)	18,9	20,6	20,4	20,5
Cellulose brute	14,9	13,8	17,7	14,9
Energie brute	4365	4239	4415	4378

Les 300 lapins utilisés étaient de génotype croisé (Hyplus) issus d'un élevage commercial. Ils ont été sevrés à 35 jours puis placés au sevrage soit seuls, soit par groupes de 4 dans des cages de digestibilité. La répartition entre les cages tenait compte des portées d'origine et du poids vif.

Le schéma expérimental a été le suivant:

Au cours de chacune des 3 séries successives espacées de 4 semaines, 10 lapins logés en cages individuelles ont reçu soit l'aliment E (séries désignées par E1, E2 ou E3) soit l'un des 3 aliments expérimentaux A, B ou C. En même temps, 40 lapins placés dans 10 cages de 4 sujets ont reçu les mêmes aliments. Ainsi dans chaque série, 40 cages étaient en collecte (2 types de logement et 2 types d'aliment); au total 120 déterminations de digestibilité ont été effectuées, mais compte tenu des cas de mortalité et de morbidité, seuls 114 bilan digestifs ont été utilisés, soit au moins 9 cages contrôlées pour chacune des 12 combinaisons du plan expérimental.

Pendant une semaine d'accoutumance, les lapins ont reçu l'aliment à tester; ensuite, les consommations d'aliment (toujours à volonté) ont été enregistrées sur une période de 4 jours, tandis que les fèces émises étaient collectées tous les jours pendant la même durée, et stockées à -18°C en attendant les analyses.

Les analyses de l'aliment et des fèces ont été réalisées de manière à pouvoir calculer par cage, le CUDa de la matière sèche (MS), de la matière organique (MO), de l'azote et de l'énergie, ainsi que la teneur en énergie digestible (ED), selon la méthodologie standardisée décrite par PEREZ *et al.* (1994). Pour chacune des 12 combinaisons de 9 à 10 cages (série x logement x aliment) les écarts-types (ET) des CUDa et de l'ED ont été calculés.

Les valeurs individuelles (par cage) ont été utilisées dans une série d'analyses de variance factorielles (SAS, 1988) visant à déterminer en particulier l'effet moyen du nombre de lapins par cage. Ensuite, les écarts-types observés dans les 12 combinaisons ont été à leur tour utilisés comme critères descriptifs de la variabilité des valeurs, dans une analyse de variance ayant pour but la mesure de l'incidence de l'effectif par cage sur la précision des CUDa ou de l'ED mesurés.

## RESULTATS et DISCUSSION

La digestibilité moyenne des 4 aliments est fournie au tableau 2. La gamme de digestibilité est étendue puisque les CUDa de la matière sèche varient de 60,6 à 71,16%. Par contre les CUDa de la fraction azotée ne diffèrent pas entre régimes. Enfin, les teneurs en énergie digestible des 2 aliment A et B sont pratiquement identiques (2976 et 2999 kcal/kg MS) comme cela était attendu.

**Tableau 2 :** Digestibilité moyenne (%) des 4 aliments expérimentaux et teneur en énergie digestible (kcal/kg MS).

Aliments	E	A	B	C	Signif. stat. effet aliment
Nombre de cages	58	18	18	20	-
CUDa Mat.sèche	66,45	71,16	67,78	60,60	***
CUDa Mat organ.	66,42	71,72	67,89	60,79	***
CUDa Azote	72,24	73,71	74,16	73,00	NS
Energie digestible	2822	2976	2999	2570	***

L'effectif par cage n'a aucune influence sur la valeur moyenne des CUDa observés et aucune interaction significative n'est observée entre le type d'aliment étudié et le nombre de lapins par cage (tableau 3).

Par contre, la variabilité des CUDa et celle des teneurs en énergie digestible, sont significativement plus faibles avec 4 lapins par cage qu'avec un seul (tableau 4). Cette plus faible variabilité est systématiquement observée pour chacune des 6 comparaisons effectuées, quel que soit le critère pris en compte (figure 1).

Au plan formel, l'existence d'une différence significative entre les écarts-types mesurés en cages individuelles et en cages collectives aurait dû nous interdire d'effectuer l'analyse de variance simultanément sur les données individuelles et collectives (DAGNELIE, 1970). Cependant, comme nos effectifs sont pratiquement identiques dans les deux types de situation, et comme le rapport des écarts-types extrêmes ne dépasse pas 2, le non-respect de l'hypothèse d'homosélasticité n'entraîne aucun biais sensible dans l'analyse de variance (DAGNELIE, 1970); ainsi, nos conclusions restent valables quant à l'identité des moyennes obtenues par les 2 méthodes.

