



Résultat d'essais INRA - Volet 1 - Tâche 1.1

Caractérisation de matières premières cibles

Plusieurs essais ont été conduits sur le site expérimental INRA du Magneraud afin de caractériser des matières premières pouvant contribuer à limiter l'usage de tourteau de soja importé dans des formules 100% biologique en aviculture.

26 Matières premières ont été caractérisées pour leur composition chimique et leur digestibilité *in vivo*. Les données obtenues constituent la première brique de la construction de tables d'alimentation en production biologique.

Les essais zootechniques ont permis de montrer la difficulté de construire des formules alimentaires équilibrées et performantes avec des taux de tourteaux de soja faibles, mais ont également permis **d'identifier des pistes pour diversifier les sources de protéine dans les formules.**

Date de rédaction : Août 2015

Auteur : Hervé JUIN

INRA, UE EASM, Le Magneraud, CS 40052, 17700 Surgères

Rédaction avec la participation de Célia Bordeaux





SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1. METHODOLOGIE ET RESULTATS DES MESURES DE DIGESTIBILITE	4
1.1 Eléments de méthode	4
1.2 Quelques précisions sur les choix effectués	7
1.3 Tourteaux de Soja et de Tournesol	11
1.4 Concentrés protéiques	12
1.5 Autres tourteaux	13
1.6 Graines de céréales	14
1.7 Fourrages	14
1.8 Produits d'origine animale	16
1.9 Digestibilité apparente des acides aminés pour 3 MP	17
1.10 Conclusion des mesures de digestibilité	18
2. ESSAIS EN CLAUSTRATION (OU ESSAI PARQUET)	18
2.1 Eléments de méthode	18
2.2 Résultat de l'Essai Parquet 1	19
2.3 Résultats de l'Essai Parquet 2	21
2.4 Conclusion des essais claustration (ou parquet)	23
3. ESSAIS COMPLEMENTAIRES	24
3.1 Essai Massai	24
3.2 Essai Crépides	26
3.3 Essai Insectes	28
CONCLUSION GENERALE	29
ANNEXES	30



INTRODUCTION

Le tourteau de Soja est au cœur de la problématique. Cette matière première, majoritairement importée, est la principale source de protéines pour l'alimentation des volailles de chair, et le passage à des formules 100% biologiques entraînerait une augmentation de son utilisation.

L'objectif de ce projet est de réduire la dépendance au tourteau de Soja en production avicole biologique par la diversification des sources de protéines au profit de productions locales. Cet objectif nécessite notamment de connaître leur composition et leur valeur nutritionnelle. Or **les tables d'alimentation¹ disponibles actuellement présentent des valeurs obtenues avec des matières premières conventionnelles.**

Le choix des matières premières testées dans ce volet a été fait à partir des données de la bibliographie, de leur disponibilité, et des échanges avec les professionnels, avec plusieurs objectifs :

- ✓ **Caractériser des matières premières certifiées biologiques** comme sources de protéine couramment utilisées en Bio : Tourteaux de Soja, de Tournesol, de Colza. Quelle valeur par rapport aux matières premières conventionnelles, quelle variabilité et quelles limites d'utilisation ?
- ✓ **Disposer de données in vivo sur des matières premières citées dans la bibliographie et sur lesquelles peu de références sont disponibles** : Concentré protéique de Riz, Tourteaux de Sésame, de Chanvre, de Lin, Ortie... Pour certaines, les process technologiques propres à la Bio nécessitaient de valider les données obtenues en conventionnel.
- ✓ **Caractériser des sources de protéines animales d'intérêt** : larves d'insectes, crépidules, lactosérum. Au-delà de la question réglementaire posée par leur utilisation, leur teneur et la qualité de leur protéine peuvent les rendre intéressantes.

