



# « Journée Ombres et Lumières »

## Nutrition et physiologie digestive

Mardi 31 Janvier 2017

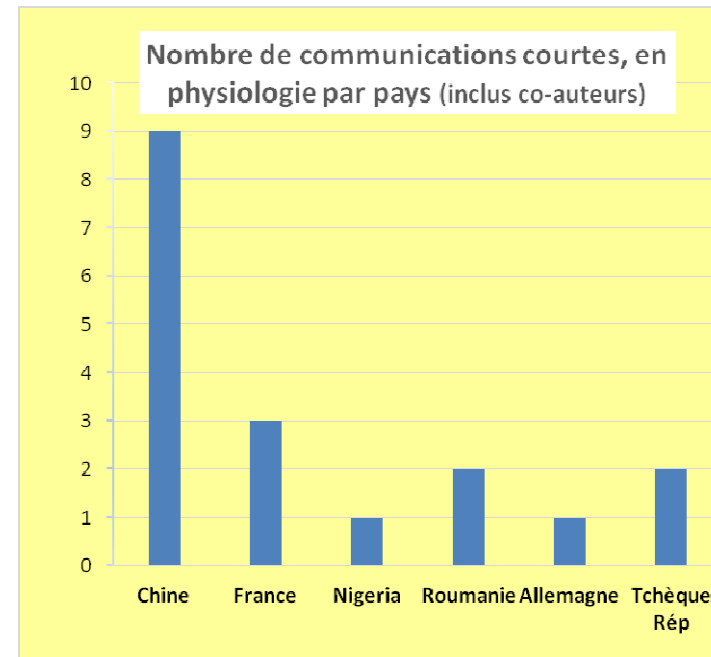
**Thierry GIDENNE<sup>1</sup> et Paméla VASTEL<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>INRA Toulouse, UMR 1388 GenPhySE, CS 52627 - 31326 CASTANET-TOLOSAN

<sup>2</sup>Techna France Nutrition, BP 10 - 44220 COUËRON

# Introduction

- La section « Nutrition et physiologie digestive » compte **26 communications** (soit **10%** des travaux de ce 11<sup>ème</sup> congrès)
  - C'est moitié moins que lors du précédent congrès
- Choix de reclasser certaines communications des autres sections en raison de leur lien avec la physiologie
  - Synthèse sur **18 communications** (6 pays représentés avec une représentation de la Chine de près de 40%)



