



Tâche 3: Impact de l'alimentation sur la santé et les performances. Projet Région APR-IA INTEGRITY (Intégrité de la barrière intestinale et infections opportunistes) (2017-2020) (79 diapo)

Irène Gabriel

► To cite this version:

Irène Gabriel. Tâche 3: Impact de l'alimentation sur la santé et les performances. Projet Région APR-IA INTEGRITY (Intégrité de la barrière intestinale et infections opportunistes) (2017-2020) (79 diapo). 2019. hal-03801041

HAL Id: hal-03801041

<https://hal.inrae.fr/hal-03801041>

Preprint submitted on 6 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Projet Région APR-IA INTEGRITY

Intégrité de la barrière intestinale et infections opportunistes (2017-2019, étendu à 2020)

Convention jusqu'au 13/02/21

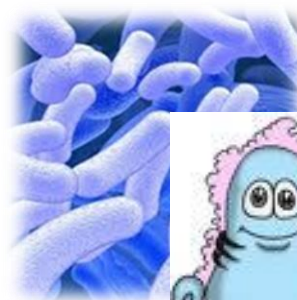
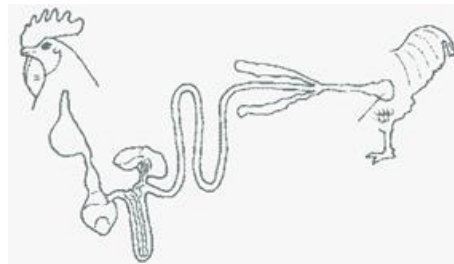
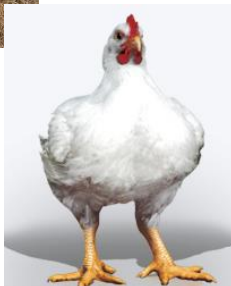
Tâche 3 : Impact de l'alimentation sur la santé et les performances

Responsable équipe AliSE : Irène Gabriel

Équipe AliSE : Irène Gabriel, Agnès Narcy, Michel Duclos

Etude n°1 : Alimentation / *E. tenella*

Expérimentation n°1 : Juin 2019



Eimeria tenella

Objectifs

Projet Integrity (Extrait du projet soumis)

L'amélioration des performances de croissance en production avicole s'est effectuée grâce à la **sélection génétique** et à une **optimisation de l'alimentation**, mais elle a été réalisée au détriment de la santé des animaux associée à une augmentation de l'incidence des **maladies infectieuses**. Dans ce projet, nous proposons d'étudier par une approche intégrée comment certaines **bactéries** présentes dans l'**intestin**, et à ce stade **sans danger pour l'hôte**, vont profiter d'une **infection parasitaire** très fréquente chez la volaille pour pénétrer puis **disséminer dans l'organisme**, ce qui peut conduire à une infection sévère. L'**alimentation**, qui joue un **rôle majeur dans la santé de l'intestin**, sera utilisée comme un **levier** pour **réduire les conséquences délétères de ces infections**. Le projet consistera à identifier les **mécanismes biologiques** mis en jeu et à évaluer l'efficacité de **certains régimes alimentaires** comme **stratégie** pour **améliorer la santé des volailles**.

Poulet de chair à croissance rapide exempts de pathogènes (EOPS)

Pour répondre à l'accroissement de la demande, l'**élevage** s'est beaucoup **intensifié**. Ainsi, les animaux ont été **génétiquement sélectionnés** et l'**alimentation optimisée** pour produire plus de viande et plus vite. Ce **gain de croissance** s'est fait au détriment de la robustesse et du bien-être des animaux. Comme la plupart des **ressources physiologiques et métaboliques sont consacrées à la production**, la réponse immunitaire est compromise. Ainsi, l'**intensification de l'élevage** n'a pas été sans conséquences sur la santé des animaux et on observe une **forte incidence de maladies infectieuses parasitaires et bactériennes** en élevage associée aux mécanismes de résistance aux traitements médicamenteux (antiparasitaires, antibiotiques).

Tâche 3 : Impact de l'alimentation sur la santé et les performances

Plateforme d'Infectiologie Expérimentale (PFIE)

UMR Biologie des Oiseaux et Aviculture (BOA)

Equipe Alimentation et système d'Elevage (AliSé)

UMR 1282 Infectiologie et Santé Publique (ISP)

Equipe Pathogénie de la Colibacillose Aviaire (PCA)

Equipe Apicomplexes et Immunité Mucosale (AIM)

Etape 1 : Effet de l'alimentation sur
le fonctionnement digestif (dont le microbiote)
le développement de la coccidiose (E. tenella)
et les performances de l'animal

Etape 2 : Translocation bactérienne
lors de l'infection par E. tenella
et effet de l'alimentation

Etude n°1 : Alimentation / E. tenella

Expérimentation n°1 : Juin 2019

Les différents intervenants



Unité d'Elevage Pole d'expérimentation Avicole de Tours (UEPEAT)

Direction : Celeste Lebourhis

Moulin : Nicolas Besne



Plateforme d'Infectiologie Expérimentale (PFIE)

Direction : Edouard Guitton

Zone expérimentale : Secteur 2

Thierry Chaumeil, Maud Renouard, Sébastien Lavillatte

Zone confinée : Secteur 3

Olivier Boulesteix, Sylvain Breton, David Gauthier

UMR Biologie des Oiseaux et Aviculture (BOA)

Equipe Alimentation et Système d'Elevage (AliSé)

Irène Gabriel, Agnès Narcy, Michel Duclos

Nathalie Même, Maryse Leconte, Lionel Lardic

et les nombreux intervenants

des équipes AQSel et MOCA pour les prélèvements



UMR 1282 Infectiologie et Santé Publique (ISP)

Equipe Apicomplexes et Immunité Mucosale (AIM)

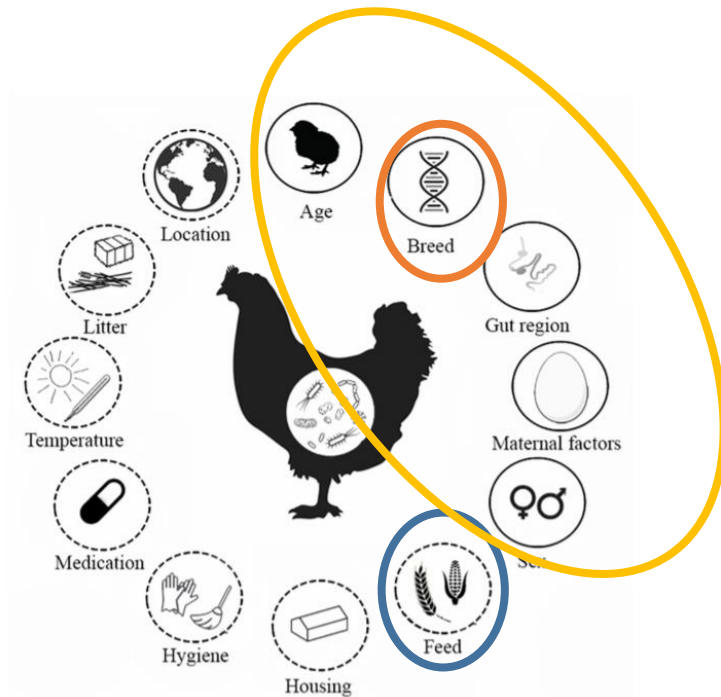
Françoise Bussière, Fabrice Laurent

Pauline Gaboriaud, Geneviève Fort



Rappel sur le microbiote

Facteurs intrinsèques et extrinsèques modulant le microbiote



Alimentation:

- MP
- Structure et traitement techno.
- Anticoccidiens
- Additifs alimentaires

Eau

Environnement:

- Densité d'élevage
- Température
- Type de litière

Microbiote de l'embryon ?

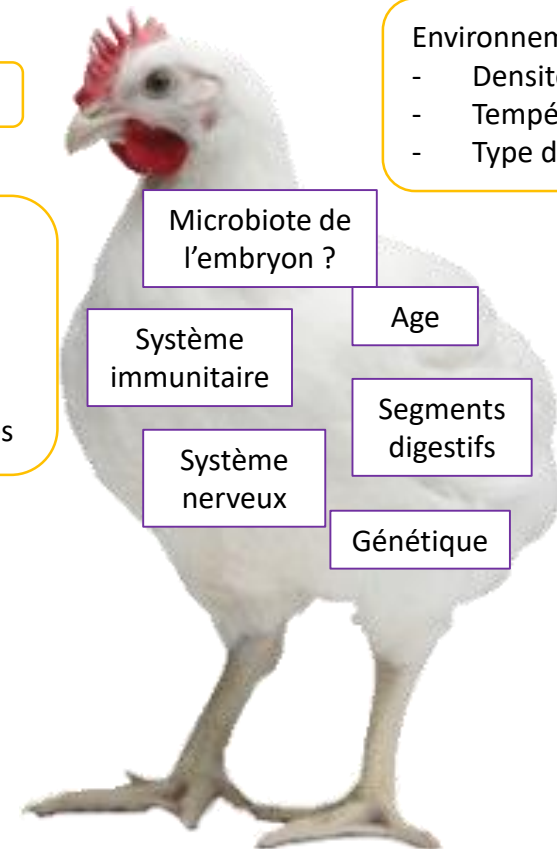
Système immunitaire

Système nerveux

Age

Segments digestifs

Génétique



D'après Kers et al (2018)

Importance de l'environnement au sens large

Environnement:

- Densité d'élevage
- Température
- Type de litière

Alimentation:

- MP
- Structure et traitement techno.
- Anticoccidiens
- Additifs alimentaires

Réponse de l'animal (ou de son microbiote) à l'aliment A et B **selon l'environnement**

	Aliment A (Témoin)	Aliment B (Expérimental)
Environnement au sens large X	Réponse 'Basale x' A 100	Réponse B > Réponse A 150
Environnement au sens large Y	Réponse 'Basale y' A : 140	Réponse B = Réponse A 140

Phénomène très classique en écologie microbienne

La **capacité** d'un microbiote à être modifié
par un facteur extérieur
dépend du **microbiote initial**

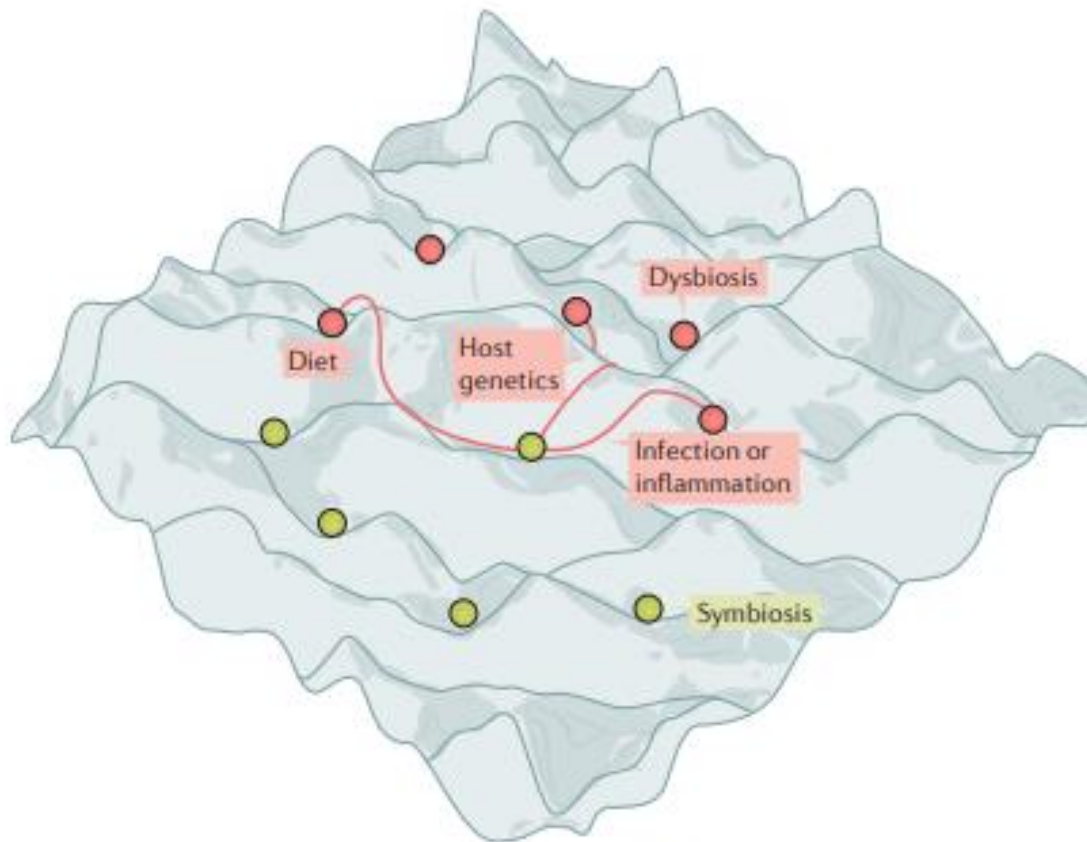


Figure 1 | **A schematic of a conceptual energy landscape harbouring multiple possible stable states of symbiosis and dysbiosis.** The transition between the healthy state and the dysbiotic state requires stimuli such as diet, host genetics, infection or inflammation.

Levy, M., et al. (2017). "Dysbiosis and the immune system." Nature Reviews Immunology 17(4): 219-232.



Assurer un contrôle maximal des conditions environnementales

Animaux

Souche génétique à croissance rapide Ross PM3



<http://eu.aviagen.com/brands/ross/products/ross-pm3>

The Ross PM3 is a combination of a standard male with mini females, which provide **significant savings to farmers** in regard to **feed** and **farming space utilization**. Ross PM3 broilers have **exceptional uniformity** and are favored by customers operating in markets where demand is for whole birds and precise weight portioning.

Parentaux

Œuf de milieu de ponte → Poussins de qualité optimale

Status sanitaire

Statut EOPS (en fait **holoxénique**)

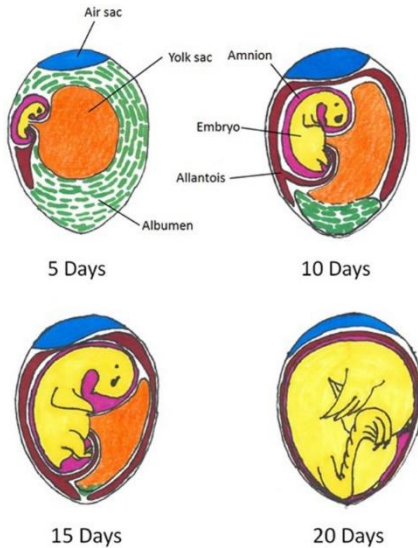
→ Environnement microbien du poussin contrôlé

Jeûne post-éclosion

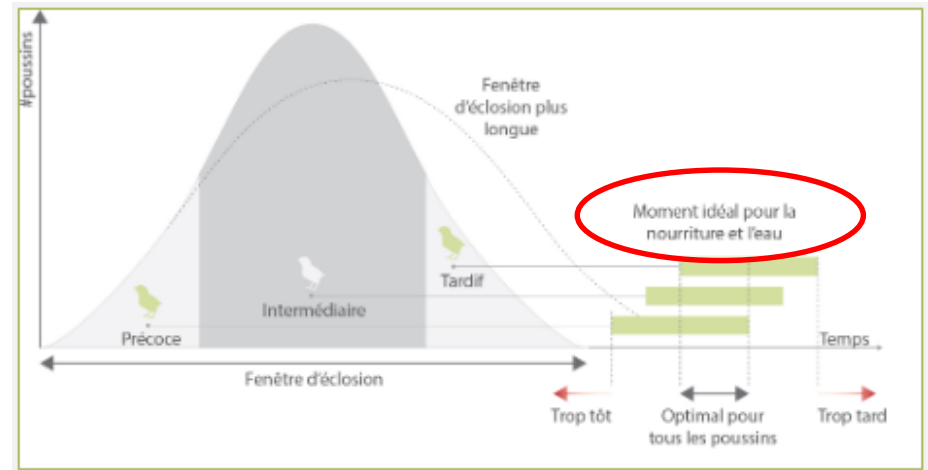
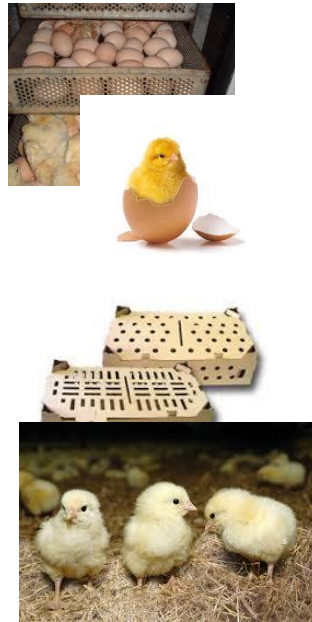
Pour information : Effet du jeûne post-éclosion

Acoueurs industriels

Ex : Petersime



Roto et al (2016)



<https://www.petersime.com/departement-de-developpement-de-couvoir/l'alimentation-precoc-est-elle-benefique-tout-est-une-question-de-timing/>

Pratique sur le terrain

Niveau international

Majoritairement (Congrès IFRG, 2019) :
Introduction d'aliment post-éclosion

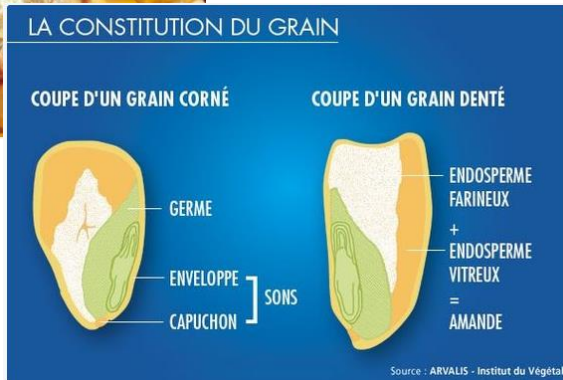
En France :