Dans la conduite de ce projet, deux questions relatives à l'alimentation 100% Bio des volailles biologiques n'ont pas été abordées :

- ✓ **L'utilisation de la Bétaine.** Il s'agit d'une pratique courante en volaille de chair, dont le retrait éventuel aurait pour conséquences l'augmentation du tourteau de soja ou la diminution des performances.
- ✓ **Les pigments** : l'impact de certaines matières premières (Concentré protéique de Luzerne, Ortie) sur la coloration n'a pas fait l'objet des travaux.

Trois types de mesures ont été réalisés dans ce volet sur le site INRA du Magneraud :

1. **Des mesures de digestibilité in vivo** sur poulet âgé de trois semaines et sur coq adulte. L'objectif était de disposer de données analytiques et de

¹ Tables INRA/AFZ 2002



valeurs nutritionnelles *in vivo* pour les matières premières ciblées, pour la constitution de tables à destination des formulateurs.

2. **Des essais zootechniques sur poulets au sol élevés en claustration.**
L'objectif était de comparer différentes formules alimentaires pendant la phase de croissance maximale du poulet (28/56 jours) utilisant les matières premières d'intérêt à des taux élevés pour en maximiser les effets, ou une complémentarité de matières premières d'intérêt.
3. **Des essais complémentaires ont été conduits sur des produits originaux** et jusqu'ici non utilisés : massaï, crépidules et larves d'insectes

1. METHODOLOGIE ET RESULTATS DES MESURES DE DIGESTIBILITE

1.1 Eléments de méthode

Ces mesures ont été réalisées *in vivo*, selon la méthode des bilans individuels décrite par Bourdillon et al². Deux modèles animaux ont été utilisés :

- ✓ le poulet à croissance lente (mâle de souche JA657), âgé de 35 jours, représentatif d'un animal en croissance.
- ✓ Le coq adulte

Les protocoles de mesure utilisés sont décrits en **Annexe 1 et 2**.

Pour les poulets de chair, les principaux éléments méthodologiques à retenir sont les suivants :

❖ Animaux : choix et préparation

240 Poussins mâles, de souche JA657, âgés d'un jour, ont été élevés au sol sur copeaux de bois dépoussiérés, jusqu'à 31 jours d'âge. Les animaux ont été vaccinés contre la bronchite infectieuse et la coccidiose au couvoir. Ils ont reçu pendant toute cette période un aliment démarrage « Bio » fourni par un industriel. L'essai a été réalisé exclusivement sur des mâles car il n'y a pas d'effet sexe dans la digestion, mais l'effet « alimentation » est plus marqué que chez les femelles. A 31 jours d'âge, 120 animaux, répartis en 12 groupes homogènes centrés sur le poids moyen du lot ont été mis en cages individuelles. Les animaux ont été répartis de façon aléatoire entre les 12 traitements expérimentaux (10 animaux par traitement). A partir de 31 jours d'âge, les animaux sont nourris à volonté avec les aliments expérimentaux pour une période d'accoutumance (de J31 à J35).

Durant toute la période d'accoutumance puis d'essai, les animaux ont disposé d'eau à volonté. En accord avec les recommandations admises en élevage, l'éclairage artificiel a été fixée à 18 heures de lumière à partir de 11 jours d'âge et la

² BOURDILLON, A., CARRE, B., CONAN, L., FRANCESCH, M., FUENTES, M., HUYGHEBAERT, G., JANSSEN, W.M., LECLERCQ, B., LESSIRE, M., MCNAB, J., RIGONI, M. & WISEMAN, J. (1990) European reference method of *in vivo* determination of metabolisable energy in poultry: reproducibility, effect of age, comparison with predicted values. British Poultry Science, 31 : 567-576



température ambiante du local a été de 28°C au démarrage, puis abaissée progressivement à 18 °C à partir de 29 jours.

❖ **Composition des aliments expérimentaux**

Les mesures *in vivo* ont été faites sur des aliments complets, constitués d'une base, et intégrant un complément minéral et vitaminique incorporé à 2.8% ainsi que la matière première à tester. Le taux d'incorporation de la matière première variait de 10 à 35 % selon sa nature (Voir la composition des aliments expérimentaux en **Annexe 3**).