**Figure 1:** Répartition des communications dans la section nutrition et physiologie



# Plan de la synthèse

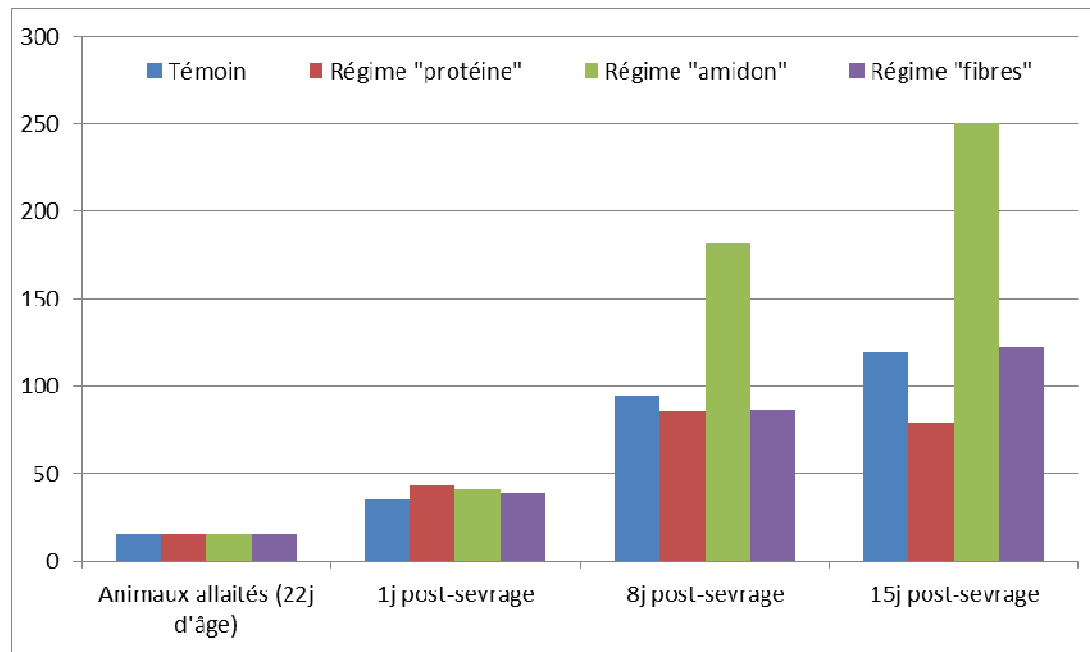
## Nutrition et physiologie digestive



1. Physiologie générale (*4 communications*)
2. Effets d'apport d'additifs (*2 communications*)
3. Effets de la présentation physique de l'aliment (*2 communications*)
4. Stratégie d'alimentation et conduite d'élevage (*5 communications*)
5. Matières premières et physiologie (*2 communications*)
6. Nutriments et physiologie (*3 communications*)

- **Activité des enzymes digestives sériques chez le lapin avant et après sevrage, nourris par des régimes enrichis en protéine, amidon ou fibres (*Bălăceanu et al., Roumanie*)**

- **Amylase** → âge-dépendant : x3 entre 22j et 31j (1j après sevrage)  
→ aliment-dépendant : dès 8j après sevrage, activité 2 fois supérieure pour les animaux nourris avec aliment riche en amidon



**Figure 2:** Activité de l'amylase sérique chez les animaux allaités et les lapins sevrés nourris avec différents régimes alimentaires

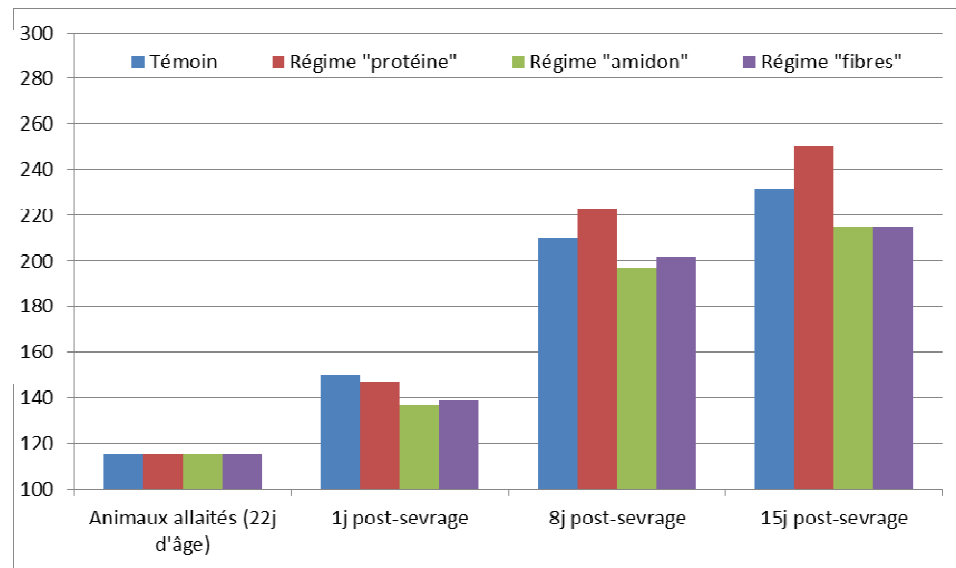
- **Activité des enzymes digestives sériques chez le lapin avant et après sevrage, nourris par des régimes enrichis en protéine, amidon ou fibres (*Bălăceanu et al., Roumanie*)**

➤ **Lipase** → maximale chez les lapins allaitants, puis très fortement réduite (10 à 6 fois) après le sevrage, sans effet du régime

➤ **Trypsine**

→ a doublé entre 22 jours et 2 semaines après sevrage (45 jours d'âge)

→ léger effet favorable du régime riche en protéines



**Figure 3:** Activité de la trypsine sérique chez les animaux allaités et les lapins sevrés nourris avec différents régimes alimentaires

→ Effet de l'âge et de l'alimentation sur l'activité des enzymes

→ Corrélation avec concentrations dans la lumière intestinale et efficacité de la digestion ?