Jeûne **ou** alimentation post-éclosion

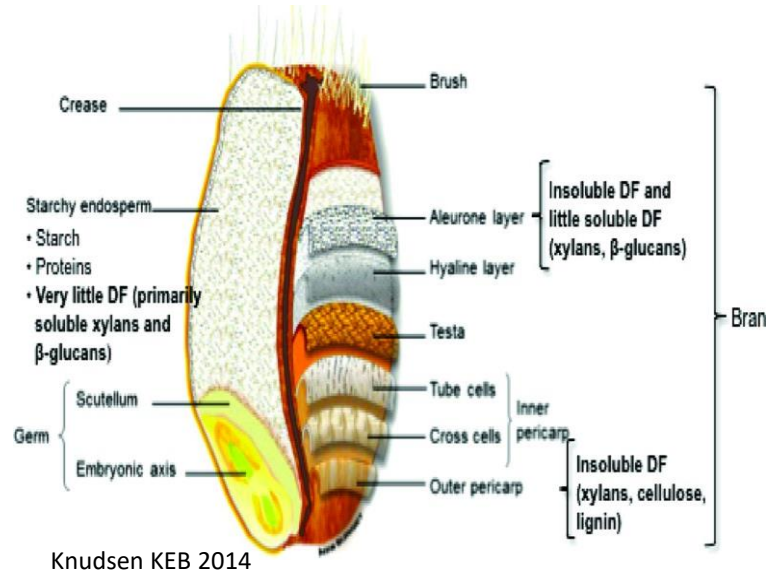
Régimes alimentaires (1)

Matières premières de base

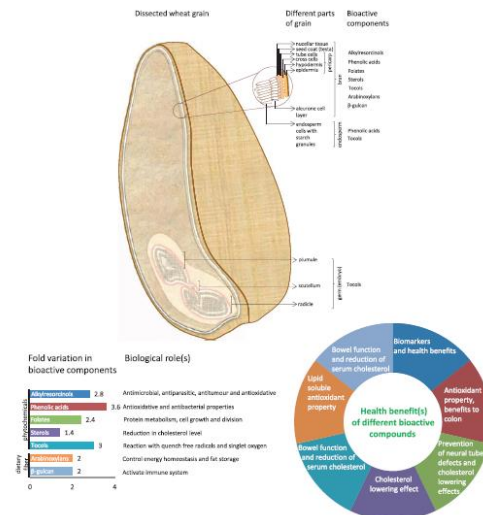
Maïs (grains entiers broyés)



Blé (grains entiers broyés)



Soja (Tourteaux)



Balyan HS et al 2013 (d'après Shewry PR 2009)

Régimes alimentaires (2)

Apports énergétiques et en nutriments

Cible : Elevage standard (Croissance rapide)

Objectif : Maximiser les performances de croissance

Rq : Les densités plus faibles peuvent s'avérer bénéfiques réduire les pododermatites (Bilgili et al. 2006; Shepherd et Fairchild. 2010) ... la 'santé digestive'

Apports nutritionnels : Recommandations UMR-BOA pour poulet à croissance rapide (Ross PM3) ; Régimes isoénergétiques et isoprotéiques

Démarrage (1-9 j) : 2 830 kcal/kg, 21,5-22 % de protéines

Croissance (9-23 j) : 3 000 kcal/kg, 21,3 % de protéines

Rq : En pratique, variable selon les entreprises

Objectif de rentabilité et non de perf, donc avec des anx ayant une plus faible croissance donc moins de pb de pattes (BEA)

Mais des aliments dilués entraînent une consommation plus élevées, donc plus d'excreta, donc des litières + sales (de Jong et al 2015)

Ingrédients des régimes alimentaires

		Demarrage Témoin	Demarrage Fibre	Croissance Témoin
Maïs		48,930	44,27	31,390
Tourteau de soja		35,700	35,70	33,100
Blé		10,000	10,00	30,000
Huile de soja		1,730	3,33	2,800
Phosphate bicalcique		2,180	2,20	1,400
Carbonate de Calcium		0,496	0,49	0,440
Premix vitam.		0,400	0,40	0,400
Sel		0,300	0,30	0,300
Coques d'avoine			3,00	
Methionine DL		0,215	0,23	0,160
HCL lysine		0,039	0,05	
Thréonine			0,02	
Xylanase				
Phytase		0,010	0,010	0,010

Croissance 'enzyme' : ajout de 0,01% d'enzyme dans le régime Croissance 'Témoin'

Régimes alimentaires (3)

Prémix de l'UEPEAT (0,4%, Origine : Techna 2017)

SUPPORT : Carbonate de calcium

ADDITIFS AU kg DE PRODUIT

1b-ANTIOXYGENES*

Gallate de propyle (E310)	2 mg
Ethoxyquine (E324)	8 mg

3a-VITAMINES

Vitamine A (3a672a)	2 500 000 UI
Vitamine D3 (E671)	860 000 UI
Vitamine E (3a700)	20 000 UI
Vitamine K3 (3a711)	1 000 mg
Vitamine B1 (3a821)	1 000 mg
Vitamine B2	1 600 mg
D-pantothénate de calcium (3a841)	5 000 mg
Vitamine B6 (Chlorhydrate de Pyridoxine) (3a831)	1 400 mg
Vitamine B12	5.2 mg
Vitamine PP (Niacine (3a314)/Niacinamide (3a315))	20 000 mg
Acide Folique (3a316)	600 mg
Biotine (3a880)	60.0 mg

Chlorure de Choline (3a890)	110 000 mg
-----------------------------	------------

3b-OLIGO-ELEMENTS

Cuivre (sulfate cuivrique pentahydraté) (E4)	3 200 mg
Fer (carbonate ferreux) (E1)	10 000 mg
Zinc (sulfate de zinc monohydraté) (3b605)	14 000 mg
Manganèse (oxyde manganoux) (E5)	16 000 mg
Iode (iodate de calcium anhydre) (3b202)	400 mg
Sélénium (sélénite de sodium) (E8)	40.0 mg

Antioxydants

* : Additif technologique du prémélange non concerné par l'étiquetage de l'aliment de destination

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Ethoxyquine> (14/08/19)

Pas approuvé en alim animale dans l'UE ...

Vitamines

Choline

Bétaïne

Synthétisée par le foie

Oligoéléments

Important : ces éléments sont **donnés à titre confidentiel** et sont la **propriété de TECHNÀ**.

Leur divulgation sous quelque forme que ce soit est interdite sauf autorisation écrite de la part de TECHNÀ

Régimes alimentaires (4)

Facteurs alimentaires proposés

pour **modifier le développement** de l'appareil digestif et /ou **microbiote**
pour avoir un **effet sur la coccidiose due à E. tenella**

Facteurs alimentaires étudiés

Phase 1 : Conséquence à long terme de l'alimentation chez le **jeune animal**

(Programmation nutritionnelle)

Fibres insolubles / particules grossières

Phase 2 : Effet des **fibres solubles** indigestibles $\pm$ hydrolysées chez l'**animal plus âgé**

Phase 1 :Fibres insolubles / particules grossières

Travaux de l'équipe de GG Mateos (Espagne) Mateos et al. (2012; Revue)

Effet bénéfique des fibres insolubles

Sources de fibres insolubles

Sous forme de particules grossières

(Coques d'avoine)

En quantité modérée

(2-3% de la ration alimentaire)

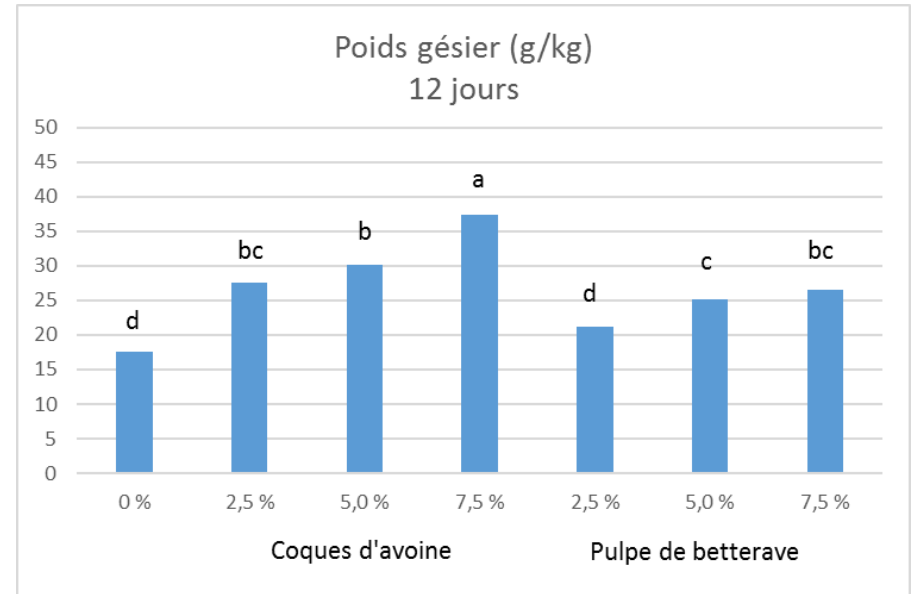
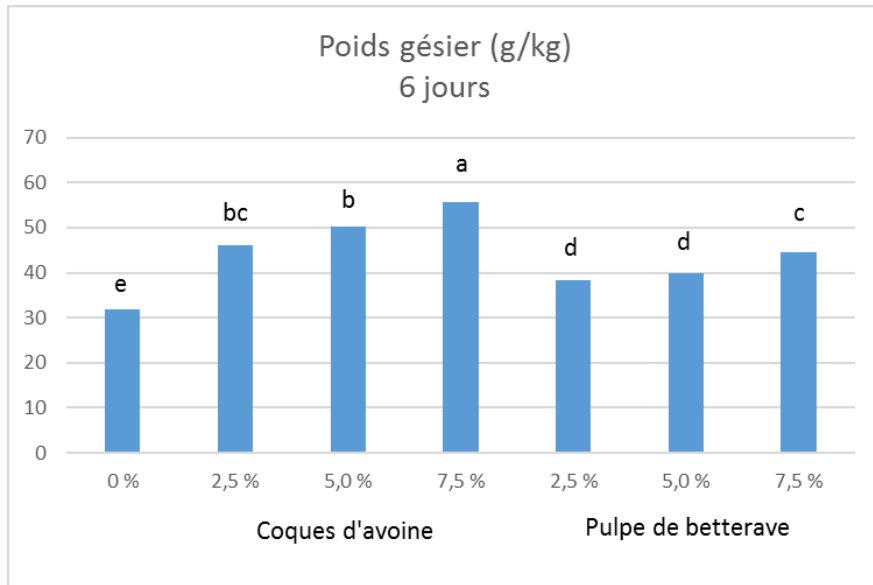
Dans des régimes maïs/soja pauvres en fibres



Favorable
au développement du gésier
de la digestion
et des performances de croissance

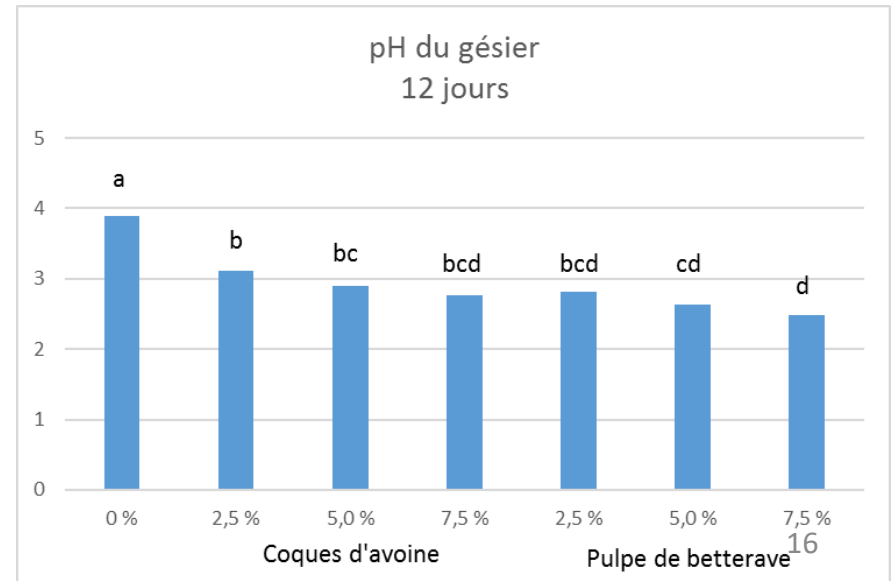
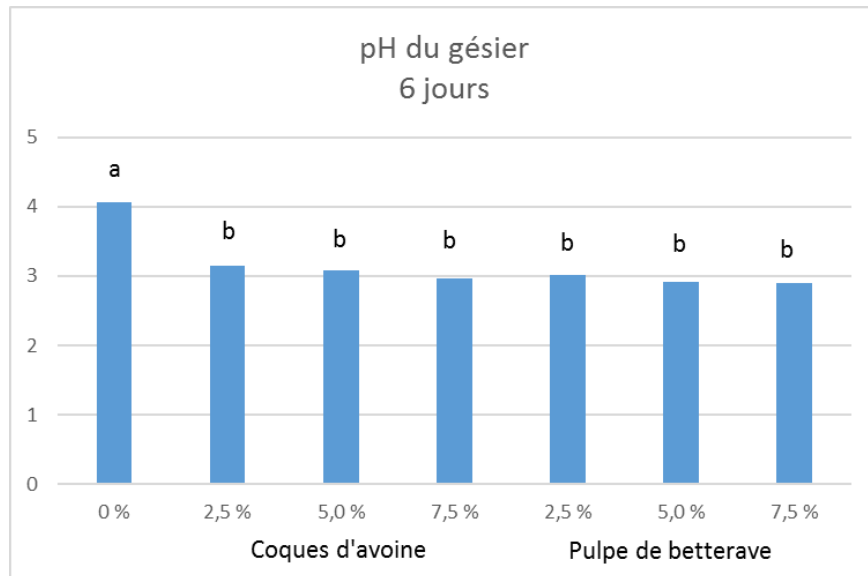
Effet sur le poids relatif du gésier

Jimenez-Moreno, E., et al. (2013, Espagne)



Effet sur le pH du gésier

Jimenez-Moreno, E., et al. (2013)



Jimenez-Moreno, E., et al. (2013; Espagne)

A batch of oat hulls (OH) and a batch of sugar beet pulp (SBP) were ground using a hammer mill (Model 15303, Fritsch GmbH, Rudolstadt, Germany) fitted with a 2-mm screen and analysed for chemical composition, particle size distribution and geometric mean diameter (Table 1).

The remaining experimental diets were manufactured by diluting (weight/weight) the control diet with 25, 50 or 75 g of either OH or SBP/kg. All diets were fed in mash form.

Chemical composition (g/kg as-fed basis, unless otherwise indicated), particle size distribution and geometric mean diameter (GMD), water holding capacity and swelling capacity of the fibre sources

Taille de passage des particules
au niveau du gésier : 1 mm
(entre 0,5 et 1,5 mm) ...

Portion pylorique

Klasing (1998, USA) : Les grosses particules sont retenues par l'action filtrante des crêtes de la muqueuse du gésier à l'entrée du duodénum.

Svihus, B. (2011, Norvège) :

Ferrando et al (1987) : Les particules ne sortent du gésier que lorsqu'elles ont une taille inférieures à env 1 mm (entre 0,5 et 1,5 mm)

Hetland et al (2002; 2003) et Amerah et al. (2008) : une majorité des particules entrant dans le duodénum sont plus petites que 0.1 mm

Svihus, B. (2011). "The gizzard : function, influence of diet structure and effects on nutrient availability." Worlds Poultry Science Journal 67(2): 207-223.

	Oat hulls
Chemical analysis ^a	
Gross energy (MJ/kg)	17.4
Dry matter	936
Crude protein	30
Starch	92
Ether extract	14
Total ash	37
Crude fibre	283
Neutral detergent fibre	702
Acid detergent fibre	334
Lignin acid detergent	37
Total dietary fibre	713
Insoluble dietary fibre	706
Soluble dietary fibre	7
Physicochemical properties	
Particle size distribution	
Screen size (µm)	
1250	33
630	412
315	353
160	154
80	57
GMD ± GSD ^b (µm)	509 ± 1.9
Water holding capacity ± SD ^c (mL/g dry matter)	3.9 ± 0.51
Swelling capacity ± SD ^c (mL/g dry matter)	2.1 ± 0.40

^a Analysed in triplicate.

^b Log normal geometric standard deviation.

^c Mean ± standard deviation.

> 1 250 µm et < 80 µm ?

Σ = 1 009

Taille de particules
des aliments ?

Jimenez-Moreno et al (2016; Espagne) :

The **oat hulls (OH)**, a by-product of the **infant food industry**, contained by analyses 28.3% CF and 65.9% neutral detergent fiber (NDF).

The 3 fiber sources were **ground** using a **cutting mill** (Fritsch Pulverisette 15, Idar-Oberstein, Germany) fitted with a **2 mm screen** and included as such in the corresponding experimental diets.

Détermination de la taille des particules des coques d'avoine

ASAE. 2003a. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. ASAE standard S319.2. Agriculture Engineers Yearbook of Standards. ASAE, St. Joseph, MO.

Table 1. Chemical analyses (% as-fed basis, unless stated otherwise) and physico-chemical properties of the fiber sources.

Item ¹	Oat hulls	Rice hulls	Sunflower hulls
Chemical analyses			
DM	91.6	91.8	92.5
Gross energy (kcal/kg)	4,108	3,728	4,479
CP	3.8	2.4	6.2
Ether extract	1.9	0.5	4.8
Ash	3.8	12.9	3.6
Starch	9.9	—	—
Crude fiber ²	28.3	54.2	48.7
Neutral detergent fiber	65.9	75.4	70.0
Acid detergent fiber	32.1	54.7	46.7
Acid detergent lignin	5.4	19.2	20.3
Total dietary fiber	70.6	74.0	79.9
Insoluble dietary fiber	65.7	72.0	71.4
Soluble dietary fiber	4.9	2.0	8.5
AME _n ² (kcal/kg)	400	190	340
Physico-chemical properties			
Sieve screen ³ (μm)			
>2,500	—	0.2	0.3
1,250	0.4	0.7	3.4
630	29.4	57.4	52.8
315	52.0	34.1	33.5
160	15.1	5.2	7.9
<80	3.2	2.4	2.0
GMD ³ ± GSD ⁴ (μm)	473 ± 1.70	622 ± 1.63	630 ± 1.71
WHC ⁵ ± SD (L/kg DM)	3.93 ± 0.56	5.51 ± 0.43	7.19 ± 0.59
SWC ⁶ ± SD (L/kg DM)	1.82 ± 0.12	1.07 ± 0.07	3.20 ± 0.16
Buffer properties			
Initial pH ⁷	6.11 ± 0.030	6.78 ± 0.032	5.84 ± 0.028
Base-buffering capacity ⁸	86.0 ± 6.1	74.5 ± 11.7	99.3 ± 11.4
Acid-buffering capacity ⁹	65.4 ± 5.0	56.3 ± 4.8	111.8 ± 4.2

¹Analyzed in triplicate samples.

²Calculated values (Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal, 2010).

³GMD = Geometric mean diameter. The percentage of particles lower than 40 μm was negligible for all fiber sources.

⁴GSD = Geometric SD. It was determined as log normal SD.

⁵WHC = Water holding capacity.