Sur les matières premières et les aliments, ont été analysés la teneur en eau, en matière sèche, en azote (méthode Kjeldhal) et en énergie (calorimètre).

❖ **Bilans digestifs**

Les bilans digestifs ont été réalisés entre 36 et 39 jours d'âge (période où la croissance des animaux est la plus rapide et où la consommation d'aliment est importante), par collecte totale individuelle des fientes. Pendant cette période de bilan, la consommation d'aliment et d'eau, ainsi que les poids début et fin des animaux ont été enregistrés par cage.

Pour chaque cage, après lyophilisation, une analyse de la teneur en énergie brute (calorimètre isopéribole IKA 7000), en azote total (Kjedhal) et en azote Terpstra des fientes sont réalisées. Les valeurs d'énergie métabolisable (EM) sont exprimées en EM apparente à bilan azoté nul (EMAn).

Toutes ces mesures et analyses sur matières premières, aliments et fientes ont permis de calculer la digestibilité de la matière sèche, de l'énergie et de l'azote par animal, puis par régime expérimental et par matière première.

Les valeurs de digestibilité des matières premières ont été calculées à partir des résultats de la base et des aliments expérimentaux, en considérant l'additivité des constituants.

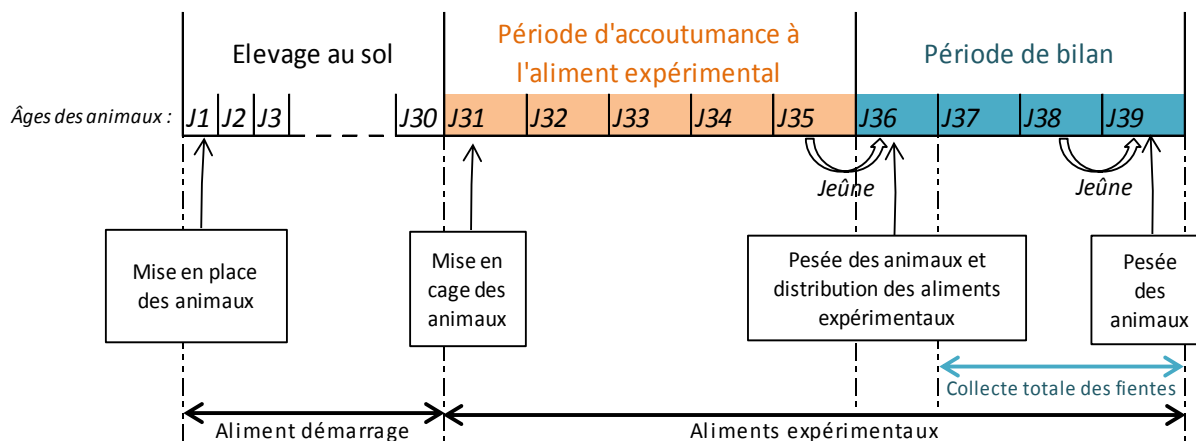


Figure 1 : Déroulement de l'Essai digestibilité / Poulet (AVIALIM Bio)



❖ Nombre de séries d'analyses

Au final, trois séries de bilans digestifs ont été réalisées au cours du projet, avec pour chaque aliment, **10 poulets ou 8 coqs**.

Par ailleurs, des **digestibilités des acides aminés** ont été calculées sur trois matières premières spécifiquement (matières premières sélectionnées par le comité de pilotage du projet AVIALIM Bio): le concentré protéique de Luzerne (MP4), les crépides (MP20) et le tourteau de Chanvre (MP9).

❖ Matières premières incorporées : sélection et taux d'incorporation

Le recoupement entre l'étude bibliographique et les objectifs du projet ont permis d'établir des listes de matières premières d'intérêts. Celles-ci ont été confrontées à l'avis du comité de pilotage lors de différentes réunions.