→ Souligne l'importance de la base alimentaire autour du sevrage (notamment en présevrage)

- **Changements des paramètres sanguins en post-sevrage chez lapins nourris par différents niveaux de fibres et amidon (Bălăceanu et al., Roumanie)**
  - **Protocole** : Sevrage 28j. Allotement (10 lapins / groupe) et distribution des aliments expérimentaux à partir de 42j (*ad libitum*)

Valeurs chimiques (/kg brut)	Témoin	Régimes enrichis en fibres			Régimes enrichis en amidon		
		FL1	FL2	FL3	SL1	SL2	SL3
Protéine brutes (%)	11.25	12.19	12.00	11.85	11.33	11.33	10.58
Cellulose brute (%)	12.23	12.98	13.76	14.40	10.71	10.97	10.76
Amidon (%)	14.80	13.16	12.97	12.82	16.82	19.89	21.96
Energie digestible (Kcal)*	2125	2094	2003	1946	1974	2284	2278

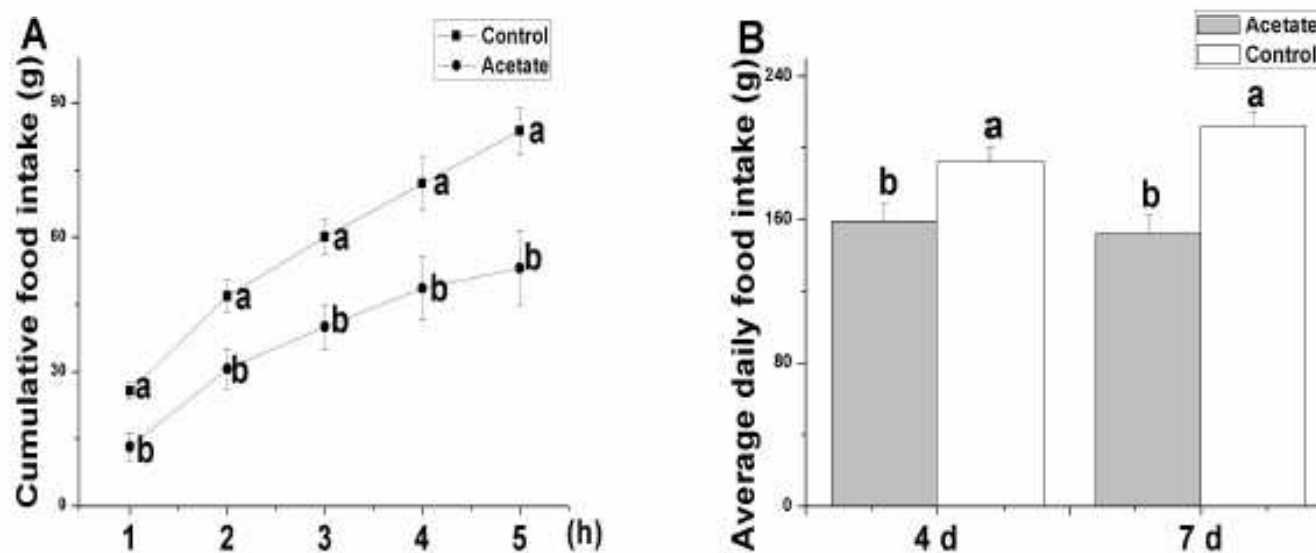
**Table 1** Composition chimique des aliments expérimentaux post-sevrage

\* Calculé en fonction des valeurs énergétiques des ingrédients (tables INRA, 1999)