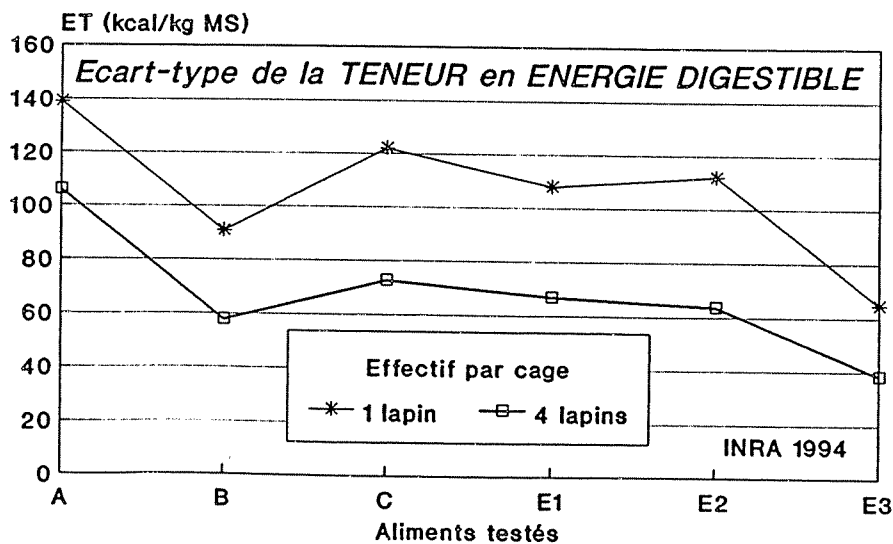
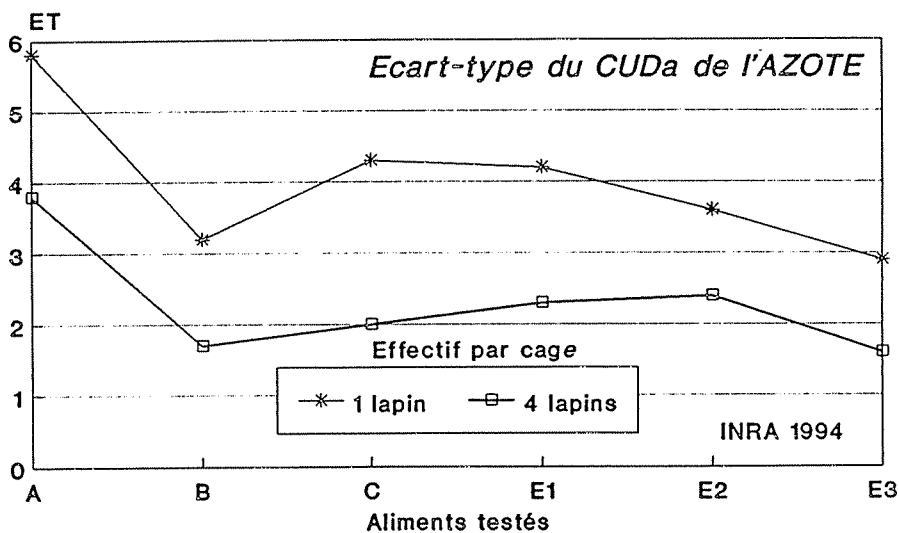
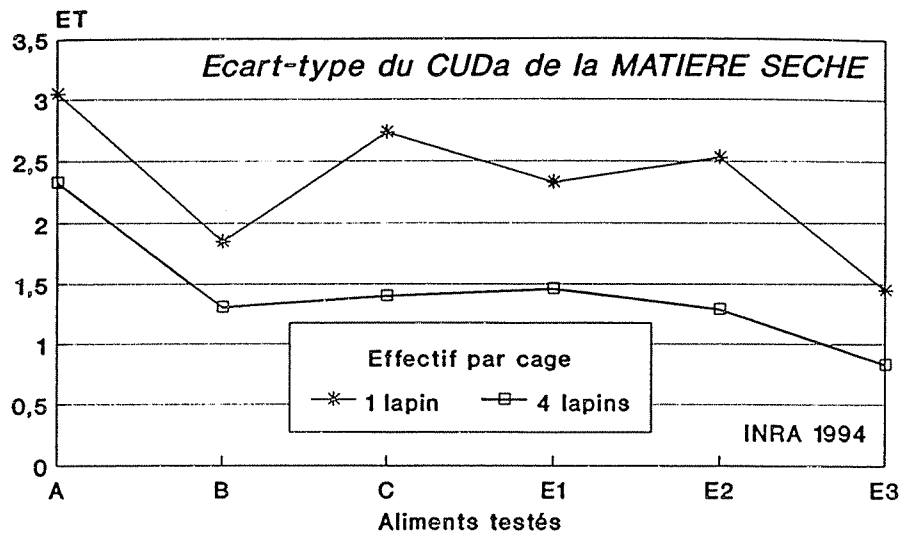
**Tableau 3:** Effet du nombre de lapins par cage sur la valeur moyenne des coefficients de digestibilité observés et sur la teneur moyenne en énergie digestible des aliments