Le choix des matières premières testées est donc le fruit d'une décision collective, dans laquelle notamment, en plus des acteurs de développement et représentants d'instituts et de diverses organisations professionnelles, les opérateurs partenaires ont eu la place d'exprimer leurs besoins et les pistes qui leur paraissaient les plus pertinentes.

En plus de l'intérêt exprimé des matières premières à tester, il a fallu prendre en compte la réalité de la disponibilité ou non de ces matières premières, même en petits volumes.

Au total, **26 matières premières ont été fournies et testées**, avec l'aide des partenaires du projet : 7 tourteaux et graines d'oléagineux – Soja et Tournesol – couramment utilisés, 8 matières premières riches en protéine – Tourteaux et concentrés protéiques –, 7 matières premières végétales dites originales – fourrages, graines – et 4 produits d'origine animale.

Quelques échantillons de matières premières n'ont pu faire l'objet de mesures *in vivo* en raison de retard de livraison.

La liste des matières premières ainsi que leur taux d'incorporation dans les aliments destinés aux bilans digestifs figurent dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Liste des matières premières et taux d'incorporation

Matière première testée		Taux d'incorporation	N° de série
Tourteau de soja français	MP1	35	1
Tourteaux de tournesol 1	MP2	30	1
Ortie plante entière	MP3	30	1
Concentré protéique de Luzerne Extrabio	MP4	15	1
Concentré protéique de riz	MP5	30	1
Tourteau de colza	MP6	30	1
Tourteau de lin	MP7	20	1
Tourteau de tournesol 2	MP8	30	1
Tourteau de chanvre	MP9	20	1
Lactosérum	MP10	10	1



Tourteau de soja 2	MP11	35	1
Graines cuites Blé	MP12	12	2
Alfa +	MP13	15	2
Ortie +	MP14	15	2
Tourteau de sésame	MP15	20	2
Tourteau de cameline	MP16	20	2
Graines déshydratées orge	MP17	12	2
Tourteau Tournesol oléique	MP18	30	2
Graines déshydratées blé	MP19	12	2
Crépidule	MP20	10	2
Larves d'insectes 1	MP21	10	2
Tourteau soja 3	MP22	35	2
Larves d'insectes 2	MP23	10	3
Tourteau Tournesol High Pro	MP24	30	3
Concentré protéique de Luzerne	MP25	15	3
Farine de chanvre	MP26	20	3

Dans les résultats présentés ci-après, afin de faciliter la lecture, les résultats sont présentés par familles de produits.

1.2 Quelques précisions sur les choix effectués

1.2.1 Pourquoi faire des digestibilités sur des Matières Premières « biologique » ?

L'objectif du projet AVIALIM Bio, et notamment du VOLET 1 / Essais sur la station expérimentale de l'INRA du Magneraud, était de tester différents types de matières premières pour favoriser le passage à une alimentation 100% bio :

(1) **Des matières premières innovantes**, pour lesquelles il n'existe aucune référence zootechnique, et dont certaines n'ont *a priori* pas pour vocation d'être utilisées en alimentation animale

- Quelles valeurs possèdent des sources de protéines animales type larves d'insecte, lombric, crépidule ? Au-delà de la question réglementaire posée par leur utilisation, leur teneur et la qualité de la protéine pourraient-elles les rendre intéressantes ?
- Quelles valeurs pour certaines MP citées dans la bibliographie mais pour lesquelles il existe peu ou pas de références ? C'est le cas du Concentré protéique de riz, tourteau de sésame ou de chanvre, ortie, etc.