⁶SWC = Swelling water capacity.

⁷pH of 0.5 g of the diet (DM) suspended in 50 mL distilled deionized water.

⁸μEq of NaOH required to increase the pH of 0.5 g DM suspended in 50 mL distilled deionized water from the initial pH to pH 7 divided by pH change.

⁹μEq of HCl required to decrease the pH of 0.5 g DM suspended in 50 mL distilled deionized water from pH 7 to pH 4 divided by pH change.

Jimenez-Moreno et al (2016, 2019; Espagne) :

Table 2. Ingredient composition, chemical analysis (% as-fed basis, unless stated otherwise), and physico-chemical properties of the mash diets

	Control	Oat hulls		Rice hulls		Sunflower hulls	
		2.5%	5.0%	2.5%	5.0%	2.5%	5.0%
Broken rice	57.91	56.47	55.01	56.46	55.02	56.46	55.02
Fermented soybean meal (53% CP)	24.00	23.40	22.80	23.40	22.80	23.40	22.80
Fish meal (72% CP)	7.60	7.41	7.22	7.41	7.22	7.41	7.22
Lard	3.80	3.71	3.61	3.71	3.61	3.71	3.61
Soy oil	1.34	1.31	1.27	1.31	1.27	1.31	1.27
Oat hulls	—	2.50	5.00	—	—	—	—
Rice hulls	—	—	—	2.50	5.00	—	—
Sunflower hulls	—	—	—	—	—	2.50	5.00
DL-Methionine (99%)	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Limestone	1.52	1.48	1.44	1.48	1.44	1.48	1.44
Monocalcium phosphate	1.20	1.17	1.14	1.17	1.14	1.17	1.14
Sodium chloride	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Celite ¹	2.00	1.95	1.90	1.95	1.90	1.95	1.90
Vitamin and mineral premix ²	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Calculated analysis ³							
AME _m , (kcal/kg)	3,200	3,130	3,060	3,125	3,050	3,128	3,057
Crude fiber	1.61	2.28	2.95	2.93	4.24	2.79	3.97
Starch	41.43	40.62	40.39	40.39	39.81	39.36	39.36
Digestible Lys	1.25	1.22	1.19	1.22	1.18	1.22	1.18
Digestible Met	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55	0.56	0.55
Digestible Met+Cys	0.90	0.87	0.85	0.87	0.85	0.87	0.85
Digestible Thr	0.81	0.79	0.77	0.79	0.77	0.79	0.77
Digestible Trp	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Ca	1.05	1.03	1.01	1.03	1.00	1.04	1.02
Available P	0.47	0.46	0.45	0.46	0.44	0.46	0.45
Determined analysis ⁴							
Gross energy (kcal/kg)	4,106	4,077	4,061	4,098	4,090	4,101	4,099
DM	90.4	90.1	90.3	90.3	90.4	90.5	90.4
CP	22.7	22.1	21.6	21.9	21.7	22.0	21.7
Ether extract	6.7	6.3	6.1	6.3	6.3	6.7	6.5
Ash	7.8	7.7	7.6	7.7	7.7	7.4	7.9
Neutral detergent fiber	3.6	5.7	7.1	6.3	7.6	6.1	7.2
Acid detergent lignin	2.5	3.0	3.9	3.0	4.1	3.5	4.4
Total dietary fiber	6.7	8.4	10.1	8.5	10.5	8.6	10.6
Insoluble dietary fiber	4.2	5.8	7.3	5.9	7.6	5.9	7.6
Soluble dietary fiber	2.5	2.6	2.8	2.6	2.9	2.7	3.0
Physico-chemical properties							
Sieve screen (μm)							
> 2,500	0.1	—	0.2	0.2	—	0.2	0.2
1,250	10.3	10.8	10.7	12.0	11.4	11.7	10.1
630	29.3	29.3	28.8	31.2	31.7	31.0	30.2
315	41.0	29.0	33.7	29.2	29.5	28.9	30.5
160	18.8	28.1	22.2	21.6	20.3	23.3	22.6
< 80	0.6	2.7	4.5	5.9	7.0	5.0	6.4
GMD ⁵	547	504	508	520	512	517	496
±GSD ⁶ (μm)	± 1.88	± 2.04	± 2.09	± 2.14	± 2.13	± 2.11	± 2.11
WHC ⁷ (L/kg DM)	2.32	2.34	2.31	2.29	2.37	2.38	2.70
±SD	± 0.10	± 0.09	± 0.08	± 0.15	± 0.16	± 0.15	± 0.12

¹ Acid-washed diatomaceous earth (Celite Hispanica, S.A., Barcelona, Spain).

² Provided the following (per kilogram of diet): vitamin A (trans-retinyl acetate), 10,000 IU; vitamin D₃, (cholecalciferol), 3,000 IU; vitamin E (all-rac-tocopherol acetate), 30 IU; vitamin K (bisulphate menadione complex), 3 mg; riboflavin, 5 mg; pantothenic acid (D-Ca pantothenate), 10 mg; nicotinic acid, 30 mg; pyridoxine (pyridoxine-HCl), 3 mg; thiamin (thiamin-mononitrate), 1 mg; vitamin B₁₂ (cyanocobalamin), 12 μg; D-biotin, 0.15 mg; choline (choline chloride), 300 mg; folic acid, 0.5 mg; Fe (FeSO₄·7H₂O), 30 mg; Zn (ZnO), 100 mg; Mn (MnSO₄·H₂O), 100 mg; Se (Na₂SeO₃), 0.1 mg; I (KI), 2.0 mg; Cu (CuSO₄·5H₂O), 10 mg; and ethoxyquin, 110 mg.

³ According to Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal (2010).

⁴ Analyzed in triplicate samples.

⁵ GMD = Geometric mean diameter. The percentage of particles bigger than 5,000 μm or lower than 40 μm was negligible for all diets.

⁶ GSD = Geometric SD.

⁷ WHC = Water holding capacity.

The first portion was **fed as such** and the second portion was **steamed** at 75°C for 30 s and **pelleted** (model 508–150, Mabrick, Barcelona, Spain) using a 2 mm die with an effective thickness of 32 mm.

Taille des particules avant granulation

Taille (μm)	Coques avoine	Ali 0%	Ali 2,5%	Ali 5%
> 2 500	0	0,1	0	0,2
1 250 - 2 500	0,4	10,3	10,8	10,7
630 - 1 250	29,4	29,3	29,3	28,8
315 - 630	52	41	29	33,7
160 - 315	15,1	18,8	28,1	22,2
80 - 160	3,2	0,6	2,7	4,5
Total	100,1	100,1	99,9	100,1
GMD	473	547	504	508
GDS	1,7	1,89	2,04	2,09

GMD : Geometric mean diameter

Mode de broyage des MP ?

Taille de particules des aliments granulés ?

Abdollahi, MR et al (2019 ; Nlle zélande)

Prior to inclusion, OH and WS were ground in a hammer mill (Bisley's Farm Machinery, Auckland, New Zealand) fitted with a 5.0-mm screen and then included in corresponding experimental diets.

The same hammer mill was used to grind the wheat for the Fine, Medium and Coarse diet treatments.

Mash form

Détermination de la taille des particules des régimes :

Granulométrie à sec

6 tamis : 2,000, 1,000, 500, 212, 125 and 75 µm

TABLE 2 Particle size distribution (percentage of retained particles on sieves) of diets, geometric mean diameter and geometric standard deviation

Diet	Opening, µm							GMD, µm	GSD, µm
	2,000	1,000	500	212	125	75	<75		
Fine	0.17	27.63	34.36	25.55	8.67	2.93	0.70	574	2.2
Medium	17.89	31.00	24.82	18.81	6.13	0.95	0.41	822	2.3
Coarse	20.71	28.88	24.09	20.84	4.72	0.75	0.03	853	2.2
Fine + LC	0.12	27.33	33.33	32.22	6.38	0.59	0.06	599	2.0
Fine + OH	2.68	27.13	33.07	31.77	4.56	0.70	0.11	632	2.0
Fine + WS	1.17	28.70	32.43	31.66	5.57	0.42	0.08	624	2.0
Fine + WW50	6.19	27.03	31.20	30.90	4.00	0.58	0.12	689	2.0
Fine + WW100	9.16	26.12	30.28	30.52	3.52	0.37	0.05	698	2.1

Notes. Fine, screen size of 2.0 mm; Medium, screen size of 5.0 mm; Coarse, screen size of 8.0 mm; LC, 10 g/kg lignocellulose; OH, 30 g/kg oat hulls; WS, 30 g/kg wood shavings; WW50, 50 g/kg whole wheat; WW100, 100 g/kg whole wheat.

GMD: geometric mean diameter; GSD: geometric standard deviation.

Fine : control diet using finely ground wheat

Medium : control diet using medium-ground wheat

Coarse : control diet using coarsely ground wheat

➡ Choix pour l'expérimentation

Fibres dites 'Insolubles'

sous forme de particules grossières

Coques d'avoine (glumes)

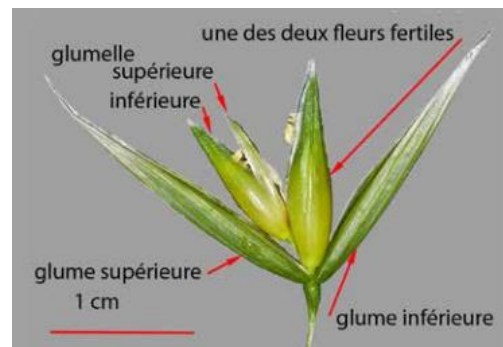
Origine : Utilisation pour litière

Forme : Granulés durs

➡ Broyées (Broyage à marteau avec une grille 8 mm)

➡ Taille de particules : particules fines

Granulométrie par tamisage
à réaliser



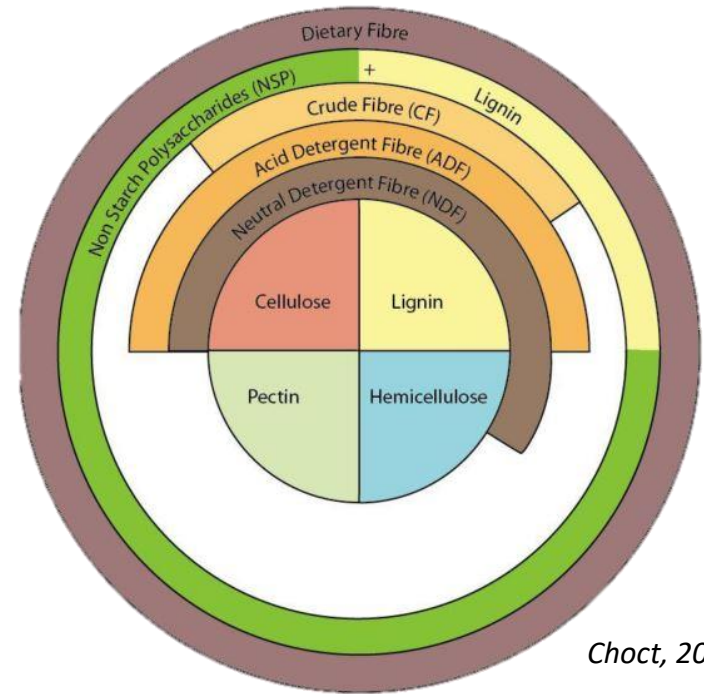
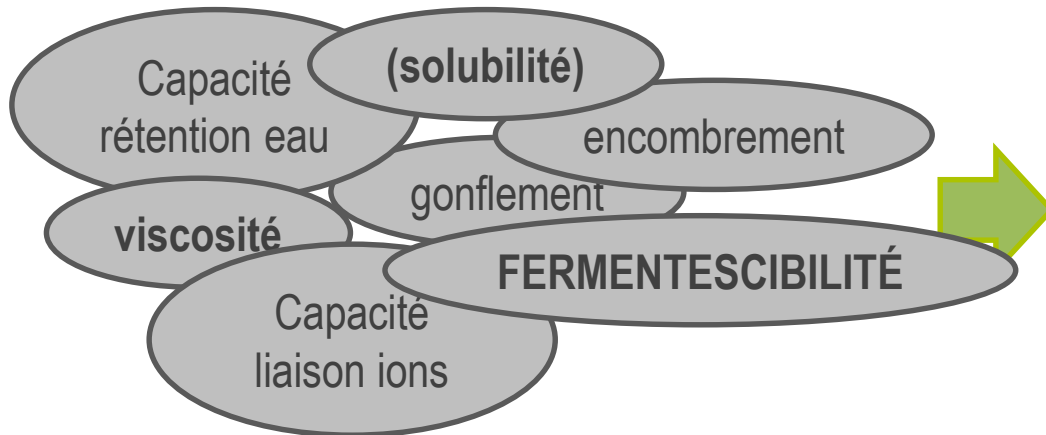
Glume (enveloppe de fleurs de graminées)
≠ Son (enveloppe du caryopse du grain et non de la fleur)

Les fibres alimentaires

Composition

**Fibres alimentaires =
Polysaccharides non amylacés
+ lignine**

Propriétés fonctionnelles



Choct, 2015

- Développement tractus digestif
- Conditions physicochimiques chyme
- Transit, reflux
- Sécrétions
- Microbiote

Williams et al 2019 : Fibres 'solubles / insolubles'

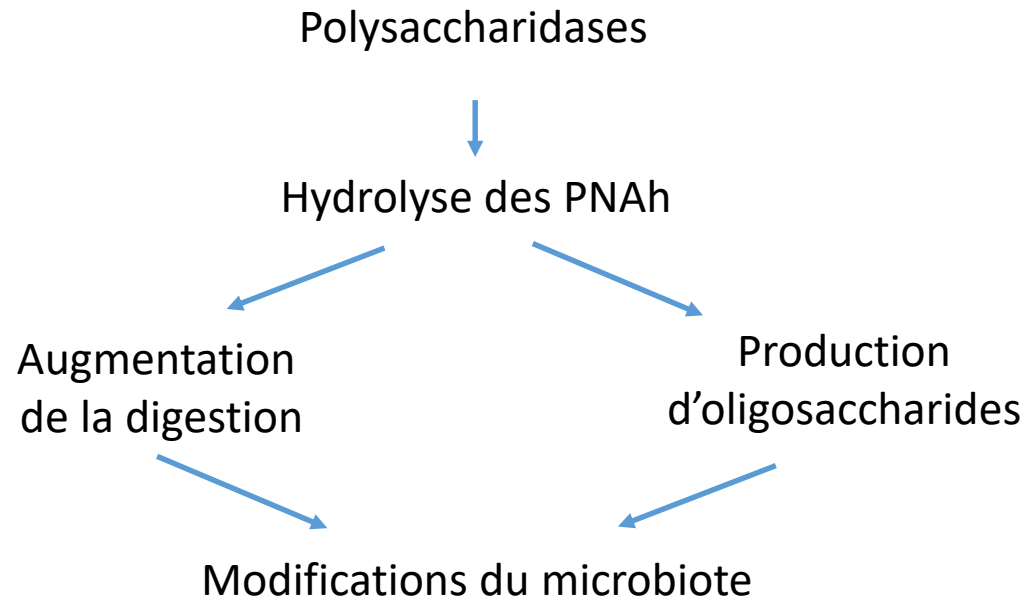
→ Capacité de fermentation

Williams, B. A., et al. (2019). "Dietary fibre": moving beyond the "soluble/insoluble" classification for monogastric nutrition, with an emphasis on humans and pigs. J Anim Sci Biotechnol 10: 45.

Phase 2 : Effet des **fibres solubles** indigestibles $\pm$ hydrolysées chez l'**animal plus âgé**

➡ Inclusion de **polysaccharidases** dans les régimes

Effet potentiel (Kiarie et al, 2013)



Effets observés

Polysaccharidases

- ➡ In vitro, stimulation par les produits de l'hydrolyse de la production d'acides gras à chaîne courte dans les contenus caecaux (Yacoubi et al, 2016)
- ➡ Modification du microbiote digestif dans l'intestin grêle et les caeca (Jia et al., 2009 ; Munyaka et al., 2016).

Enzymes :

Xylanase and xylo-oligosaccharidase (Signis ; AB-Vista)

Rq : Tous les régimes contiennent de la phytase

Les coques d'avoine contiennent du P phytique qui pourrait être libérer par les phytases
Les phytases peuvent avoir un effet sur le microbiote (Borda-Molina et al, 2016)
(Quantum Blue ; AB-Vista; 100 g/tonne ; 500 FTU/kg

Rq : Pas de TiO₂ (Marqueur de digestibilité interagissant avec la muqueuse intestinale et le microbiote digestif)

Ingrédients des régimes alimentaires

		Demarrage Témoin	Demarrage Fibre	Croissance Témoin
Maïs		48,930	44,27	31,390
Tourteau de soja		35,700	35,70	33,100
Blé		10,000	10,00	30,000
Huile de soja		1,730	3,33	2,800
Phosphate bicalcique		2,180	2,20	1,400
Carbonate de Calcium		0,496	0,49	0,440
Premix vitam.		0,400	0,40	0,400
Sel		0,300	0,30	0,300
Coques d'avoine			3,00	
Methionine DL		0,215	0,23	0,160
HCL lysine		0,039	0,05	
Thréonine			0,02	
Xylanase				
Phytase		0,010	0,010	0,010

Croissance 'enzyme' : ajout de 0,01% d'enzyme dans le régime Croissance 'Témoin'

Régimes alimentaires (5)

Forme de présentation de l'aliment

Granulométrie par tamisage
à réaliser

Matières premières broyées

Mélange des MP

Ajout de l'enzyme : poudre ajoutée à la préparation du régime témoin complet (0,01%)

Granulation :

Granulation autour de 60-65°C (chauffage en presse), peut monter à 70°C

Rq : Ne permet pas de détruire les micro-organismes

Rq : Pas de traitement thermique ultérieur

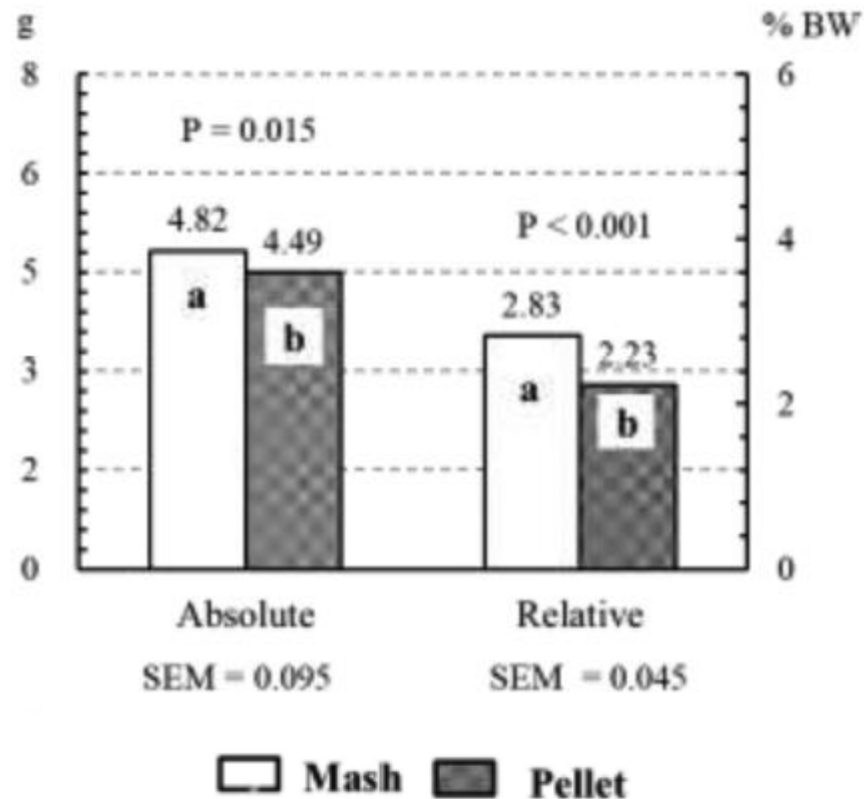
Si un traitement thermique est réalisé, cela peut entraîner des modifications biochimiques (inactivation de vitamines, modification de structure de molécules comme les protéines, l'amidon, ...) et de structure (désagrégation des granulés), qui peuvent avoir des conséquences sur l'ingéré de l'animal, ainsi que sur l'efficacité alimentaire de l'aliment.