	Effectif par cage		Signification effets		
	1 lapin	4 lapins	Alim.	Nb/cage	Al * Nb
CUDa Mat. sèche (%)	<b>66,28</b>	<b>66,47</b>	***	NS	NS
CUDa Mat. organique (%)	<b>66,43</b>	<b>66,57</b>	***	NS	NS
CUDa Azote (%)	<b>73,03</b>	<b>72,79</b>	NS	NS	NS
Teneur en Energie digestible (kcal/kg MS)	<b>2827</b>	<b>2832</b>	***	NS	NS

**Tableau 4:** Incidence du nombre de lapins par cage sur l'écart-type moyen de la population (ET) observé lors de 6 comparaisons.

	Effectif par cage		Signification Effet Nombre/cage
	1 lapin	4 lapins	
ET CUDa MS (%)	<b>2,32</b> ± 0,58	<b>1,44</b> ± 0,49	***
ET CUDa MO (%)	<b>2,34</b> ± 0,54	<b>1,53</b> ± 0,49	***
ET CUDa Azote (%)	<b>3,97</b> ± 1,03	<b>2,30</b> ± 0,80	***
ET Teneur en Energie digestible (kcal/kg MS)	<b>106</b> ± 26	<b>68</b> ± 22	***

Figure 1: Ecarts-types observés avec un ou 4 lapins par cage, lors de la détermination in vivo du coefficient de digestibilité de la matière sèche, de l'azote et pour la mesure de la teneur en énergie digestible de 6 aliments.



En supposant les écarts-types observés comme une bonne représentation de la dispersion effective pour chacun des types de valeurs mesurés *in vivo*, nous avons calculé la précision avec laquelle peut être connue la valeur moyenne d'un CUDa ou d'une teneur en ED, en fonction du nombre de cages mises en expérience. Cette précision a été assimilée à l'écart-type de la moyenne de chaque critère (ETM = ET / racine carrée de l'effectif observé).

La méthode de référence (EGRAN, 1995) proposant 10 lapins par aliment testé lorsqu'il n'y a qu'un seul lapin par cage, nous avons retenu ce chiffre pour le cas des lapins logés individuellement. Nous avons alors calculé pour les cages de 4 lapins, l'écart-type de la moyenne associé à un même nombre de cages contrôlés (n=10) ainsi que le nombre minimum de cages de 4 lapins, qui permet d'obtenir une précision au moins équivalente à celle permise par 10 lapins étudiés en cages individuelles

**Tableau 5:** *Ecarts-types de la moyenne (ETM) des coefficients de digestibilité et de l'ED, attendus soit avec 10 cages de 1 lapins, soit avec 10 cages de 4 lapins, et nombre minimum de cages de 4 lapins nécessaire pour obtenir une précision au moins équivalente à celle obtenue avec 10 lapins logés individuellement.*

Situations (unité des ETM)	CUDaMS (%)	CUDaMO (%)	CUDaN (%)	Teneur ED (kcal/kg MS)
ETM avec 10 cages de 1 lapin	± 0,73	± 0,74	± 1,26	± 34
ETM avec 10 cages de 4 lapins	± 0,46	± 0,48	± 0,73	± 22
Nbre minimum de cages de 4 lapins	4	5	4	4
ETM correspondant	± 0,72	± 0,68	± 1,15	± 34