(2) **Des matières premières biologiques déjà connues en conventionnelle**, mais dont il est unanimement ressorti l'intérêt de mesurer les valeurs « en système bio », avec une variabilité entre bio / non bio liée soit au mode d'obtention, soit à leur valorisation par des souches à croissance lente. En effet, non seulement les profils en acide aminé sont dépendants des taux de MAT³ (*), donc des itinéraires techniques. Mais il existerait par ailleurs des différences notables sur :

³ De nombreuses études montrent que, pour une matière première donnée, une différence de MAT se traduit par une différence de profil en a.a. En effet, lorsque la graine se constitue, elle accumule de nombreuses protéines diversifiées (de structure, etc.). Puis, arrive un stade où elle n'accumule plus que de la protéine de réserve, à profil constant. De fait, une augmentation de la MAT (fonction entre autres de l'itinéraire technique) provoque une augmentation des protéines de réserves à autres protéines constantes,



- les **modes d'obtention / nature des process en bio et conventionnel** (exemple de la fabrication des tourteaux entre bio et non bio, avec ou sans solvants et acides, process majoritairement à chaud en conventionnel / à froid en AB). Ces process ne vont pas forcément impacter sur la composition des acides aminés (extrapolation possible à partir de la MAT), mais peuvent impacter sur les **FAN**⁴, sur les **teneurs en protéines (MAT)**, et éventuellement la **digestibilité de ces acides aminés**⁵.
- Les **souches utilisées** en mode de production biologique et conventionnel, et leur capacité à valoriser les MP. La digestibilité d'une MP sera différente entre des souches à croissance rapide (ce sur quoi la majorité des données ont été construites jusque-là et rendues disponibles dans les tables d'alimentation) et des souches à croissances lentes (utilisées en élevage biologique – obligation du cahier des charges AB – et pour lesquelles il n'existe aucune référence actuellement)⁶.

Dans ce second cas, la formulation alimentaire en AB est donc actuellement approximative, avec des marges d'erreur qu'il n'est à ce jour pas possible de quantifier. Cela explique l'intérêt des filières avicoles pour une caractérisation spécifique des matières premières biologiques riches en protéines.

1.2.2 Pourquoi avoir utilisé certaines matières premières NON BIO ?

Parmi les matières premières testées dans cette phase de mesures de digestibilité, quelques matières premières ne sont pas « biologiques ». Pourquoi avoir décidé de les tester alors que nous connaissions la possibilité d'un différentiel entre les valeurs d'une MP lorsqu'elle est bio ou non bio ?

Lorsque (1) les MP étaient **très originales**, détournées de leur usage habituel (larves d'insectes, Crépides), voire issu d'une totale innovation technologique (Ortie +, Alpha +, qui sont des matières premières intermédiaires entre la MP séchée et le concentré protéique), (2) qu'il n'existait **aucune valeur nutritionnelle** en conventionnel comme en bio, et que (3) ces MP étaient déjà très **difficile d'accès** sans certification, il a été collectivement considéré comme pertinent d'utiliser la matière première conventionnelle, tel un premier pas dans l'exploration des possibles. Ce premier pas aurait l'intérêt par ailleurs d'amener une valeur en souche à croissance lente. Cette **démarche exploratoire** permettrait de définir – en fonction des résultats obtenus – s'il faudrait approfondir ou non une réflexion à la fois d'un point de vue zootechnique et d'un point de vue structuration d'une filière de production en AB.

d'où une modification du profil en a.a. (Référence : MOSSE J, 1990. Acides aminés de 16 céréales et protéagineux : variations et clés du calcul de la composition en fonction du taux d'azote des grain(e)s. Conséquences nutritionnelles. INRA Prod. Anim., 1990, 3(2), 103-119). Si les profils en a.a varient en fonction de la MAT, il est possible, par des **équations de prédilection**, de connaître la teneur de chaque a.a. En effet, pour les grains d'une même espèce, la teneur de ces a.a (en MS) est reliée linéairement au taux d'azote et à la MS. Pour exemple : **teneur en lys**= $k_1 \cdot \text{MAT} + k_2 \cdot \text{MS}$, k_1 et k_2 étant différents pour chaque a.a. Toutefois, d'après H. Juin (INRA), si cela était avéré pour les céréales, cela ne serait pas (ou moins) valable pour des graines d'oléagineux connues pour être plus constante à la récolte en terme de composition des protéines / profil des a.a.