Taille des granulés (démarrage : 4mm ; croissance : 6mm)

Jimenez-Moreno et al (2019; Espagne) :

Baisse du poids du gésier avec la granulation

(B) Empty gizzard



8 et 21 jours

Augmentation du pH avec la granulation

8 et 21 jours

Infection à *E. tenella*



Eimeria tenella

Expérimentation n°1 :

Objectif : recherche d'une alternative alimentaire aux anticoccidiens, en intervenant au début de la période d'élevage, où les animaux sont le plus sensibles

➡ Mimer un début d'infection

Age : 16 jours

Trop tôt ?

Dose d'infection : 5 000 oocystes (**dose faible** pour cette souche)

Temps d'incubation d'*E. tenella* Cycle long (6 jours), mais bonne prolificité (Repérant, comm pers.)

Age d'apparition de la coccidiose en pratique

Elevage avec vide sanitaire et litière neuve (pression parasitaire très faible)

Début d'élevage (chez les très jeunes poussins) : pas de coccidiose

Pas assez de parasites pour entrainer une pathologie.

Jusqu'à une certaine dose, l'animal fait face au pathogène

Evolution de l'infection avec l'âge :

JF Repérant (comm pers.) : Cas cliniques de *E. tenella* surviennent plutôt en 4 ou 5^{ème} semaine d'âge

ter Veen, C., et al. (2017)

Table 3. Prevalence and incidence in time and overall of *E. acervulina*, *E. maxima* and *E. tenella*.

		Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Flock
Prevalence	Number of flocks	98	98	97	98	98	47	98
	<i>E. acervulina</i>	0%	7%	39%	77%	21%	4%	94%
	<i>E. maxima</i>	0%	2%	8%	20%	16%	15%	49%
	<i>E. tenella</i>	0%	1%	1%	22%	21%	11%	40%
Incidence	<i>E. acervulina</i>	0%	7%	34%	47%	6%	0%	
	<i>E. maxima</i>	0%	2%	8%	22%	12%	9%	
	<i>E. tenella</i>	0%	1%	1%	22%	13%	4%	

Taux de prévalence (Wikipedia, 08/10/19) : nombre de cas d'une pathologie dans cette population à un instant donné ou sur une période donnée (diagnostic récent ou non).

Incidence (Wikipedia, 08/10/19) : importance d'une maladie dans une population et signifie chaque **nouveau cas d'une maladie** dans une population définie.

Infection en semaine 3 (14-21 j) → Excrétion d'oocystes en semaine 4 (21-28 j)

Rq : Age d'infection utilisé **en expérimental** très variable (9-10 j à 3 sem)

Les traitements (groupes expérimentaux)

N° de traitement	Régime démarrage (0-9j)		Régime croissance (9-23j)		Infection
	Nom	Composition	Nom	Composition	
A	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	Non
B	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	E. tenella
C	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	Non
D	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	E. tenella
E	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	Non
F	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	E. tenella
G	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	Non
H	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	E. tenella

Parquets avec une litière de paille broyée

Objectif : Elevage de poulets conventionnels élevés en claustration

Densité d'élevage : 42 kg/m² maxi (Directive 2007/43/CE)

Forte densité à l'origine du développement de pathologies dont certaines pathologies digestives comme la **coccidiose**.

Parquets :

Surface disponible de 0.5 m² (surface totale de 0.7 m²)

Fermés sur les 4 côtés (Empêche toute contamination d'excréta entre parquet)

Grille d'aération sur le côté pour assurer la **ventilation des animaux et de la litière**.

Sol des parquets :

Nature métallique et résine

Recouvert d'une **litière** composée de paille 'broyée à 5 cm' à une **densité correspondant à la pratique** *

* Recommandation ITAVI sur sol béton est de 0.8 à 1.5 kg/m² ; Rousset et al, 2014). Sur un sol non perméable comme le sol utilisé dans cette expérimentation, la densité doit être inférieure pour permettre l'évaporation de l'eau.

Rq : Pour les **besoins des études de ISP** (pas de pathogènes), les litières sont **décontaminées par autoclave**.

Répartition des traitements dans la salle

Arrivée d'air de la soufflerie

Parquet 1 A	Parquet 2 B	Parquet 3 C	Parquet 4 D	Parquet 5 E	Parquet 6 F	Parquet 7 G	Parquet 8 H
Parquet 9 F	Parquet 10 E	Parquet 11 D	Parquet 12 C	Parquet 13 B	Parquet 14 A	Parquet 15 H	Parquet 16 G

Extraction de l'air (couloir)

Conditions d'ambiance

Programme lumineux

Conforme à la réglementation DIRECTIVE 2007/43/CE

Température

Conforme aux recommandations pour l'élevage de la souche de poulet utilisée

Management HandBook d'Aviagen pour les Ross (Edition 2018)

http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf

Au démarrage

Recommended environmental conditions at placement are:

- **Air temperature** (measured at chick height in the area where feed and water are positioned):
 - 30°C/86°F for whole-house brooding.
 - 32°C/90°F at edge of brooder for spot brooding (refer to **Table 2.2**)
- **Litter temperature**: 28-30°C (82.4-86.0°F).
- **RH**: 60-70%.

En cours d'élevage

Table 2.2: Broiler house temperatures. After 27 days of age, temperature should remain at 20°C (68°F) or be altered in accordance with bird behavior. The temperatures indicated are based on an RH of 60-70% up to 3 days of age and an RH of 50% thereafter.

Age (Days)	Whole-House Brooding Temp °C (°F)	Spot Brooding Temp °C (°F)	
		Brooder Edge (A)	2 m (6.6 ft) from Brooder Edge (B)
Day-old	30 (86)	32 (90)	29 (84)
3	28 (82)	30 (86)	27 (81)
6	27 (81)	28 (82)	25 (77)
9	26 (79)	27 (81)	25 (77)
12	25 (77)	26 (79)	25 (77)
15	24 (75)	25 (77)	
18	23 (73)	24 (75)	
21	22 (72)	23 (73)	
24	21 (70)	21 (70)	
27	20 (68)	20 (68)	

Déroulement de l'expérimentation n°1

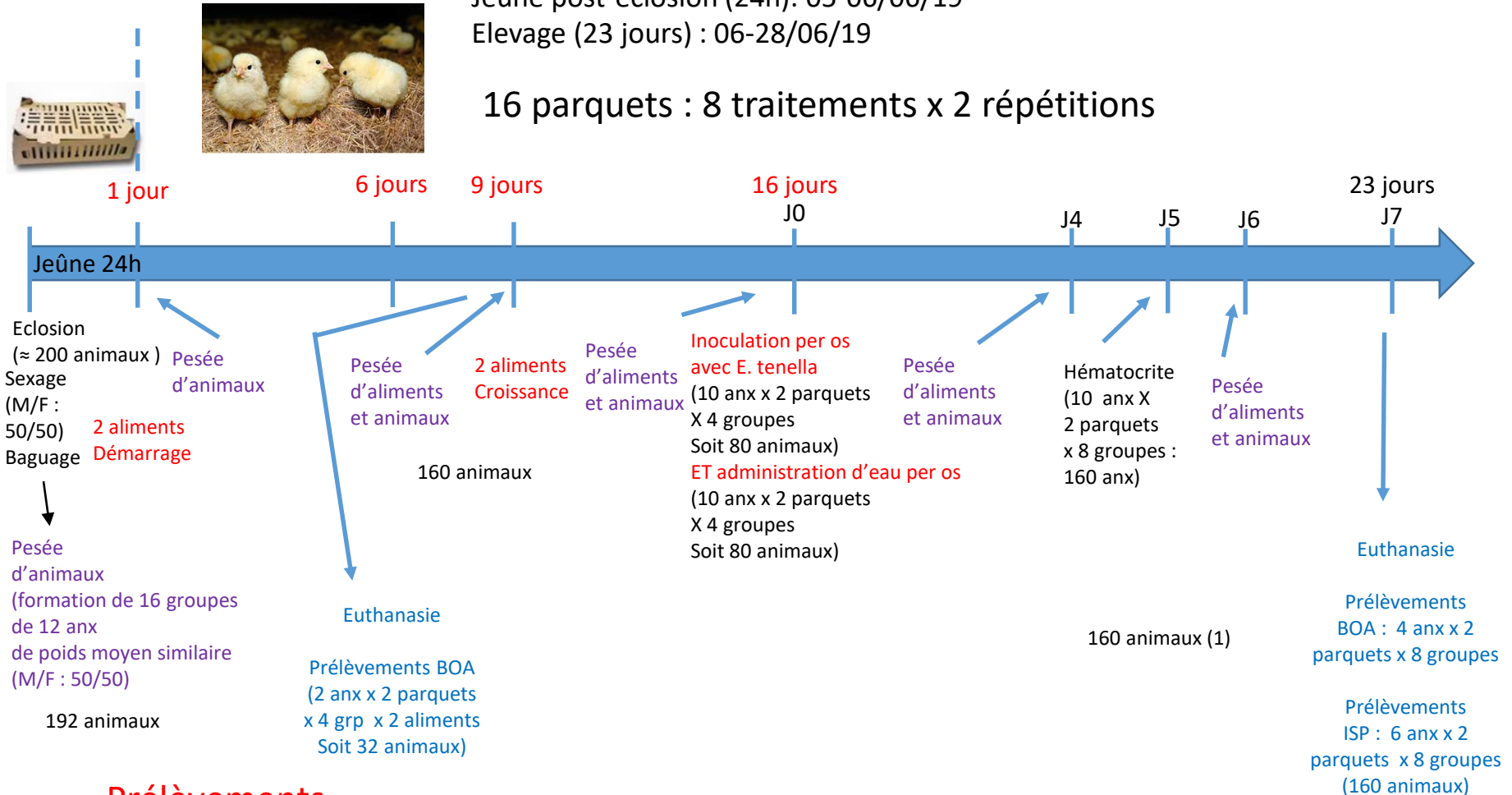
Collecte des œufs : 14/05/19

Incubation (21 jours) : 15/05 au 05/06/19

Jeûne post-éclosion (24h): 05-06/06/19

Elevage (23 jours) : 06-28/06/19

16 parquets : 8 traitements x 2 répétitions



Prélèvements

- 9 jours : Physiologie digestive et microbiote digestif (BOA; Projet Integrity)
Physiologie digestive (BOA, projet Equipe AliSE) ; Principe des 3 R
- 23 jours : Physiologie digestive et microbiote digestif (BOA; Projet Integrity)
Physiologie digestive (BOA, projet Equipe AliSE) ; Principe des 3 R
Pathologie (ISP, Projet Integrity)

12 personnes

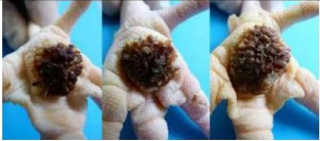
18-20 personnes

34
3 personnes

Critères de BEA (Animaux BOA)

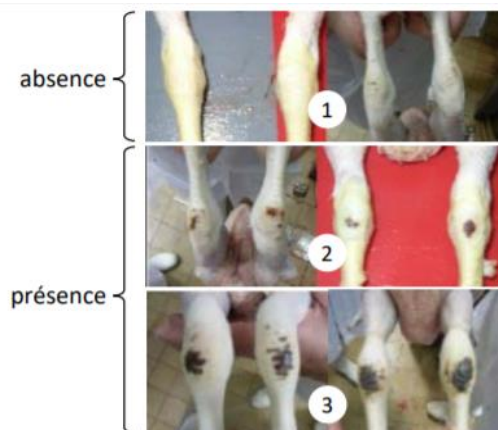
Score de pododermatites

Grille de notation de l'état des coussinets plantaires (ITAVI)

Score 1 : pas de lésions et hyperkératose	
	
Score 2 : écailles allongées colorées en marron, taille < 50% du coussinet plantaire	Score 4 : perte de substance recouverte généralement d'une croûte importante marron ou noire, taille < 50% du coussinet plantaire
	
Score 3 : écailles allongées colorées en marron, taille > 50% du coussinet plantaire	Score 5 : perte de substance recouverte généralement d'une croûte importante, taille > 50% du coussinet plantaire
	

Score de tarse

Grille de notation des tarse (ITAVI)



Score de propreté de plumes

Grille de Notation de l'état du plumage

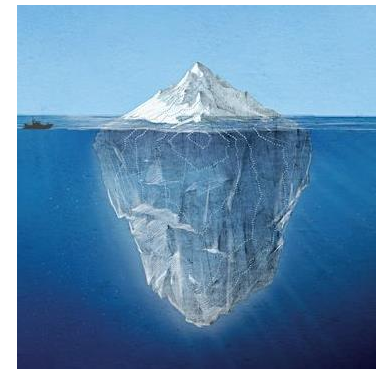


score 0 : plumage propre
 score 1 : dégradation minimale
 score 2 : plumage sale
 score 3 : plumage très sale
 (Welfare Quality, 2009)

Déroulement de l'expérimentation

Réalisation concrète

Point de vue 'chercheur' extérieur à ISP



Adaptation de la PFIE à un protocole très différent des expérimentations habituelles
Grande adaptation des personnes directement impliquées
En particulier : Relations très facilitées avec Maud et forte implication (corrections d'erreurs non vus dans le protocole (Ex : jeûne post-éclosion de 24h et non de 48h))

Production des poussins : Maud et Sébastien

Inclusion d'une nouveauté (jeûne post-éclosion) et optimisations / rajout d'informations / corrections

Installation dans le bâtiment d'élevage

Parquets fait sur mesure



Déroulement de l'expérimentation d'élevage

- (1) **4 équipes** qui n'avaient **jamais travaillé ensemble** (Elevage : Zone Expérimentale, Zone confinée ; Recherche : AliSE (BOA) et AIM (ISP))

Très bonne communication entre BOA et Maud

→ Optimisation pour s'adapter malgré tout le travail en amont de part et d'autre

- (2) **Nombreuses nouveautés** pour la PFIE prises en compte : Bâtiment nouveau pour ce type d'expérimentation; Elevage sur paille en parquet ...

- (3) Maud :

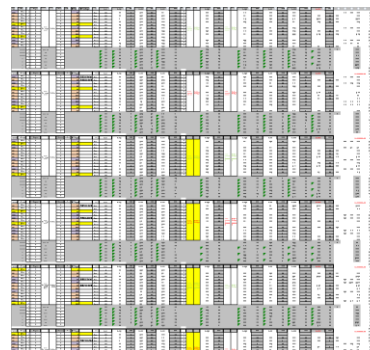
Relecture et correction du protocole (erreurs non vues en amont), d'où adaptation ; gestion de l'expérimentation impeccable,

Relevé des données zootechniques assuré totalement par Maud (Fichier Excell de données)

- (4) **Manipulation des animaux optimisée** (poussins de bonne qualité) : Maud, Sylvain, David
Manipulation avec **respect du BEA** ; Aucune mortalité; pas de patte cassée ; litière propre ...

- (5) **Circulation des informations** au fur et à mesure de l'expérimentation

Mesures de correction discutées lorsque des problèmes sont observés, suivie d'action immédiate

[illegible]

Il n'y a pas de problèmes ; il n'y a que des solutions. L'esprit de l'homme invente ensuite le problème. Il voit des problèmes partout.

(André Gide)

Prélèvements

Très bonne organisation de la salle d'autopsie

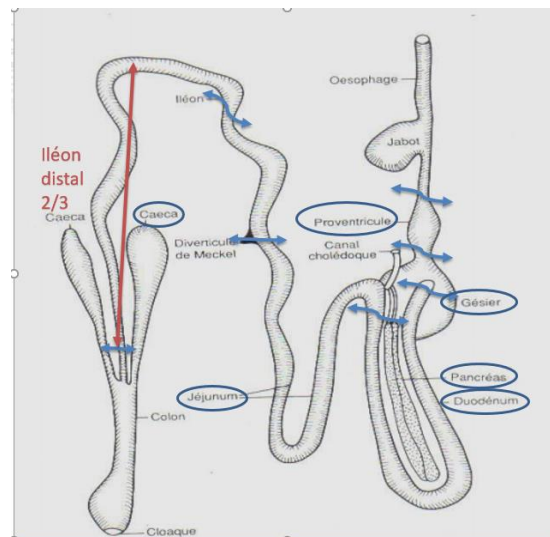
Adaptation de la dose de pentobarbital (dose trop forte, inutilement, dans le protocole)

Malgré d'absence de possibilité de démonstration d'autopsie avant le jour de prélèvement, très bonne adaptabilité (Sylvain, David)

Conscience professionnelle :

Malgré le retard des prélèvements (A 23 jours : jusqu'à 14h au lieu d'env 13h), les personnes de la PFIE sont restées jusqu'au bout (personne n'est parti pendant la pause café à 10h ; tout le monde a joué le jeu)

Des inversions d'ordre d'abattage mais info bien transférée pour les équipes de BOA



Des écarts au protocoles

à prendre en compte dans l'interprétation des résultats (1)

Densité d'élevage :

Plus faible que prévue Surface totale : 1 m²
Taille de la mangeoire : 30 cm de diam
→ Surface utile : 0.72 m²

→ Densité prévisionnelle à 35 jours : 31 kg/m², au lieu de 42 kg/m²

La **densité d'élevage** a un effet sur le **microbiote digestif** (Guardia et al, 2011; ...)