- **Résultats** :
  - Léger effet de l'aliment sur la glycémie et taux de protéines
  - L'urée semble corrélée aux niveaux de fibres et amidon
  - Pas d'effet sur les niveaux de triglycérides, HDL ou LDL

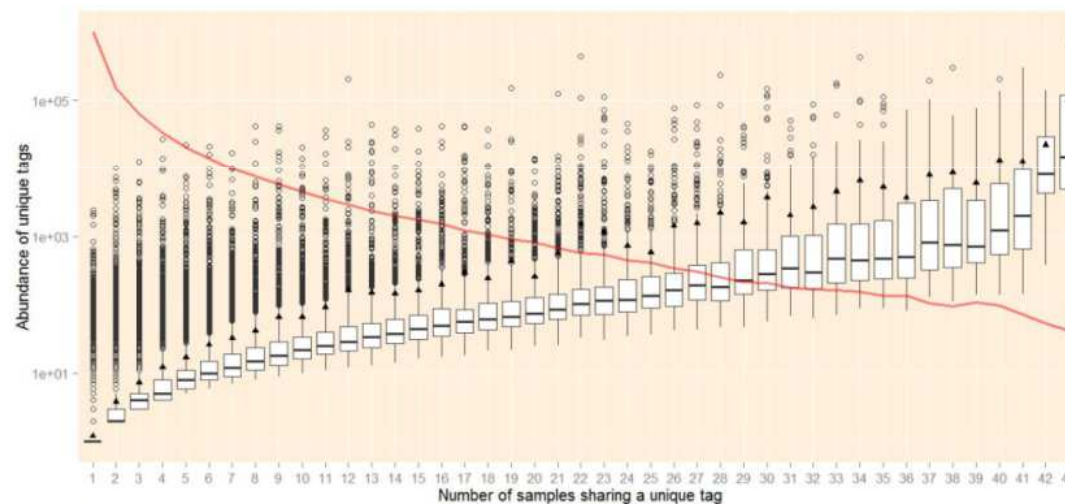
→ **Communication moins attrayante**  
 → **Portée de ces résultats restreinte car les écarts, notamment en cellulose brute pour les régimes « fibres » sont peu différents, et les profils fibres "Van-Soest" ne sont pas fournis**

- **Effet de l'acétate sur l'ingestion (*Liu et al., Chine*)**
  - Les AG chaîne courte (dont l'acétate) jouent un rôle dans le métabolisme énergétique en agissant sur la fonction hypothalamique → objet de l'étude
  - L'administration d'acétate induit une réduction de l'ingéré dès 5 heures suivant l'injection
  - Anorexie expliquée par une augmentation de l'expression du gène POMC



**Figure 1** Effet de l'injection d'acétate sur l'ingéré alimentaire

- **Profilage du microbiote intestinal (*Deng et al., Chine*)**
  - Etude du microbiote caecal par séquençage de l'ARNr16S (43 lapins de 60j)
  - 19 621 signatures génétiques bactériennes (OTU) différentes
  - 42% d'entre elles sont partagées par un maximum de trois échantillons.



**Figure 2.** Box-and-WhiskerPlots show the abundance distribution of clean unique tags as observed in different numbers of samples. The box extends from the 25th to 75th percentiles. Furthermore, the absolute counts of tags are represented by the bold red line.

→ **Diversité et richesse microbienne de la flore caecale élevées**  
→ **Malheureusement, pas d'arbres phylogénétiques associés. Donc, malgré un séquençage assez profond, cette étude n'apporte pas de connaissances supplémentaires**