⁴ FAN : Facteurs Anti Nutritionnels

⁵ Le process dont la cuisson peut avoir un effet sur la digestibilité car les tourteaux seront plus ou moins gras

⁶ LESSIRE M., HALLOUIS J.M., JUIN H., ROUSSEAU P. et GERMAIN K., 2011. Effet du génotype, du sexe, de l'âge et du mode d'élevage sur la digestibilité d'aliments certifiés biologiques. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011, pp. 270-274



1.2.3 Cas particulier du lactosérum « non bio »

Le Lactosérum est très peu disponible en AB, car le lait bio est majoritairement vendu en frais. Les simulations effectuées pour obtenir une production spécifique de lactosérum bio en poudre destinée aux essais AVIALIM générerait un budget trop considérable (1 000 € / 20 Kg). Il restait utile de connaître la valeur de digestibilité de cette MP sur des souches à croissance lente. Enfin, nous avons émis l'hypothèse que le plus grand impact sur la valeur nutritionnelle de ce sous-produit ne proviendrait pas du fait qu'il soit certifié AB ou non, mais de la nature et de chacune des étapes du processus de fabrication fromagère.

1.2.4 Pourquoi avoir choisi de tester du tourteau de soja bio?

Dans ce projet, nous posons dès le départ l'ambition de répondre à la problématique du passage à une alimentation 100% bio tout en réduisant la part de dépendance aux importations de soja. Or, pour répondre à cette ambition, deux voies sont possibles. Soit passer par la substitution dans la formule du tourteau de soja par d'autres matières premières d'intérêts à identifier. Soit passer par la substitution de tourteau importé avec des tourteaux français.

Le soja est donc au cœur de la problématique, les deux questions prégnantes étant de savoir : (1) quelle est la valeur nutritionnelle des tourteaux de soja bio français ? Nous verrons que, sur cette question, les acteurs du projet ont eu quelques surprises ; (2) une production française est-elle possible ? Cette question ne sera pas traitée dans ce rapport-ci.

1.2.5 Pourquoi avoir choisi de tester du tourteau de colza et tourteau de tournesol?

Théoriquement, colza et tournesol pourraient faire partie des voies très intéressantes sur cette question de l'autonomie protéique et de l'alimentation 100% AB. Ils sont déjà utilisés couramment en AB.

Mais plusieurs questions subsistent : Les niveaux d'incorporations sont-ils optimisés ? Quelles sont les valeurs de ces MP Bio par rapport aux valeurs conventionnelles seules connues ? Quelle digestibilité par des souches à croissance lente majoritairement utilisées en production AB ? Y a-t-il une variabilité plus ou moins importante et des limites d'utilisation ?

Les opérateurs souhaitent se positionner sur ces MP par rapport à leurs données estimées, et souhaitent réellement caractériser cette MP en face du soja, toujours avec le souhait d'optimiser des formules 100% AB.

1.2.6 Pourquoi avoir choisi de tester des orges et blés cuits et germés ?

- ✓ MP possiblement intéressantes et disponibles
- ✓ MP peu riches en protéines à la base, mais faciles à incorporer. « *Si nous pouvions incorporer des niveaux importants dans les formules, cela se substituerait à une part non négligeable de la protéine importée* ».
- ✓ Plus intéressantes potentiellement en poudeuses, car les besoins en protéine y sont inférieurs: cela permettrait de bien valoriser des tourteaux à teneur en protéine plus faible, ou des protéagineux

C'est donc la digestibilité et non la teneur en protéine qui nous intéressait ici.