Régulation de la température

Démarrage à **40°C** au lieu de 30-33°C (1-6j) sans signe négatif apparent des animaux
(Seulement une consommation faible constatée par la pesée d'aliment, d'où faible GP)

Rq : Procédure d'acclimatation pour augmenter la survie à des coups de chaleur
(Yahav et McMurtry, 2001; J. P.De Basilio et Picard, 2002)

→ Température au cours de l'élevage

cf relevés 'élevage' par le système KIMO (température d'ambiance du bâtiment); [A voir](#)
Cf Température au niveau des poussins (mesuré dans 2 parquets / 16) (Noté sur l'agenda de la PFIE (Maud) [A voir](#)

Des écarts au protocoles à prendre en compte dans l'interprétation des résultats (2)

Traitements réels (groupes expérimentaux)

Suite à une confusion dans l'alimentation entre 9 et 13 jours
(correction réalisée à 13 jours)

Traitement	Régime démarrage	Régime croissance (9-23j)		
	1-9j Comme prévu (a)	9-13j (3.8 j)* Erreur en rouge	13-16 j (3 jours)* + 16-23 j (7 jours)* Comme prévu	Infection (16 jours)
A	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	Non
B	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	E. tenella
C (1)	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Enz	Non
D (2)	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Enz	E. tenella
E (3)	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	Non
F (4)	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	E. tenella
G	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	Non
H	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	E. tenella

(a) Très faible consommation de 1 à 6 j (chaleur excessive), puis consommation normale de 6 à 9j (3j)

Résultats préliminaires

Pas de stat pour les résultats PFIE (zootechniques) et de BOA

Pas de détection des valeurs aberrantes (1-23j), seulement 0-1j

Mais des stat pour les résultats ISP

Sexage

Sexage à l'éclosion par SARL ELIAS (Annick Delaroche)

Contrôle du sexe lors des autopsies

A 9 jours (BOA) : 32 animaux

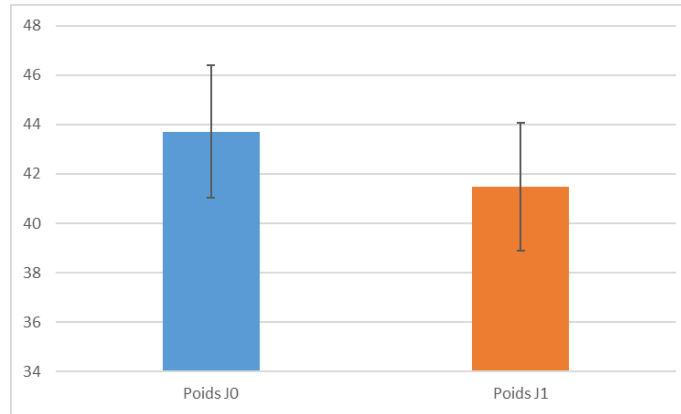
	Nombre d'animaux sexés à l'éclosion	Contrôle à 9 jours Nb anx corrects / Nb total ; %
Mâle	16	10/11, soit 91% de réussite
Femelle	16	10/10, soit 100% de réussite



A 23 jours (BOA) : 64 animaux

	Nombre d'animaux sexés à l'éclosion	Contrôle à 23 jours Nb anx corrects / Nb total ; %
Mâle	32	26/32, soit 81% de réussite
Femelle	32	31/32, soit 97% de réussite

Effet du jeûne post-éclosion de 24 h sur le poids des animaux et le développement du TD (1)



Avant le jeûne post-éclosion de 24 h

Poids de l'ensemble des poussins **43,7 g** (38 à 49 g)

Animaux pour autopsie : 13 Animaux avec un poids moyen de 40,4 g (27 à 47 g)

➡ Animaux utilisés : 11 animaux (**44,4 g** de moyenne; 41 à 47 g)

Après le jeûne post-éclosion de 24 h

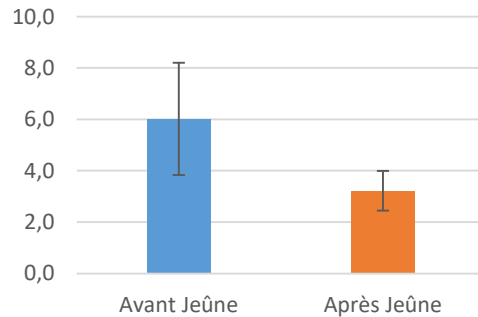
Poids de l'ensemble des poussins : **41,5 g** (35 à 48 g)

Animaux pour autopsie : 18 Animaux avec un poids moyen de 40,3 g (35 à 51 g)

➡ Animaux utilisés : 11 animaux (**41,8 g** de moyenne; 37 à 47 g)

Effet du jeûne post-éclosion de 24 h sur le poids des animaux et le développement du TD (2)

Poids du sac vitellin (g)



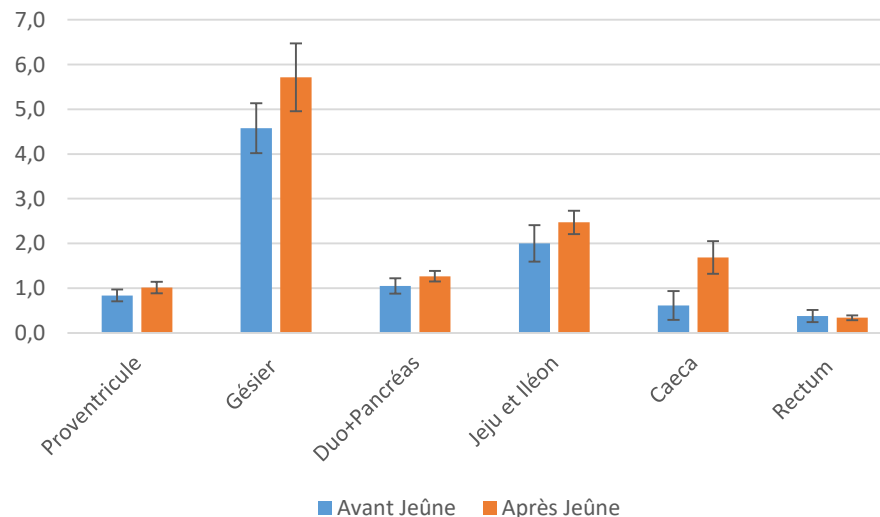
Sac vitellin non complètement vidé

Pratique commerciale actuelle

Majoritairement avec aliment hydraté malgré la confusion sur son intérêt
(French, 2019)

En France : dépend des couvoirs

Poids relatif des segments digestifs (% du poids de l'animal sans le sac vitellin)



➡ Augmentation du poids relatif des organes / **Significatif ?** ...

Performances de croissance pendant l'élevage de 1 à 23 jours

Et comparaison aux objectifs de perf d'Aviagen 2019 pour cette souche de poulet (**Manifestement pas de jeûne post-éclosion; '0 jour' =43 g**)

Rq : Poussins dit de '1 jour' livrés dans les élevages : env 40 g

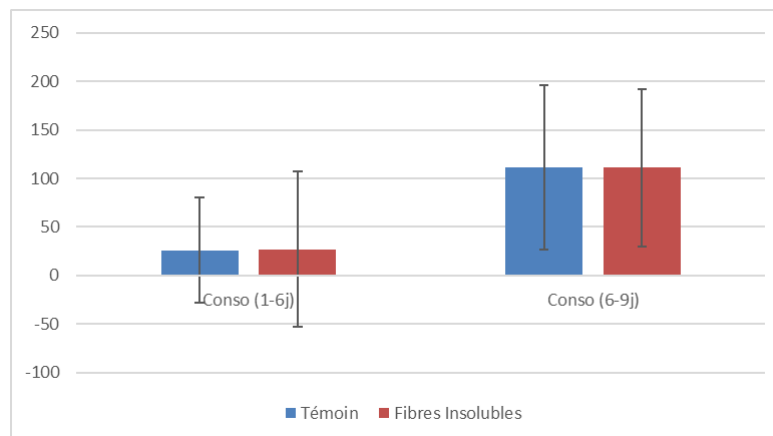
Période démarrage 1-9 jours

Démarrage à 40°C au lieu de 30-33°C (1-6j)

Consommation

(par animal et par période)

Très variable surtout
de 1 à 6 jours

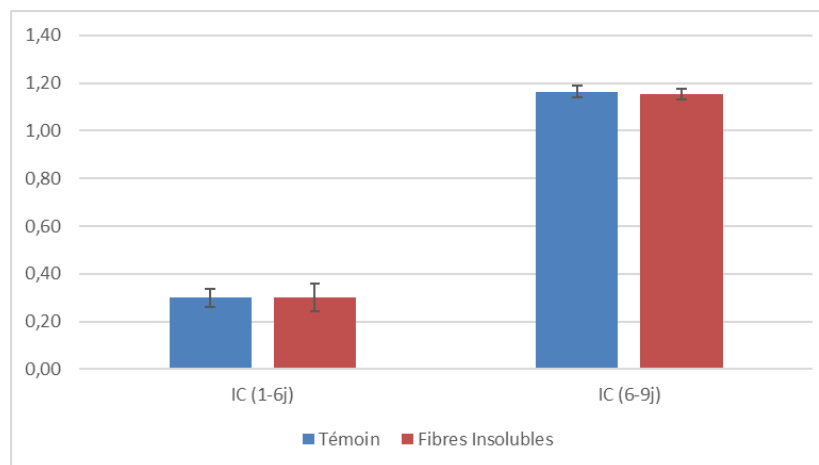


Aviagen

'1-6 j' (5j) : 101 g

'6-9 j' (3j) : 108 g

Indice de consommation (Aliment / GP)

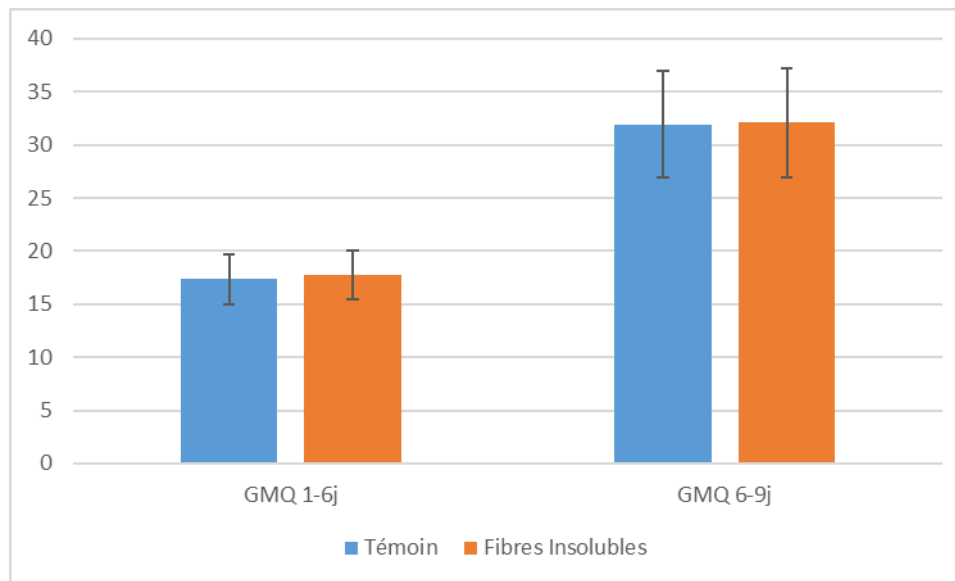


Aviagen

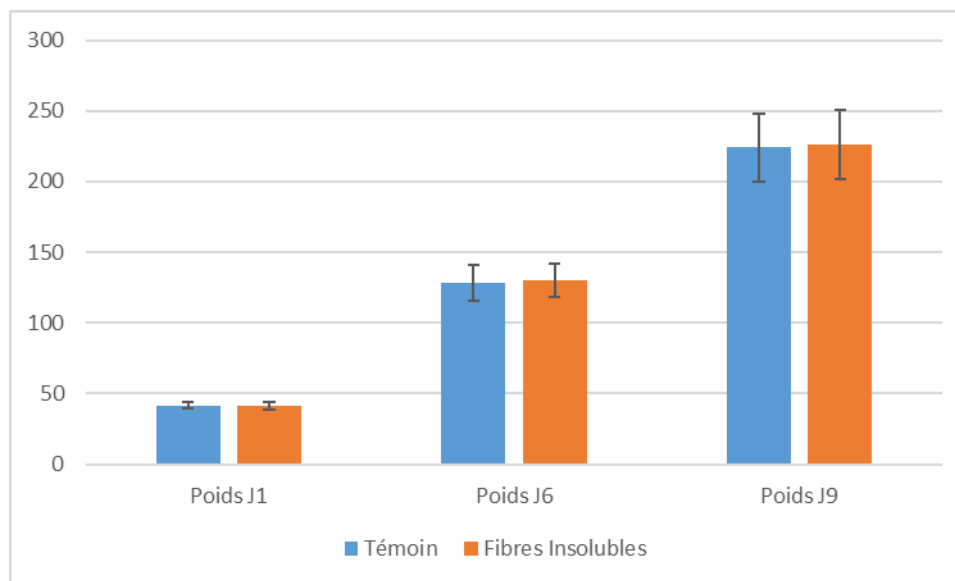
'1-6 j' : 0,76 à 1,12

'6-9 j' : 1,12 à 1,18

➡ Gains de poids / jour



➡ Poids



Aviagen
'1j' : 43 g
'6 j' : 146 g
'9 j' : 240 g

Pas d'effet des fibres insolubles de 1 à 9 jours

Période de démarrage (1-9 jours)

Démarrage (1-6 jours)

Faible consommation, très bon IC → Poids correct

Hypothèse :

Température de démarrage trop forte Démarrage à 40°C au lieu de 30-33°C (1-6j)

Baisse de consommation / Modification de métabolisme

Régime Fibres Insolubles

Sans effet par rapport aux témoins (dans les conditions testées ici)

Aliment consommé en quantité 'normale' pendant **seulement 3 jours** (6-9j)

Jimenez-Moreno, E., et al. (2013) : **6 jours** de 'coques d'avoine' pour observer un effet

Conséquences ultérieures de cette période de démarrage (1-6 jours) à température élevée ?

Données BOA (Laurence Guilloteau) :

L'environnement postnatal peut influencer le comportement ultérieur des poulets, leurs performances de croissance et leur santé

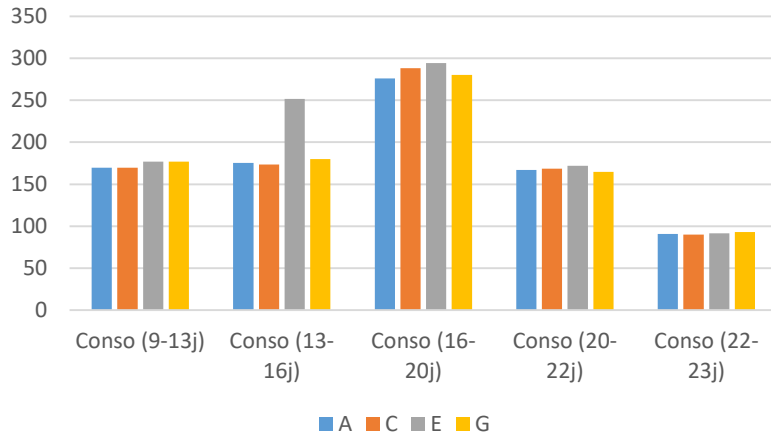
Cf aussi travaux d'Anne Collin

Période de croissance 9-23 jours

Consommation (par animal et par période)

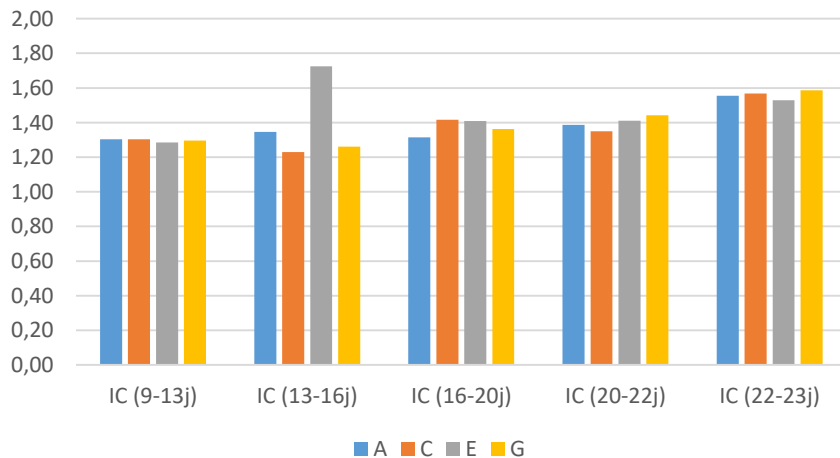
Animaux non infectés

Pb de pesée de la conso dans le parquet n°5 (Trait E)



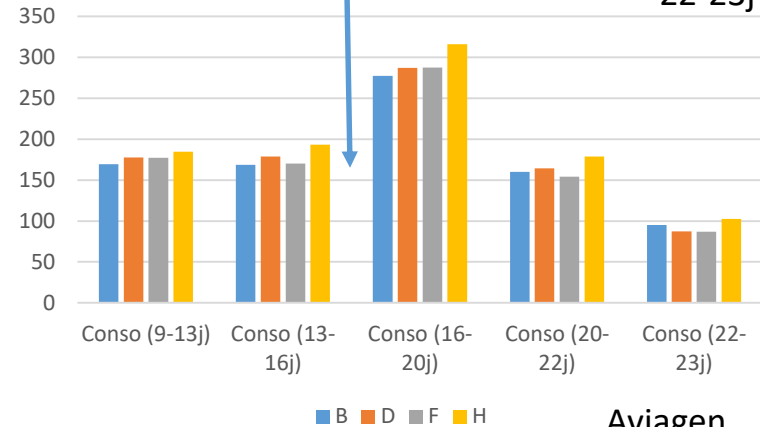
Indice de consommation (Aliment / GP)