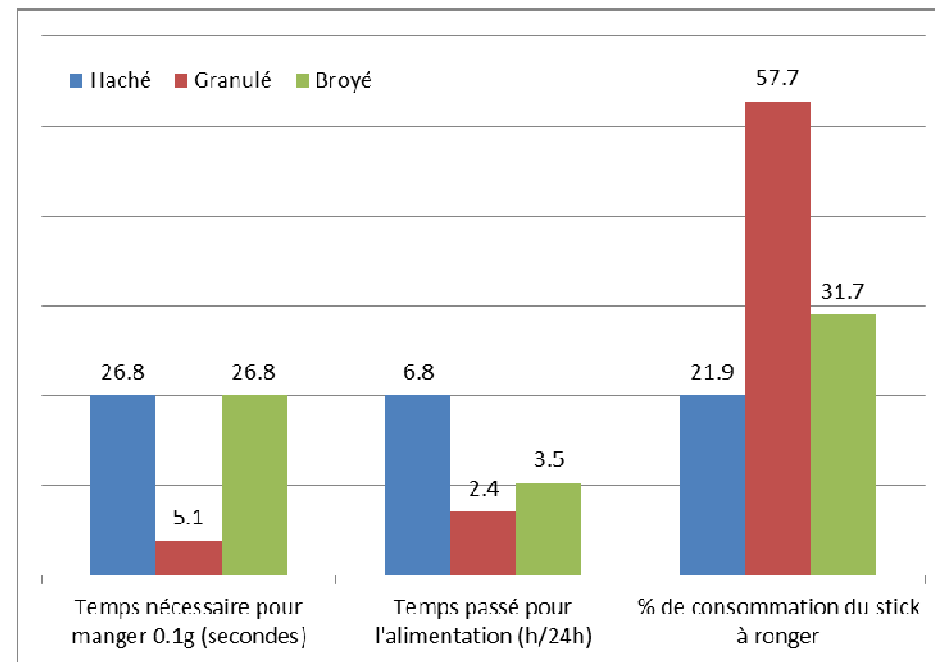
- **Effet d'un prébiotique : racine de chicorée chez des lapins rationnés (Volek *et al.*, République Tchèque)**
  - **Protocole** : Comparaison entre des lapins *ad libitum* et des lapins rationnés avec ou sans addition de racine de chicorée (% utilisation non défini !)
  - **Résultats** : La distribution d'un supplément de racines de chicorée induirait une baisse du pH caecal et une hausse de la concentration en AGV d'où une moindre morbidité (attention à l'interprétation : niveaux d'ingestion différents !)
- **Effet d'un probiotique : *Bacillus coagulans* (Ren *et al.*, Chine)**
  - **Protocole** : Etude de 2 doses de *Bacillus C.* (250 et 300 mg/kg)
  - **Résultats** :
    - Amélioration des performances (GMQ, IC)
    - Plus forte acidité dans l'intestin grêle et le caecum
    - Développement des Lactobacilles et bifidobacilles au détriment des colibacilles (mais pas d'information sur le sanitaire)

→ Action des prébiotiques et probiotiques qui semble intéressante sur la maîtrise de la flore caecale et donc le sanitaire

- **Comment la structure des aliments influe-t-elle sur les paramètres éthologiques et nutritionnels ? (Lang *et al.*, Allemagne)**