1.2.7 Quelles difficultés rencontrées pour tester les lombrics ?

De nombreuses tentatives ont été effectuées pour expérimenter cette MP très riche en MAT (> 60%). Avec l'idée soit d'un approvisionnement en France, soit d'un approvisionnement étranger, nous avons été confronté à de nombreux obstacles, qu'ils soient financiers (10 000 € pour 20Kg de farines d'origine France), ou administratifs (permis d'importation, certificats sanitaires et documents douaniers, etc.). Un contact privilégié avec un chercheur, Mr SOTO [Chef de Projet (INRA/SPE)] nous aurait permis d'aller plus loin dans nos démarches, notamment en imaginant l'auto production, si nous n'avions pas été pris par les échéances du projet et le calendrier très serré du dispositif expérimental de l'INRA du Magneraud.

Serait-ce une piste à ne pas négliger dans le cadre d'un autre projet ? Si une telle piste était approfondie par ailleurs, il ne faudrait pas négliger des questions fortes autour de la réglementation en alimentation animale, le cahier des charges en production agrobiologique, le niveau des investissements pour une production opérationnelle, ou encore la sécurité sanitaire de l'aliment.

1.2.8 Lien avec le projet européen ICOOP⁷

Lorsque certaines MP ont été considérées comme intéressantes mais non prioritaires, ou lorsque certaines MP ou fournisseurs ont été repérés trop tardivement pour être intégrés dans les consultations d'AVIALIM Bio, nous avons tenté de créer du lien avec d'autres projets en cours afin qu'elles soient autant que possible étudiées par ailleurs. C'est le cas du projet ICOOP (réfèrent français : A. Roinsard de l'ITAB), qui a entre autre pu tester par notre biais : graines de chanvre décortiquées, larves d'insectes d'un autre fournisseur - élevées sur substrat végétal, drèches de brasserie, et tourteaux de tournesol linoléique

1.2.9 Pourquoi a-t-on choisi de travailler en granulés plutôt qu'en farine ?

Le fait de travailler sous forme de granulé permet d'homogénéiser en Facteurs Anti Nutritionnels (FAN), et d'éviter les comportements de triage par les animaux (ce qui est permis par la présentation farine). Lorsqu'il s'agit de faire des mesures de digestibilité, il est en effet indispensable de connaître l'ingéré et de limiter au maximum le gaspillage, amenant un biais dans l'analyse des résultats.

1.2.10 Dans les formules, quel est l'impact des niveaux d'incorporation des matières premières ?

Plus le niveau d'incorporation est élevé, moins l'erreur est importante sur la valeur calculée. Aussi, le niveau d'incorporation est maximisé en relation avec le seuil d'acceptabilité par les animaux. Il aurait été plus fiable de faire un essai digestibilité sur la base de 3 taux d'incorporation par matière première. Mais cela aurait réduit d'autant la possibilité du nombre de MP à tester.

Le choix du groupe AVIALIM a été de trouver le bon compromis entre (1) maximiser le nombre de MP à tester, (2) Rechercher une valeur additive suffisante pour une valeur digestibilité fiable.

⁷ ICOOP : Amélioration de la contribution des aliments d'origine locale pour soutenir le passage à une alimentation 100 % biologique en élevage porcin et avicole



1.3 Tourteaux de Soja et de Tournesol

Pour ces tourteaux, il a été possible de disposer de plusieurs échantillons issus de sites de production différents.

Trois échantillons de tourteau de soja ont été utilisés. Les résultats sont reportés dans le **Tableau 2**. Les teneurs en protéine varient peu d'un échantillon à l'autre (de 44.9 à 45.5 % de la matière sèche).

Chez le poulet, le tourteau MP22 se caractérise par une digestibilité faible de l'énergie et de la protéine, par rapport aux deux autres échantillons dont les valeurs sont très proches.

Chez le coq les écarts sont plus faibles, le tourteau MP 22 présentant une teneur en énergie métabolisable plus faible et le tourteau MP1 une digestibilité de l'Azote supérieure.

On note également que la teneur en énergie métabolisable n'est pas corrélée avec la teneur en matière grasse.