Animaux non infectés



9-13 j : Erreur sur les traitements CD et EF

Infection E. tenella



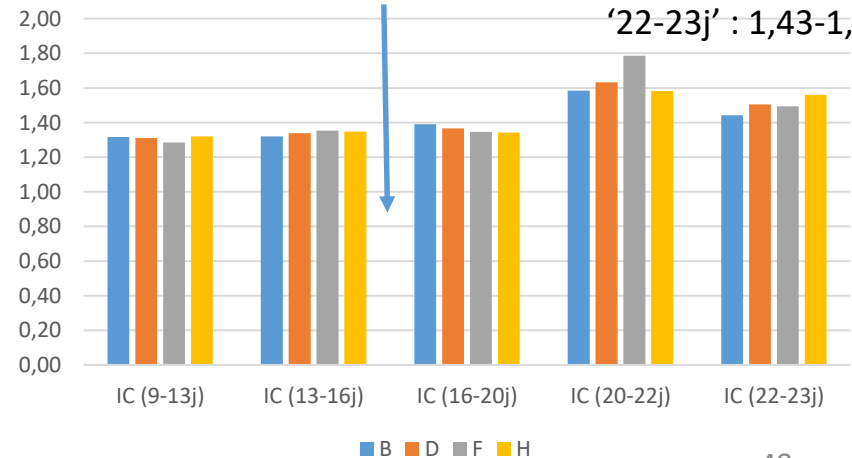
Aviagen

'9-13 j' : 203 g
'13-16j' : 204 g
'16-20j' : 348 g
'20-22j' : 209 g
'22-23j' : 113 g

Aviagen

'9-13 j' : 1,17-1,21 g
'13-16j' : 1,21-1,26 g
'16-20j' : 1,26-1,37 g
'20-22j' : 1,37-1,43 g
'22-23j' : 1,43-1,45 g

Infection E. tenella



Traitements réels (groupes expérimentaux)

Traitement	Régime démarrage	Régime croissance (9-23j)		
	1-9j Comme prévu (a)	9-13j (3.8 j)* Erreur en rouge	13-16 j (3 jours)* + 16-23 j (7 jours)* Comme prévu	Infection (16 jours)
A	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	Non
B	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	E. tenella
C (1)	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Enz	Non
D (2)	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Enz	E. tenella
E (3)	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	Non
F (4)	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	E. tenella
G	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	Non
H	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	E. tenella

(a) Très faible consommation de 1 à 6 j (chaleur excessive), puis consommation normale de 6 à 9j (3j)

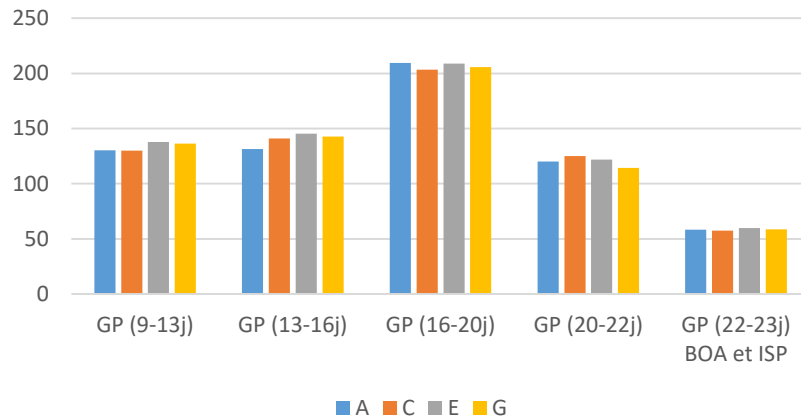
9-13 j : Erreur sur les traitements CD et EF



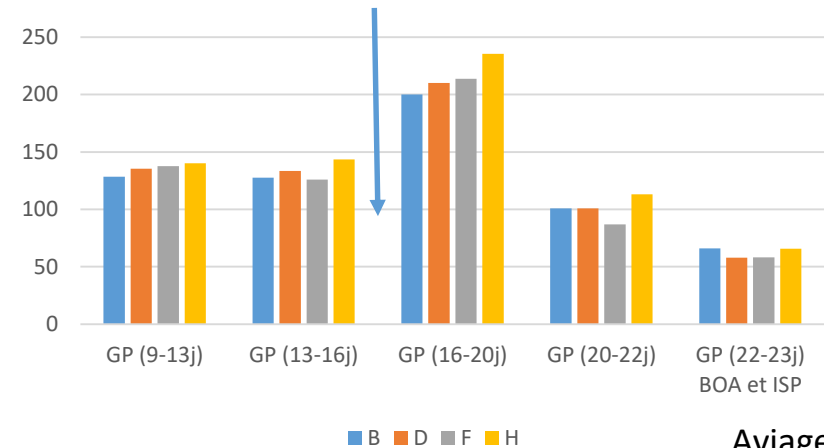
Gains de poids

Poids 23 j (BOA) : Extrapolé à partir des données de poids à 22 et 23 jours des animaux ISP (**coeff correctif** spécifique pour chaque traitement de A à H, sans tenir compte du sexe (**erroné**) car sexe des anx ISP non contrôlé)

Animaux non infectés

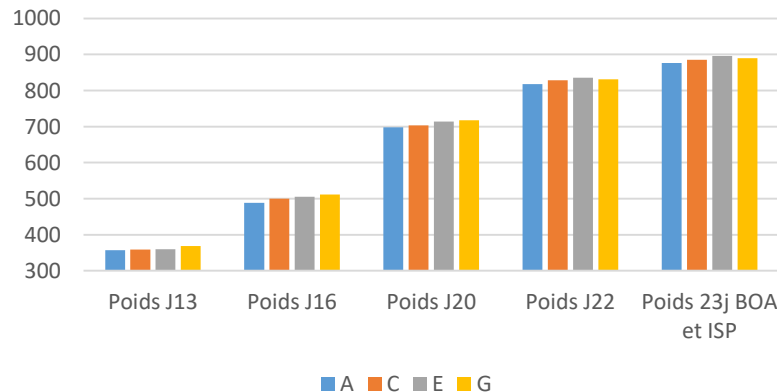


Infection E. tenella

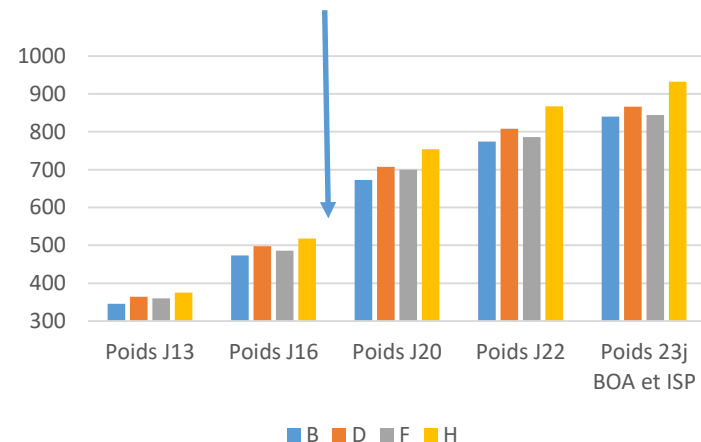


Poids

Animaux non infectés



Infection E. tenella



Aviagen

'13 j' : 411 g

'16j' : 574 g

'20j' : 834 g

'22j' : 906 g

'23j' : 1059 g



Chez les **animaux non infectés** : Apparemment pas d'effet des traitements alimentaires

Avec l'infection : Une différence entre les traitements B et H à 23j semble apparaître. Mais elle apparaît dès 16 j (sans infection)

Les **parquets** des lots infectés se comportent-ils de la même façon que les lots non infectés à 16 jours avant l'infection ? Les **2 répétitions** (parquets) sont-elles **similaires** ?

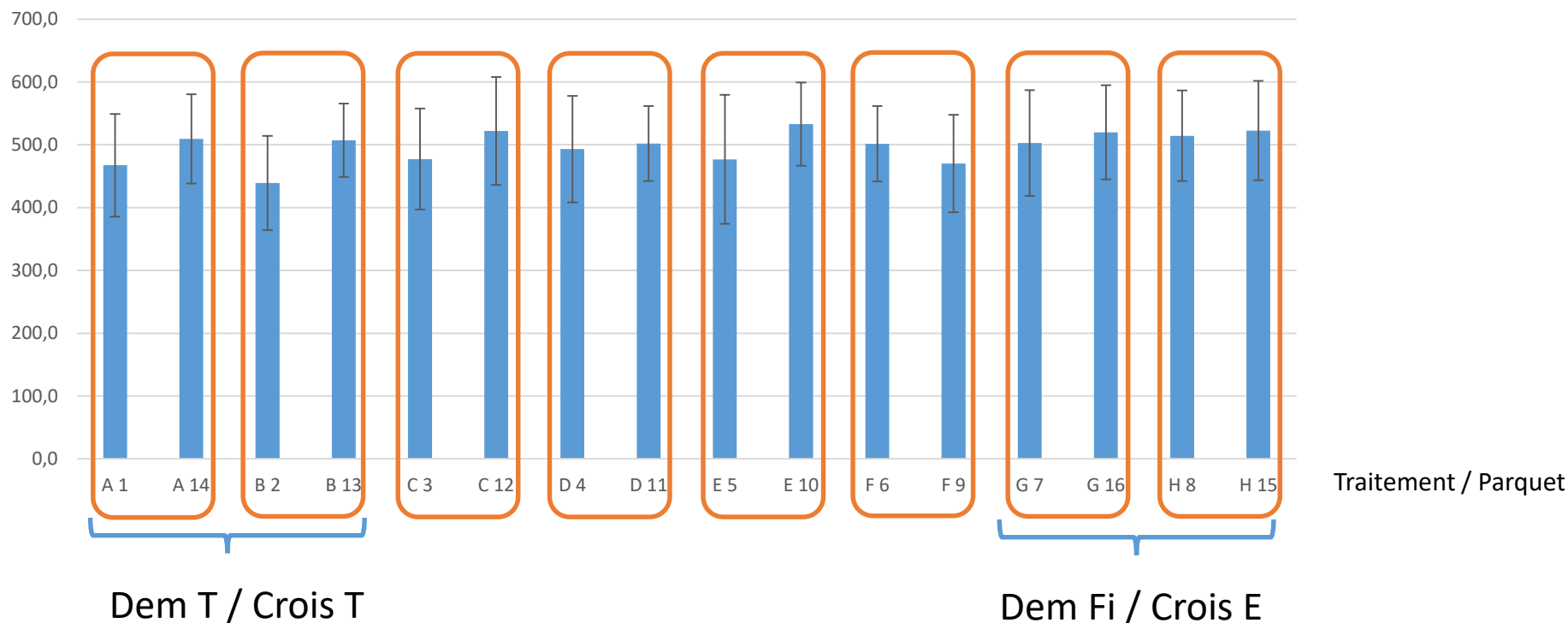
 Répétitions de parquet

Poids J16

T : Témoin

Fi : Fibres insolubles

E : Enzyme



Apparemment, pas de problème de variabilité différente entre parquet

Mais des **différences de moyennes entre parquets recevant le même traitement**

En particulier : parquet 2 particulièrement faible, et parquet 1 faible

Quelle est la '**vraie**' valeur du Dem T / Crois T ?

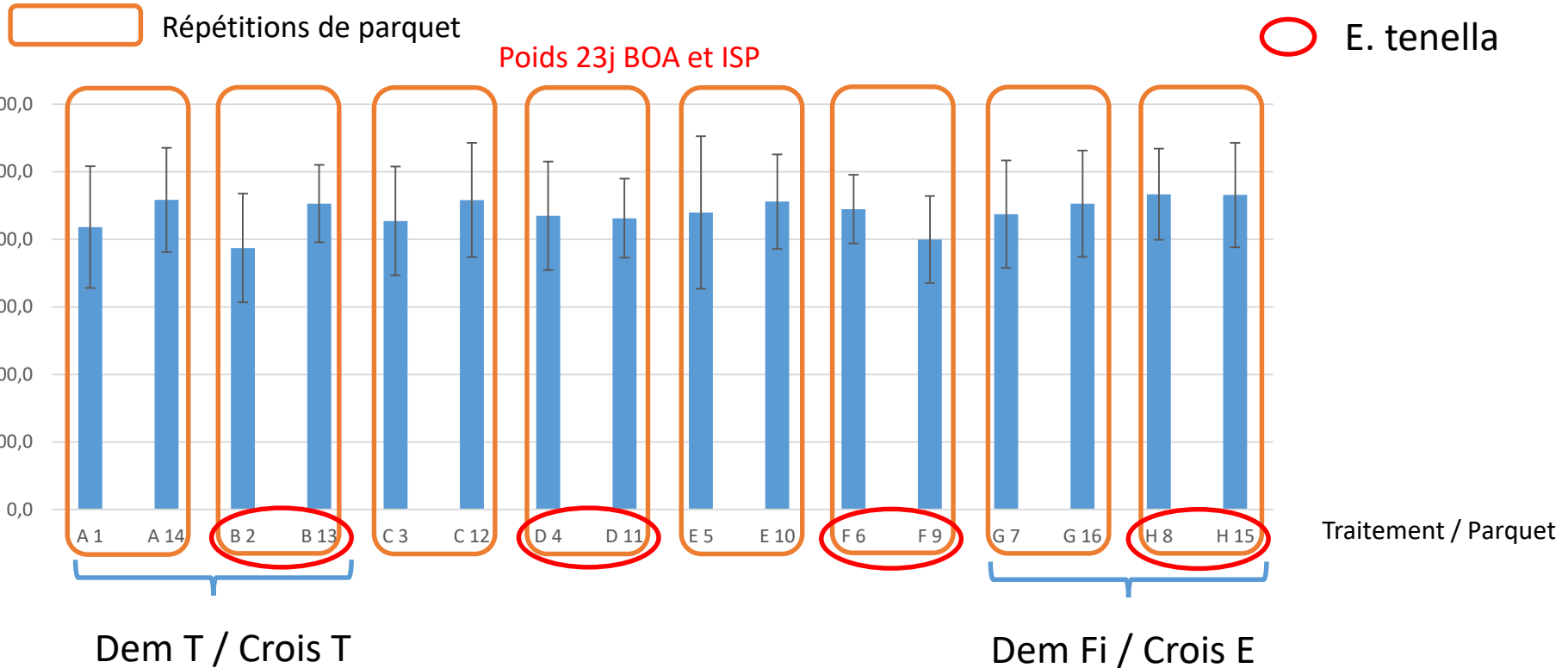
S'il correspond aux **parquets 13 et 14 (semble plus probable)**, le traitement Dem Fi / Crois E semble sans effet

S'il correspond aux parquets 1 et 2 (peu probable ; semble plutôt être un pb dans ces parquets non lié à l'aliment), le traitement Dem Fi / Crois E a peut-être un effet bénéfique

Seule une seconde expérimentation permettrait de trancher si les résultats sont moins variables

Différences entre parquet d'un même traitement en fin d'expérimentation, à 23 j

Poids 23 j (BOA) : Extrapolé à partir des données de poids à 22 et 23 jours des animaux ISP (coeff correctif spécifique pour chaque traitement de A à H, sans tenir compte du sexe (erroné) car sexe des anx ISP non contrôlé)



Pour le traitement Dem T / Crois T : La différence entre parquet est similaire à celle observée à 16 jours, que les animaux soient infectés ou non

Si les parquets 1 et 2 sont représentatifs de leur traitements, et non pas 13 et 14, le traitement Dem Fi / Crois E semble avoir un intérêt en cas de coccidiose (Parquet 2 : 774 g ; Parquet 15 : 932 g)

Mais si les parquets 13 et 14 sont représentatifs de leur traitement, la diff de poids entre le parquet 13 (906 g) et 15 est très faible (932g), mais **toujours intéressante pour les éleveurs**

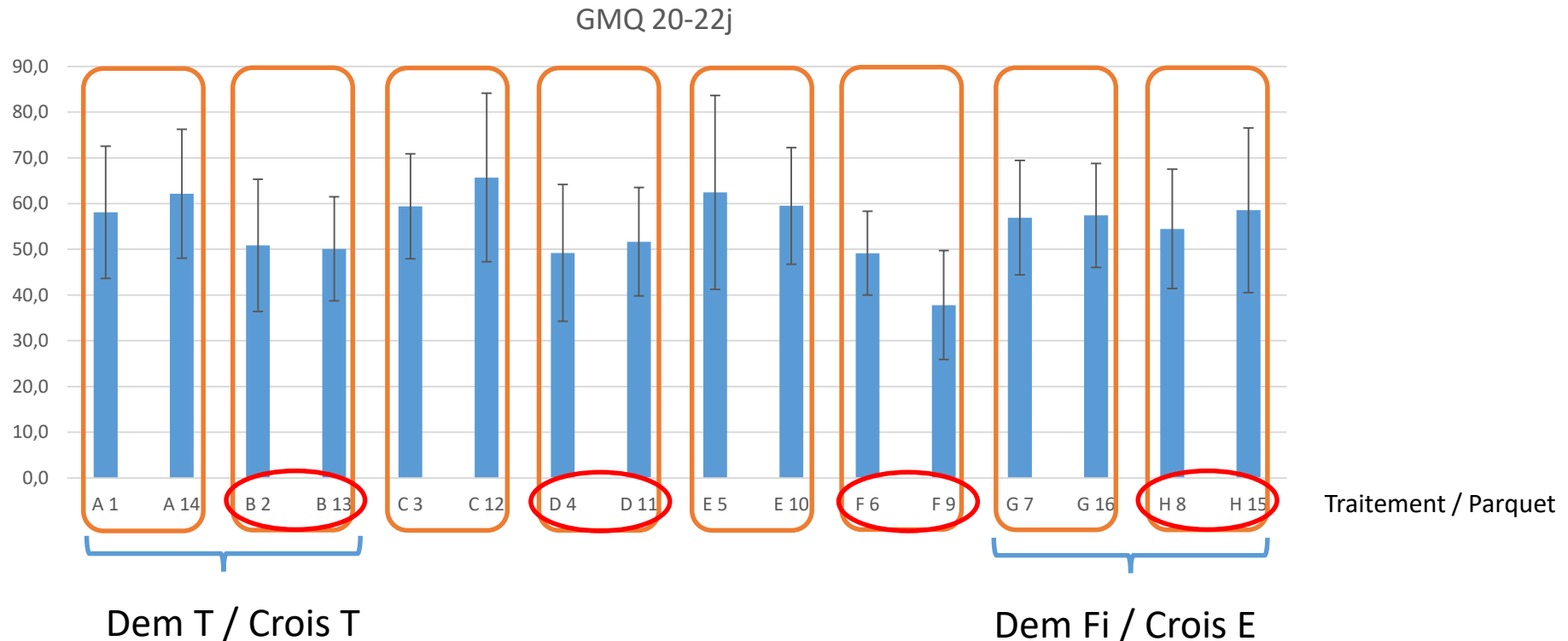
Période 20-22 jours : 4-6 j pl



Répétitions de parquet



E. tenella



Avec le traitement Dem T / Crois T, l'infection par E. tenella semble avoir un effet négatif important, comme avec les traitements erronés CD et EF, alors qu'avec le traitement **Dem Fi / Crois E**, il n'y a pas de différence de GP. **Ce traitement semble donc intéressant**