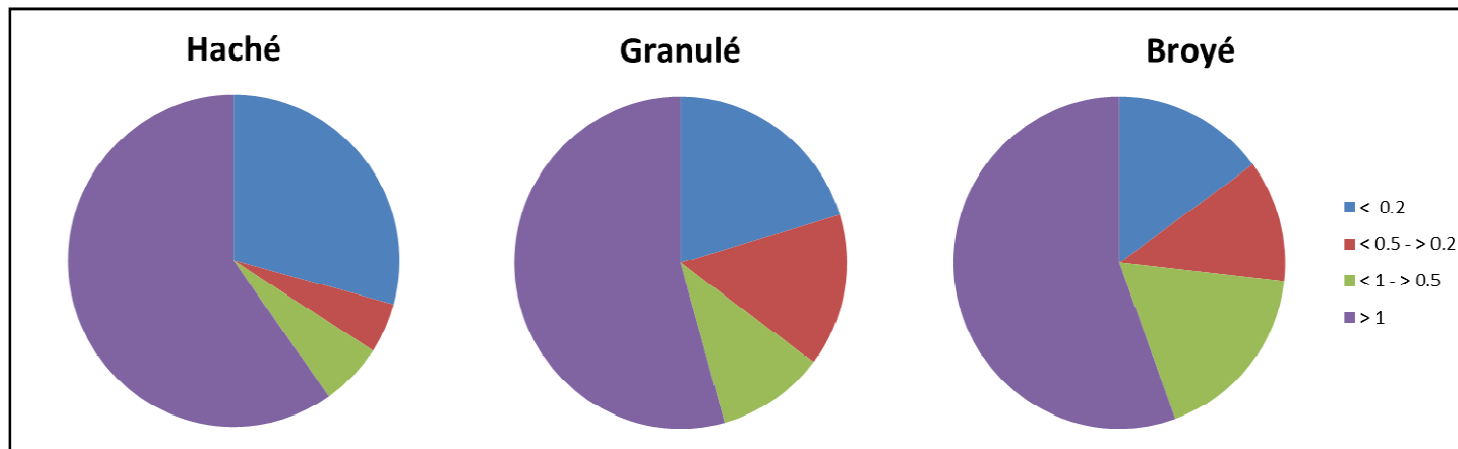
- Distribution à volonté à 2 femelles / groupes, de foin de Luzerne granulé, broyé ou haché

- Comportement alimentaire: les animaux ayant à leur disposition des granulés consomment 5 fois plus vite que les autres, et passent moins de temps à manger sur une journée (pas d'info sur les quantités ingérées)



**Figure 1** Comportement alimentaire des animaux

- **Comment la structure des aliments influe-t-elle sur les paramètres éthologiques et nutritionnels ? (Lang *et al.*, Allemagne)**
  - La taille des particules dans l'estomac diffère : les lapins nourris avec du foin haché ont plus de grandes particules dans l'estomac (80%, contre 57% granulé, 54% broyé). Au niveau caecal, seuls des écarts sur les particules de taille intermédiaire sont observés



**Figure 2** taille des particules dans le caecum

- **Effet de différents fourrages grossiers sur la morphologie des tissus digestifs de lapins Rex ? (Li *et al.*, Chine)**
  - Distribution à volonté à partir de 45j de 4 aliments contenant une forte proportion (25 à 40%) de l'un des quatre fourrages suivants : *Caragana microphylla*, clou de girofle, tige de haricot et coque d'arachide.  
Pas d'information sur la présentation de ces fourrages (présentés en mash ou incorporés dans l'aliment granulé ?)
  - Pas d'influence significative sur la longueur des villosités de l'intestin grêle de toutes les parties, mais effet significatif sur la profondeur des cryptes.
  - Manque les données de performances et sanitaire

→ Ces études confirment l'importance de la qualité physique des aliments sur les performances zootechniques (croissance, IC, sanitaire), avec le choix des MP mais aussi la granulométrie des aliments

# Stratégie d'alimentation

- 3 communications ont étudié l'effet de la restriction alimentaire :
  - Restriction courte (de 32 à 39j d'âge) et intense (46% ou 60% de l'ingéré volontaire) – Tůmovà et al. (R.Tchèque)
  - Restriction courte (de 40 à 47j d'âge ?), à 30%, 50% ou 70% de l'ingéré volontaire – Lu et al. (Chine)
  - Restriction plus longue (de 28 à 64j d'âge) à 70% de l'ingéré volontaire, associé aux conditions de logement (hygiène normale ou dégradée) – Combes et al. (France)
- Facteurs étudiés :
  - Effet sur le poids et l'IC
  - Etude du développement relatif des différents organes
  - Etude des variations hormonales au niveau du foie
  - Effet sur l'activité fermentaire caecale et la réponse immunitaire

# Stratégie d'alimentation

- Effets sur les performances zootechniques :
  - Pas d'effet d'une restriction courte (1 semaine) sur le poids final. Une étude montre un effet positif conservé sur l'IC
  - Une restriction plus longue permet de gagner en IC, mais avec un effet défavorable sur le poids final
  - La seule étude (Combes) qui fournit les résultats sur le sanitaire montre une moindre mortalité lors de la restriction
- Etude du développement relatif des différents organes
  - Le poids relatif des reins, poumons et cœur n'est pas affecté par une semaine de restriction
  - Mais celui du foie est divisé par deux

→ La durée et le niveau de restriction impacte plus ou moins les performances zootechniques (lié à la sévérité du rationnement, à l'effet de l'ingestion compensatrice post restriction...)  
→ La restriction impacte le développement du foie.