Ce calcul démontre clairement que pour un même nombre de cages mis en expérience, l'introduction de 4 lapins par cage de collecte au lieu d'un seul, permet une mesure plus précise des coefficients de digestibilité et de l'énergie digestible d'un aliment donné. La conséquence logique est que l'utilisation de seulement 4 (ou 5) cages de 4 lapins permet de déterminer la digestibilité d'un aliment avec autant de précision qu'avec 10 cages ne contenant qu'un seul individu. Ainsi le coût analytique de la détermination d'une teneur en énergie digestible est divisé au moins par 2 sans réduction de la précision, puisque qu'avec 10 lapins par cage il faut effectuer 11 analyses (1 aliment + 10 fèces) et qu'avec 4 cages de 4 lapins, il n'y a plus besoin que de 5 analyses (1 aliment + 4 fèces). En outre, cet effectif de 4 cages permet des analyses statistiques et donc des comparaisons entre régimes, comme cela est pratiqué chez le Porc (PEREZ, 1991). De l'autre côté, l'analyse d'échantillons moyens de fèces permettrait certes de faire encore des économies sur le nombre d'analyses, mais alors il ne serait plus possible d'effectuer de comparaisons entre régimes.

Il existe toutefois un risque à n'utiliser qu'un nombre restreint de cage : en cas de trouble digestif ou de mortalité pendant la période de collecte pour un seul des lapins de la cage, c'est la cage entière qu'il convient de retirer de l'essai. Ce risque bien réel avec des cages collectives s'accroît avec le nombre de lapins par cage. C'est la raison pour laquelle nous avons fixé notre choix sur un effectif de 4 sujets par cage. Cependant ce risque ne doit pas être exagéré puisqu'il ne porte que sur les 4 jours de collecte. Au plan pratique, l'état sanitaire des lapins doit effectivement être contrôlé avec soins et tout animal suspect au premier jour de collecte doit être éliminé. La conséquence dans ce cas, est de travailler avec une partie des cages ne contenant que 3 lapins au lieu de 4. Ceci doit se traduire par une légère baisse de précision qu'il conviendra d'évaluer ultérieurement; mais celle-ci ne devrait, a priori, pas être plus importante que la "perte" d'une cage sur dix dans le cas où les lapins sont seuls par cage.

## REMERCIEMENTS

*Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme européen "EU 619 - Rabbit Feed" ayant obtenu le label EUREKA et animé par UCANOR, avec la participation financière du Ministère français de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.*

## BIBLIOGRAPHIE

COLIN M., LEBAS F., 1976. Méthodes d'étude de la digestion chez le lapin: 2/Périodicité des récoltes. *Sci. Techn. Anim. Labo.*, **1**, 129-133.

DAGNELIE P., 1970. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Volume II/ Les méthodes de l'inférence statistique. Duculot Edit. Gembloux, 123-124

EGRAN (European Group on RAbbit Nutrition), 1995. European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, **3**, (in press)

LEBAS F., COLIN M., 1976. Méthodes d'étude de la digestion chez le lapin: 1/Durée des périodes de collecte. *Sci. Techn. Anim. Labo.*, **1**, 71-77.

MAERTENS L., LEBAS F., 1989. Energy evaluation of feeds and feedstuffs. A critical approach. *Cuni-Sciences*, **5**, 35-46.

PEREZ J.M., BOURDILLON A., JARRIN D., LAMBOLEY B., LEBAS F., LE NAOUR J., WIDIEZ J.L., 1994. Application de la méthode européenne standardisée de mesure *in vivo* de la valeur énergétique des aliments destinés au lapin : comparaisons inter-laboratoires. *6ème Journ. Rech. Cunicole Fr.*, La Rochelle, 6-7 décembre 1994. ITAVI éd., Paris.

PEREZ J.M., CERVERA C., FALCAO E CUNHA L., MAERTENS L., VILLAMIDE M.J., XICCATO G., 1995. European ring-test on *in vivo* digestibility performed with rabbits: reproductibility of a reference method and comparison with individual laboratory procedures. *World Rabbit Sci.*, **3**, (in press)

PEREZ J.M., 1991. Intérêt et limites des modèles de prévision de la valeur énergétique des aliments destinés au Porc. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 196 p.

SAS, 1988. SAS/STAT User's Guide (Release 6.03). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 1029 p.

VILLAMIDE M.J., RAMOS M.A., 1994. Length of collection period and number of rabbits in digestibility assays. *World Rabbit Sci.*, **2**, 29-35.