Score de pododermatites, tarses et plumes

A 9 jours (BOA) : 32 animaux

Représentativité des animaux étudiés

Poids de l'ensemble des animaux : Témoin (224 g), Fibres Insol (226 g)

Poids des animaux prélevés : Témoin (218,5 g), Fibres Insol (219 g)

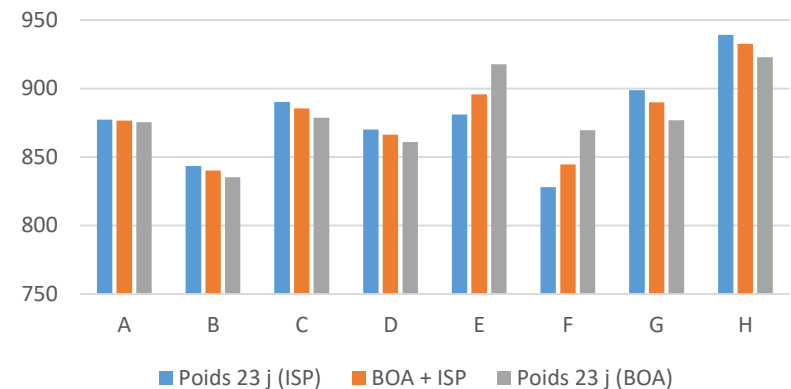
Pododermatites : 1,6 pour les deux traitements

A 23 jours (BOA) : 64 animaux

Représentativité des animaux étudiés

Poids 23 j de BOA :

Extrapolés à partir des données de poids à 22 et 23 jours des animaux
ISP (coeff correctif spécifique pour chaque traitement de A à H)



Score de pododermatites : 1 pour les 8 traitements (Pas de lésions)

Score de tarses : 1 pour les 8 traitements (Absence de lésions)

Score de propreté de plumes : 0 pour les 8 traitements (Plumage propre)

Développement du TD en fonction des traitements alimentaires (1)

A 9 jours : 2 traitements alimentaires

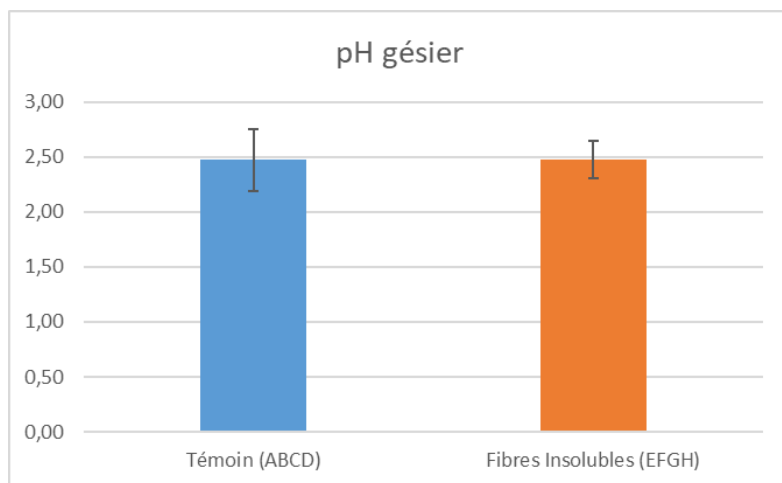
Représentativité des animaux étudiés

Poids de l'ensemble des animaux

Poids des animaux prélevés

pH du contenu du gésier

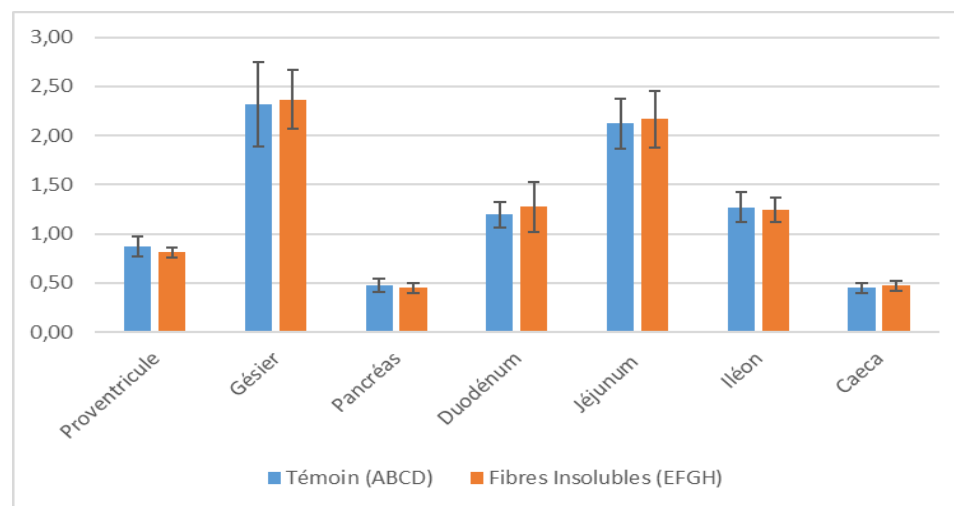
8 animaux / traitement alimentaire



Poids relatif des segments digestifs

(% du poids de l'animal)

16 animaux / traitement alimentaire



Jéjunum : Poids après scrapping pour une chaîne sur les 2 (coefficient de correction)

Caeca : Pesée de la jonction iléo-caecale pour 13 des 32 échantillons (coefficient de correction)

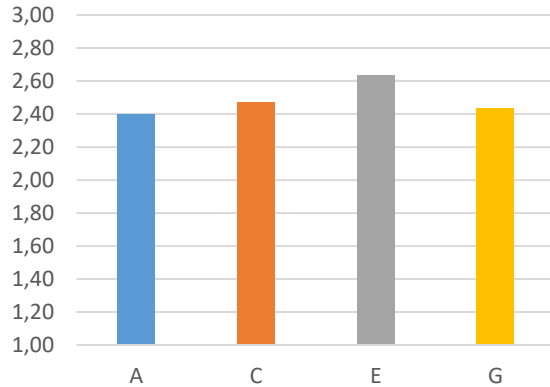
Modifications très légères (modif minimales des fonctions du gésier); Non significatif ?

Rq : La **sous-consommation** de 1 à 9 j (137-138 g, au lieu de 209 g), surtout de 1 à 6 jours, a pu contribuer à **limiter l'action des fibres insolubles** sur l'appareil digestif, dont le gésier

Sans infection

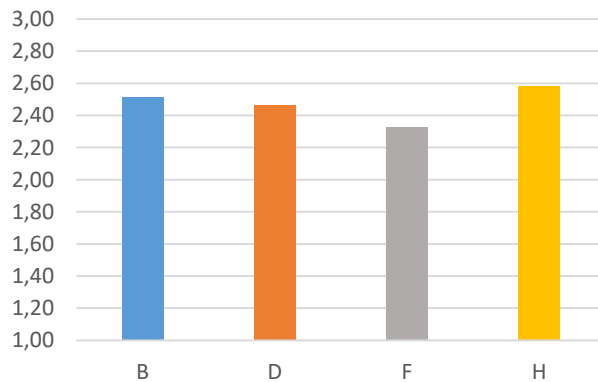
Poids 23 j (BOA) : Extrapolé à partir des données de poids à 22 et 23 jours des animaux ISP (**coeff correctif** spécifique pour chaque traitement de A à H, sans tenir compte du sexe (**erroné**) car sexe des anx ISP non contrôlé)

pH du contenu du gésier



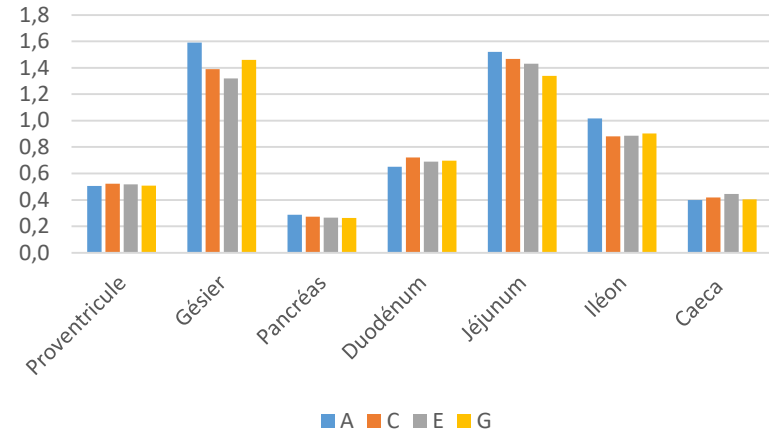
Avec E. tenella

pH du contenu du gésier



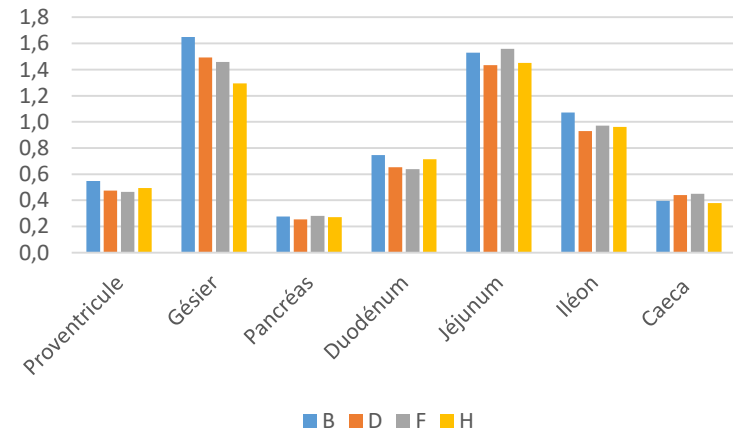
Poids relatif des segments digestifs

(% du poids de l'animal)



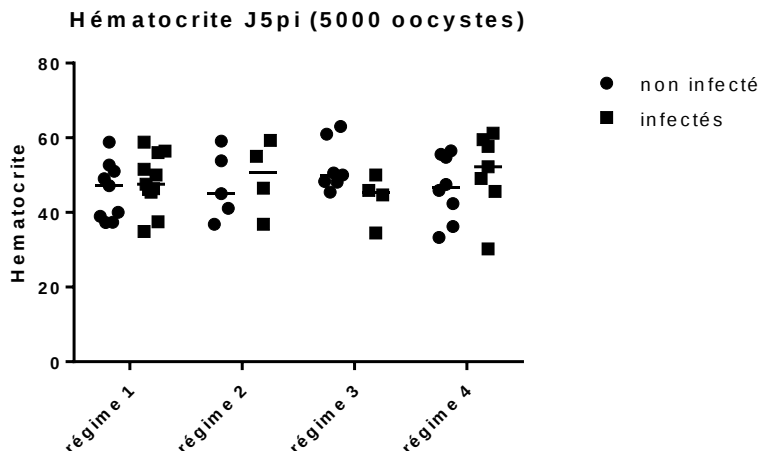
Poids relatif des segments digestifs

(% du poids de l'animal)



Mesures à 5 JdPI (21 jours d'âge)

Mesure avec des tubes à sec
→ Conduit à des valeurs diff des tubes avec anti-coagulant (EDTA ou héparine)



Régime 1 : Traitements AB
Régime 2 : Traitements CD
Régime 3 : Traitements EF
Régime 4 : Traitements GH

Valeurs habituelles

Animaux témoins Gabriel et al (2003, 2006) : 31-32% (Mesure avec Héparine) (Ross, vaccin BI, 28 jours)

Animaux avec E. tenella (5 jPI) Gabriel et al (2003, 2006) : 25-28% (Blé entier) (Ross, vaccin BI, 28 jours)

→ Valeurs très élevées pour des poussins

Rq : Nouvelles mesures sur d'autres animaux (avec EDTA) : Valeurs autour de 30%

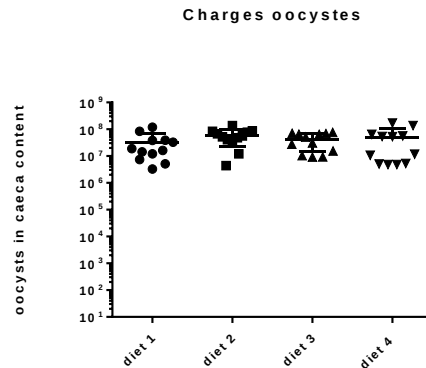
→ Données non exploitables

Charges d'oocystes



Charges d'oocystes (Mesure dans les contenus des caeca à 23 j)

Animaux ISP (12 anx / traitements)



Régime 1 : Traitements AB

Régime 2 : Traitements CD

Régime 3 : Traitements EF

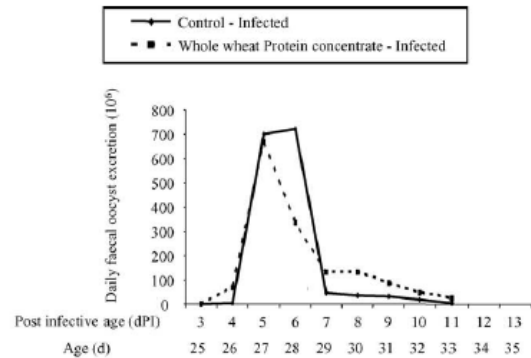
Régime 4 : Traitements GH

Traitement	Régime démarrage	Régime croissance (9-23j)		
		1-9j (1-6/6-9j)	9-13j (4j) Erreur en rouge	13-23 j
				Infection (16 j)
A	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	Non
B	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	E. tenella
C	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Enz	Non
D	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Enz	E. tenella
E	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	Non
F	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	E. tenella
G	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	Non
H	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	E. tenella

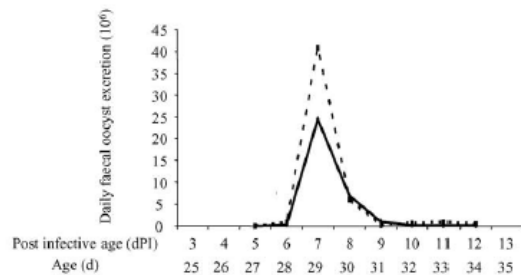


Pas de différence entre traitements alimentaires

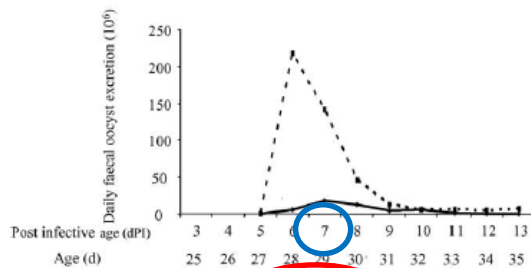
Gabriel, I., et al. (2006). "Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in **broiler chickens** until market-age." Animal Feed Science and Technology 129: 279-303.



(a) *E. acervulina*

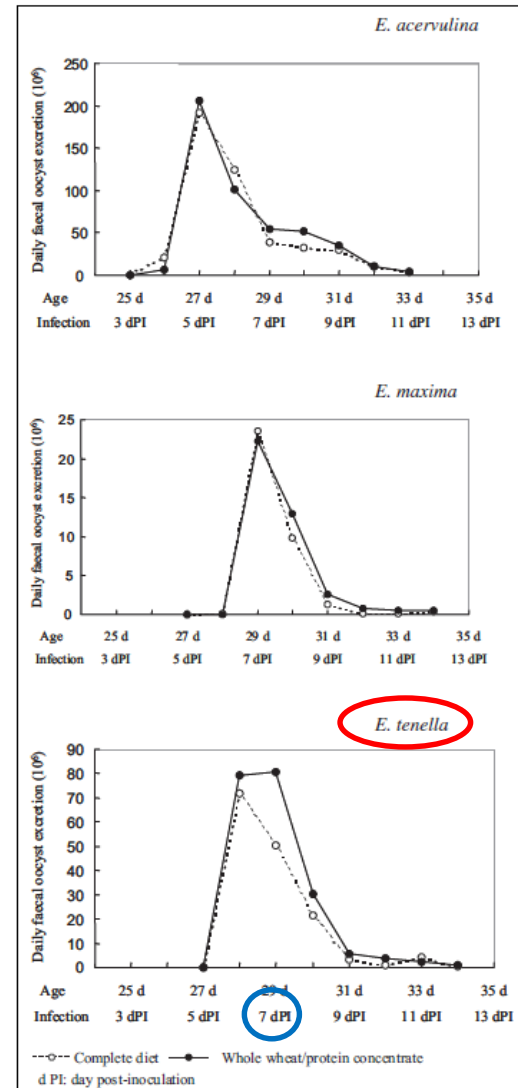


(b) *E. maxima*



(c) *E. tenella*

Gabriel, I., et al. (2007). "Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in **slow-growing broiler chickens**." Arch. Geflügelk. 71(5): 219-227.



Comment collecter des excreta pour des animaux élevés au sol sur litière ?

8 parquets (Animaux infectés) avec 10 anx / parquet

Collecte des fientes intestinales / caecales → Forcément un **temps long (avec aliment)**

→ Ne pas sortir les **animaux des parquets**

Système de cadre en bois d'environ 50 x 70 cm et 5-10 cm de haut (43 x 73 cm et 6 cm de haut), recouvert d'un grillage, avec un **perchoir au milieu** de 3 cm de large (cf UEPEAT; développé en 2015, modifications ...)

Mise en place dès l'installation des poussins en élevage avec un **grillage de petite maille**, même s'il n'y a pas de collecte, pour adapter les animaux à monter sur le dispositif

A placer dans la zone d'alimentation

Vers une 10aine de jours, passer au **grillage de maille de taille supérieure**.

Ou Mise en place 2 jours avant la collecte, pour adapter les animaux au dispositif (serait suffisant pour d'autres personnes)



Lors des collectes, ajout d'un **fond rigide** (carton type calendrier de taille moyenne ou contre-plaqué ou plastique) recouvert d'un matériel permettant d'isoler les fientes du carton et compatible avec les mesures à effectuer

Temps de collecte :

Ex : 3h (pour des collectes de fientes intestinales pour la mesure de la teneur en eau)

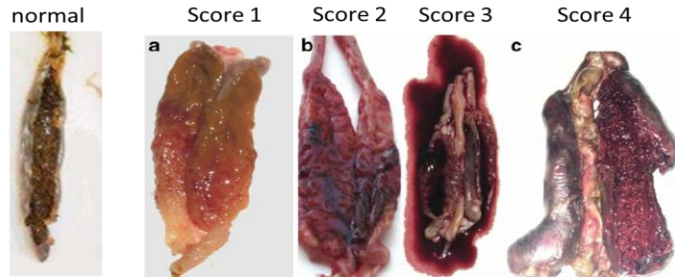
Ne pas laisser trop longtemps les fientes dans les boîtes pour limiter la perte en eau liée à l'évaporation

Type de fientes : selon l'objectif

Possible à la PFIE ? Problème de désinfection ?