# Stratégie d'alimentation

- Etude des variations hormonales au niveau du foie
  - A la fin de la semaine de restriction : +15 à 20% de concentration sérique en protéines totales, sans variation des autres métabolites sanguins (triglycérides, azote uréique, etc.).
  - Mais, baisse de 2 hormones dans le foie : -10% de GH (hormone de croissance et -20% d'IGF-1 (insulin-like growth factor-1)
  - Aucun effet de la restriction ne persiste (hormones ou paramètres sanguins)
- Effet sur l'activité fermentaire caecale et la réponse immunitaire
  - L'activité fermentaire caecale est stimulée (+10%) chez les lapins restreints (plus d'AGV, et pH plus faible).
  - Les réponses inflammatoires et immunitaires anti-OVA sont affectées par la restriction

→ **Effet négatif de la restriction sur la production d'IgG (liée à une baisse d'énergie disponible pour ce processus qui est coûteux en énergie), sans pour autant être préjudiciable pour l'animal au contraire (effet positif sur l'activité fermentaire caecale)**

# Stratégie d'alimentation & Conduite d'élevage

- Une étude a traité de l'effet de **l'alimentation présevrage** sur la maturation du microbiote caecal (Read *et al.*, France)

- Sur les performances, le poids final est supérieur pour les groupes RL et HH
- La plus forte CMJ (+20%) de 18 à 28j du groupe RL (lié au mimétisme du lapereau) a permis une stabilité de l'écosystème digestif plus précoce

	18j	28j	35j (sev)
RL	R	L	L
LL	L		L
HH	H		H

	R	L	H
ED (Kcal/kg)	<b>2525</b>	<b>2235</b>	<b>2445</b>
Fibres Dig (%)	<b>19.9</b>	<b>25.8</b>	<b>24.0</b>
ADL	5.6	6.9	5.8
P.dig/ED	0.507	0.438	0.438

- **Conditions d'éclairage** (lumière naturelle, lumière rouge, lumière verte ou sans lumière) en engraissement (Pan *et al.*, Chine)

- + faible (-20%) expression de l'ARNm de CaBPD28K pour les animaux dans le noir (en lien avec le métabolisme calcique via la vitamine D3).
- Et croissance de ce même groupe inférieure de 25% aux 3 autres

→ **Confirmation de l'effet de l'alimentation précoce sur la maturation du microbiote**  
 → **Effet positif de la lumière sur les performances en engraissement (étudier l'effet positif relativement au coût énergétique engendré)**



# Matières premières

- 2 matières premières ont été testées : le tourteau de noix de Karité (Idahor *et al.*, Nigeria), et la pulpe de citrus (Lu *et al.*, Chine)

- **Tourteau de noix de karité** (testé de 0 à 8%)

- MP très pauvre en PB et CB, mais riche en MG (60%) et minéraux
- Pas d'effet sur l'ingestion ou la croissance
- Plusieurs paramètres sanguins sont légèrement modifiés, mais sans corrélation avec le taux d'incorporation de tourteau



- **Pulpe de citrus** (testé de 0 à 21%)

- A noter des écarts importants sur le profil nutritionnel des différents groupes
- Pas d'effet sur la croissance
- Le ratio albumine:globuline et la calcémie sont plus élevés dans les groupes avec pulpes

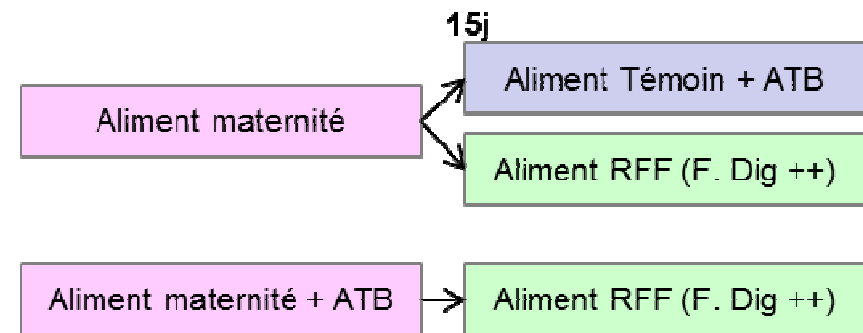


- **Il semble possible d'utiliser le tourteau de karité dans l'alimentation du lapin (en veillant au niveau de MG, pouvant faire rapidement monter le niveau énergétique de l'aliment)**
- **Cela confirme que la pulpe de citrus, déjà utilisée, peut être une matière première d'intérêt pour le lapin, en veillant au niveau de Ca (variable, et lié à son process d'obtention) qui peut déséquilibrer le rapport phospho-calcique des aliments**

- 3 études ont porté sur l'analyse de l'immunité en lien avec des apports en fibres digestibles, en arginine ou en vitamine B6
- **Impact de l'antibiothérapie et des fibres digestibles dans l'alimentation des jeunes lapereaux (Jacquier *et al.*, France)**

- **Objectif** : faire ingérer avant sevrage des fibres digestibles au lapereau pour stimuler l'activité microbienne et l'immunité.
- Ces résultats préliminaires suggèrent :

- Effet favorable des fibres digestibles sur la maturation de l'expression des gènes en lien avec l'immunité
- A l'opposé, les lapereaux recevant l'aliment médicamenteux auraient une moindre expression génétique



**Figure 1** Schéma expérimental

- Effet négatif des antibiotiques sur l'expression des gènes DE liée à l'âge
- Un aliment enrichi en fibres digestibles pourrait stabiliser plus rapidement l'expression génique liée à l'immunité
- Confirme l'intérêt des études GEC à venir (alimentation précoce du jeune lapereau)

- **Effet de l'arginine sur la réponse lymphocytaire (Qin *et al.*, Chine)**
  - 3 niveaux d'arginine ajoutée (0, 2 ou 4g/kg MS) entre 49 et 91 jours, à un régime en contenant déjà 10 g/kg MS
  - L'ajout d'arginine permet une amélioration de la croissance: 16 – 19 - 21g/j
  - Sans effet sur l'expression des gènes GM-SCF
- **Effet de la vitamine B6 sur la réponse immunitaire non spécifique (Liu *et al.*, Chine)**
  - 5 niveaux de vitamines B6 testés (0, 5, 10, 20 et 40mg/kg) entre 30 et 90j
  - Peu d'effet sur le poids du thymus ou de la rate, et reste sans effet sur les IgG sériques ou les IgE
  - Mais l'ajout de vitamine B6 améliore sensiblement les taux sériques d'interleukine-6 et d'interféron- $\gamma$ , ainsi que dans le duodénum et l'iléon

- Par son effet sur la croissance, l'arginine reste un acide aminé à prendre en compte dans les cahiers des charges aliment
- La vitamine B6 (déjà en partie fournie par la caecotrophie) pourrait favoriser la réponse immunitaire non spécifique



# Conclusion



- La section physiologie est moins riche en communications et en enseignements que dans les congrès précédents.
- Du point de vue des méthodes, on note une recrudescence d'outils moléculaires et notamment pour analyser l'expression de gènes en lien avec diverses fonctions physiologiques, l'immunité ayant la priorité.
- Quelques résultats originaux contribuent à améliorer nos connaissances sur le microbiote et les effets de diverses stratégies d'alimentation sur celui-ci.
- Pour plusieurs travaux, le périmètre de l'étude est incomplet et justifie que certaines études soient reconduites pour confirmer les conclusions

**MERCI DE VOTRE ATTENTION**  
et rendez-vous à Nantes en 2020