Lésions macroscopiques caecales

Mesure au niveau
des tissus des caeca à 23 j



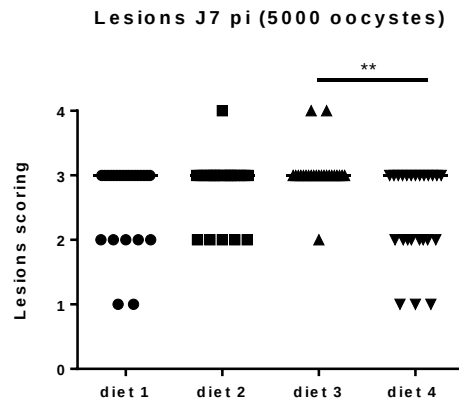
Method of Johnson and Reid (1970)

- a) Score 1 Few scattered petechiae on the cecal wall
- b) Score 2 Noticeable blood in the cecal contents with thickened cecal wall
- c) Score 3 Blood or cecal cores and severely thickened cecal wall
- d) Score 4 Severely distended cecal wall with bloody cores or the bird is dead

Traitement	Régime démarrage	Régime croissance (9-23j)		
		1-9j (1-6/6-9j)	9-13j (4j) 13-23 j	
				Erreur en rouge
A	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	Infection (16 j)
B	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	Non
C	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	E. tenella
D	Dem Témoin	Croiss Témoin	Croiss Témoin	Non
E	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	E. tenella
F	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Témoin	Non
G	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	E. tenella
H	Dem Fibres Insol	Croiss Enz	Croiss Enz	Non

Animaux ISP (12 anx / traitements)

Muqueuse et contenus observables

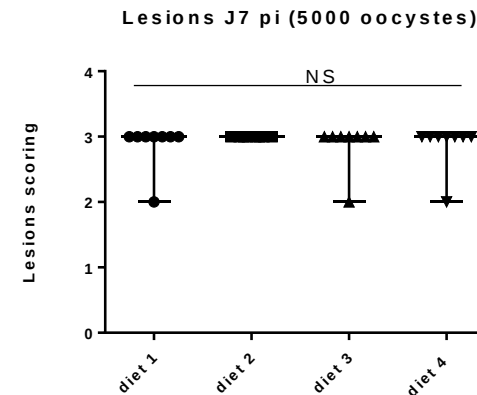


Différence entre Régimes 3 et 4

Mais pas de différence entre régime 1 et 4

Animaux BOA (8 anx / traitements)

Caeca lavés (contenus non observables)



Contrôle en aveugle des animaux

Animaux non infectés : Score 0

Propositions pour une nouvelle expérimentation alimentation

Décision suite à la réunion ISP/BOA du Ve 12/07/19

Invités : ISP (FB, FL) , BOA (IG, MD, AN)

Présents : ISP (FB, FL) , BOA (IG) / Absents (MD, AN)

Absence d'effet sur Données de pathologies due à *E. tenella*
(hématocrite, lésions, comptage d'oocystes)

Développement de l'appareil digestif

Performances de croissance



Les traitements étudiés, dans les conditions de l'expérimentation,
n'apparaissent pas adaptés à l'objectif fixé dans le projet
(Effet sur le développement de la coccidiose)

Développement de l'appareil digestif

Fibres dites 'insolubles' (coques d'avoine*, 3%) en période de démarrage (1-9j), en fait de 6 à 9 j (soit 3j seulement) n'ont entraînées aucune modification de la taille du gésier (2.4% versus 2.3%) ainsi que du pH de ses contenus (pH=2.5),

* Ayant subies un broyage à marteau avec une grille 8 mm

Contrairement à ce qui était attendu

Par ex les résultats des travaux de Jimenez-Moreno, E., et al. (2013) :
4.5 contre 3.1% en terme de poids, et pH = 3 au lieu de 4

Performances zootechniques

Aucune modification n'a été observée avec l'apport de fibres insoluble (1-9j, En fait 6-9j), suivi ou non de l'apport d'enzymes en régime croissance (9-23j) (Poids à 23j, sans infection: T/T : 877 g ; T/E : 886 g ; Fi/T : 896 g ; Fi/E : 890 g).



L'expérimentation à la PFIE est repoussée au printemps 2020

Possibilités pour l'expérimentation n°2

Hypothèse 1 : 16 parquets maximum (10-12 animaux / parquet), 192 animaux

4 répétitions (mesures de consommation et d'IC)

Rq : Si seulement 2 répétitions pour les données de consommation et d'IC

Très difficile de publier dans un journal de science animale ou journal 'Poultry'

Originalité de l'article ? Composition du microbiote du TD par seq 16S devient très classique

Choix du journal ?

2 niveaux d'infection avec E. tenella, soit Groupes Témoins / Infectés

→ 2 traitements alimentaires

→ Une expérimentation de 16 parquets (comme l'expérimentation n°1)

2 régimes

Coût : 6 381 €

2 niveaux d'infection (Témoins / Infectés)

Reste (12/07/19) : 8 469 €

4 répétitions

Coût aliment Expé n°1 (900 €) (UMR BOA)

+ 24 poussins 'de poids représentatif' pour le contrôle de l'effet du jeune post-éclosion

Avenant à la saisine : Nb total poussins : $416 \neq 432$ ($2 \times (192 + 24) + \text{marge}$)

Hypothèse 2 : Expérimentation en 2 temps

Objectif 1* Effet de l'alimentation sur le développement de l'appareil digestif et les performances de croissance

* A refaire si le régime n'a pas d'effet sur le TD (et les performances de croissance)

Objectif 2 Etude de l'effet de l'aliment sur le développement de la coccidiose

Proposition 1

Avenant à la saisine ?

Objectif 1 Etude au sol avec litière :

2 régimes x 4 répétitions x 10-12 anx (8 parquets; 96 animaux) X 2 ?

Objectif 2 Etude au sol avec litière :

2 régimes x 2 états d'inoculation x 2 répétitions x 10-12 anx (8 parquets; 96 animaux)

Si pas d'effet 'expé', Pour les données zootechniques, regroupement des données des 2 expé (Idée de départ)

Proposition 2

Avenant à la saisine ?

Objectif 1 Etude en cage avec grillage recouvert d'une litière 'paille broyée'

2 régimes x 4 répétitions x 4-6 anx (8 cages; 48 animaux) X 2 ?

Objectif 2 Etude au sol avec litière :

2 régimes x 2 états d'inoculation x 4 répétitions x 10-12 anx (16 parquets; 192 animaux)

Traitements alimentaires (2)

Hypothèse : Les coques d'avoines ont un effet sur le développement de l'appareil digestif (consommation pendant 8 j)

L'absence d'effet dans l'expérimentation n°1 (juin 2019) est lié à la durée trop courte de la consommation (6 à 9 j, soit 3 jours)

Option 1 : les 2 extrêmes (Témoin Dem et Crois (AB) et **Dem 'Fibre' et Crois Enz** (GH))

Problème : Ne montre pas si à la fois les 'fibres insolubles' et les enzymes sont nécessaires, ou seulement un des 2

Option 2 : Témoin Dem et Crois (AB) et **Dem 'Fibre' et Crois Témoin** (EF))

Problème : Le microbiote dépend principalement de la composition en substrats de son environnement, donc le régime croissance identique dans les 2 régimes fera revenir le microbiote éventuellement modifié chez le jeune, vers un microbiote similaire

Option 3 : Autres idées ? Enzyme ? Justification ?

Les traitements (groupes expérimentaux)

N° de traitement	Régime démarrage (0-9j)		Régime croissance (9-23j)		Infection (16 j)
	Nom	Composition	Nom	Composition	
A	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	Non
B	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	E. tenella
C	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	Non
D	Dem Témoin	Maïs / Soja	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	E. tenella
E	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	Non
F	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Témoin	Maïs / Soja / Blé	E. tenella
G	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	Non
H	Dem Fi	Maïs / Soja + Fibres Insol	Croiss Enz	Maïs / Soja / Blé + Enz	E. tenella

Pour information : Autre(s) facteur(s) alimentaire(s) pouvant avoir un effet

Données bibliographiques :

Bilan en 2001 : Crévieu-Gabriel et Naciri (2001)

1 / Composants de l'aliment

1.1 / Macroconstituants

a / Glucides

Les fibres 'insolubles'

Aliments riches en fibres (Ex : 10 % au lieu de 6,5 %) :

Résultats contradictoires

Les polysaccharides non amylacés hydrosolubles

Effet non net

Mélanges enzymatiques

Effets variables selon les souches / type d'animaux

Différents types de glucides (monosaccharides à polysaccharides)

b / Protéines

c / Lipides

Acides gras à chaîne moyenne

Acides gras saturés et insaturés

Acides gras n-3 et n-6

1 / Composants de l'aliment (suite)

1.2 / Microconstituants

a / Minéraux

Calcium

Tampon alimentaire

Magnésium

b / Oligoéléments

Sélénium

c / Vitamines

Vitamines liposolubles

Vitamines hydrosolubles

1.3 / Autres composants alimentaires

a / Matières premières

Régimes à base de blé ou de maïs

Produits issus du lait

Le blanc d'oeuf

Régimes synthétiques

Mycotoxines

b / Extraits de plantes

Bétaïne

Agrumes

Le violet de gentiane

Artémisinine (*Artemisia annua*)

Epice curcuma (*Curcuma longa*)

Rudbeckie pourpre (*Echinacea purpurea*)

Origan (*Origanum vulgare*)

Autres extraits de plantes

2 / Présentation et mode d'alimentation

2.1 / Structure des aliments

Graines entières (Controverses)

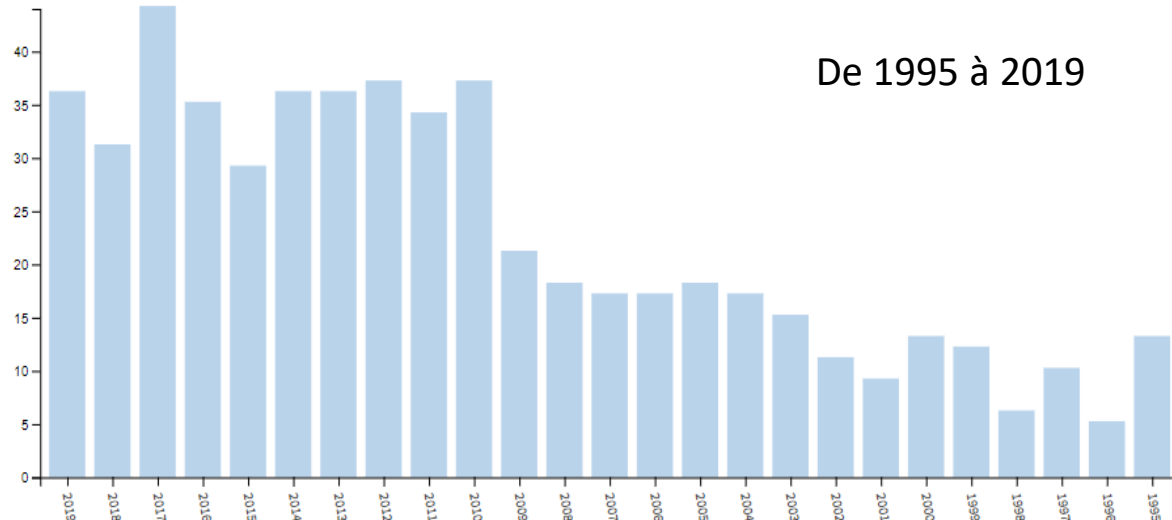
2.2 / Restriction alimentaire

Nouvelles données publiées sur les alternatives aux anticoccidiens

WOS (08/10/19) :

611 Références dont 40 Revues bibliographiques et 542 articles

Apparemment : Principalement des EXV dont HE, prébiotique, probiotiques



Aliment à refaire; Coût (Rq : Exp 1 : 1 000 kg à 0,9 €/kg soit 900 €)

Pratiques actuelles d'élevage sans anticoccidien ('coccidiostatique')

Elevage bio

Règlementation UE (Juin, H. et al 2015) : Interdiction

➡ Alternatives utilisées

Elevage certifié, Label rouge

Elevage Standard

Règlementation UE (Règlement 2019/4) : encore autorisé

Demande sociétale

➡ Demande des abattoirs

➡ Réponse des Organisations de Productions

Elevage certifié, Label rouge, et bio : des alternatives sont utilisées

Elevage Standard : des alternatives commencent aussi à être utilisées

Approche multifactorielle : Qualité du poussin

Vaccin

Aliment (différents composants)

Environnement d'élevage

Autres points à prendre en compte

Qualité du poussin Milieu de ponte (OK)
Jeûne post-éclosion (24h : moins ou plus ?)

Environnement d'élevage

Parfaitement contrôlé car très fort impact

Infection Cibler le jeune animal au début de la multiplication des coccidies
dans l'environnement d'élevage ou un âge plus élevé ?

Rq : Infection dans les expérimentation précédente effectuées à 2 semaines
(maintien des animaux axéniques dans les isolateurs)

➡ Maintien de l'infection à 16 jours

Analyse de physiologie digestive

Epaisseur de la couche de mucus

Nombre de cellules à mucus  Epaisseur de la couche de mucus

Méthode à mettre au point

Analyse du microbiote

Type de microbiote ciblé

Microbiote des muqueuses (Méthode à mettre au point)

Analyse du microbiote

Boers, S. A., et al. (2019). European J. Clin. Microb. Infect. Dis. 38(6): 1059-1070

Choix de la méthode d'extraction de l'ADN bactérien

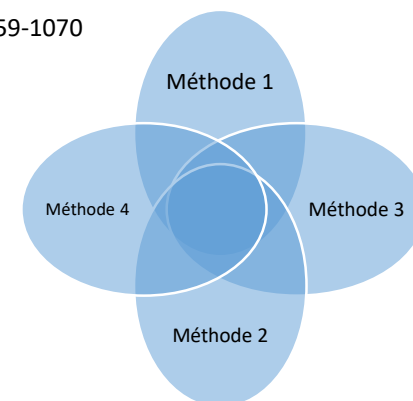
Choix de la séquence variable de l'ADNr16S

Globalement V3-V4 : cibles principalement les bactéries
V4-V5 : cible les bactéries et les archées

Mais, la détection des **différents groupes bactériens** dépend des **types d'amorces**

Rq : Un même nom de couple d'amorces (V3-V4) peut correspondre à des séquences différentes ...

Choix des méthodes d'analyse bio-informatique, bio-statistiques



Choix de la séquence variable de l'ADNr16S

Caroline Achard (INRA GenPhySE, Lallemand)

Réseau Nutrition et Ecosystème Microbien (2017)

In silico PCR on the SILVA 128 database

- ❖ SILVA Probe Match and Evaluation Tool - TestPrime 1.0
- ❖ SILVA 128 database
- ❖ Evaluation of the coverage using Taxonomy Browser

	V3V4	V4V5
Bacteria	78.2	85.8
Archaea	0.0	82.6

Réseau Nutrition et Ecosystème Microbien (2019)

Echantillons de contenus digestifs de poulets

Pour ces échantillons De façon global : V4-V5 (Bactéries + Archées)
Pour le phylum Proteobacteria : V3-V4 + adapté

Dépend de : Origine des échantillons
Phyla d'intérêt

Animation Topic 3 d'ISP : Consortia bactériens : caractérisation et conservation (Me 09/10/19)

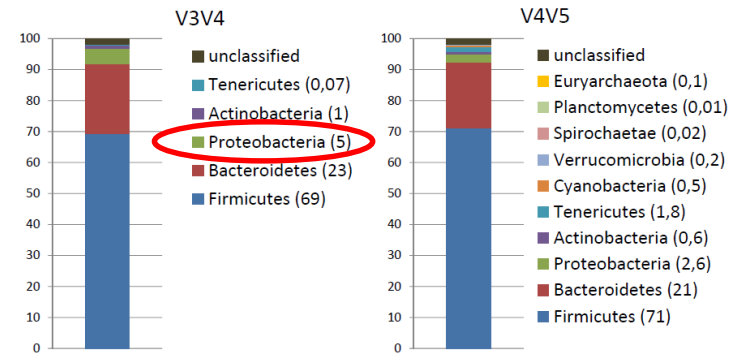
Cf présentation de Florent Kempf

Fèces de lapin

Composition at the phylum level

❖ RDP classifier (bootstrap 1)

❖ At least 0,01% of relative abundance



Quantités relatives des groupes bactériens

Mesures absolues

Développement méthodologique en cours à l'UMR GenPhySE

Mesure de la digestibilité

Retrait du marqueur TiO_2 (Effet sur la muqueuse digestive / Microbiote)

Proposition d'alternatives

Marqueur externe : Terre de diatomée (SiO_2) ... Nanoparticules ...

Marqueur interne : WOS (07/10/19) : TOPIC: (internal marker*) AND TOPIC: (digestib*) : 325 réponses

Exp 1 : Choix de la SiO_2 présente naturellement dans les MP

Sales, J. and G. P. J. Janssens (2003). "Acid-insoluble ash as a marker in digestibility studies: a review." J. Anim. Feed Scie. 12(3): 383-401.

Aguilar, F. et al, 2009. The EFSA Journal (2009) 1132, 1-24;

Ex : Céréales : 4 000 ppm dans l'avoine, 80-100 ppm dans la farine de blé

Dosage de la SiO_2 naturellement dans les MP

Souvent utilisées pour de gros animaux ou pour des bilans digestifs

Méthode gravimétrique (hydrolyse acide, minéralisation et pesée)

Dosage dans des contenus digestifs avec de faibles quantités disponibles (qq 100 mg)

Spectrophotométrie

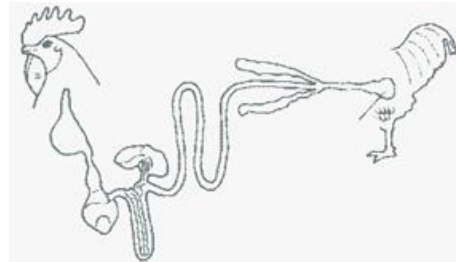
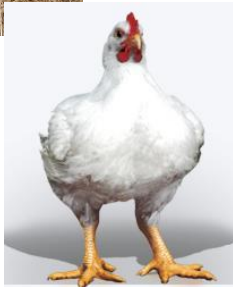
Spectrométrie à plasma à couplage inductif (ICP)

Développement méthodologique à l'UMR-BOA ? Non faisable ?

Dosage extérieur (Méthodologie à développer ?)

Merci pour votre attention

Questions ?



Eimeria tenella