Tableau 2 : Résultats des tourteaux de soja

	Tourteau de soja 1	Tourteau de soja 2	Tourteau soja 3
	MP1	MP11	MP22
Matière sèche %	90,62	90,35	91,69
<i>Caractéristiques sur sec</i>			
Energie brute (Kcal/kg MS)	5044	5041	4909
Matière minérale (%)	6,50	6,61	6,85
Phosphore total (%)			0,64
Protéine Totale (%)	45,49	45,43	44,93
Matière Grasse (%)	9,06	4,66	7,19
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>			
AME (Kcal /Kg)	3366	3388	2938
AMEn(Kcal /Kg)	3097	3122	2677
CUDN (%)	87.32 ± 5.03	86.44 ± 5.47	79.92 ± 5.43
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>			
AME (Kcal /Kg)	3377	3291	3087
AMEn(Kcal /Kg)	3304	3242	3022
CUDN (%)	86.20 ± 1.30	84.63 ± 3.80	84.91 ± 2.38

Quatre échantillons de tourteau de tournesol ont été évalués, dont les résultats sont reportés dans le **Tableau 3**. Les teneurs en protéine et en matière grasse varient de façon importante d'un échantillon à l'autre, respectivement de 22 à 36 % et de 8 à 18 % de la matière sèche.

Chez le poulet, le tourteau High Pro (MP24) se caractérise par une digestibilité faible de l'énergie et le tourteau oléique (MP18) par une digestibilité faible de l'énergie et de la protéine.

Chez le coq les écarts sont plus faibles. Le tourteau High Pro (MP24) présente la teneur en énergie métabolisable la plus faible et le CUD (coefficient d'utilisation digestive) de l'Azote le plus élevé. Les tourteaux MP8 et MP18 (oléique) présente les digestibilités apparentes de l'Azote les plus faibles.



On note également que la teneur en énergie métabolisable n'est pas corrélée avec la teneur en matière grasse.

Tableau 3 : Résultats des tourteaux de tournesol

	Tourteau de Tournesol 1	Tourteau de Tournesol 2	Tournesol oléique	Tournesol High Pro
	MP2	MP8	MP18	MP24
Matière sèche %	92,30	92,76	91,18	93,69
<i>Caractéristiques sur sec</i>				
Energie brute (Kcal/kg MS)	5199	5400	5455	5027
Matière minérale (%)	5,56	5,36	5,48	6,36
Phosphore total (%)			0,94	1,05
Protéine Totale (%)	28,18	25,43	22,05	36,32
Matière Grasse (%)	12,97	16,90	18,25	8,21
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>				
AME (Kcal /Kg)	2523	2751	2416	2246
AMEn(Kcal /Kg)	2344	2597	2278	2051
CUDN (%)	79.28 ± 7.67	81.13 ± 5.66	76.47 ± 2.05	79.90 ± 3.87
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>				
AME (Kcal /Kg)	2507	2684	2543	2355
AMEn(Kcal /Kg)	2499	2683	2542	2286
CUDN (%)	79.61 ± 6.10	75.80 ± 4.30	76.10 ± 4.15	82.53 ± 1.68

Ces résultats sur deux matières premières d'utilisation courante en aviculture montrent que :

- Les valeurs sont différentes de celles des tables conventionnelles, notamment pour l'énergie, en raison des procédés d'extraction de l'huile.
- La composition en protéine et lipides ne suffit pas pour calculer des valeurs d'énergie métabolisable.
- Il existe une variabilité élevée des valeurs nutritionnelles sur ces matières premières

1.4 Concentrés protéiques

Quatre produits ont été étudiés : 2 **concentrés protéiques de Luzerne**, un **concentré protéique de Riz** et une **farine de chanvre** (que nous intégrerons dans la famille des concentrés protéiques). Les résultats sont reportés dans le **Tableau 4**.

✓ **Concentrés protéiques de Luzerne.**

Chez le poulet, on observe une variabilité élevée de la réponse animale, peut-être due aux difficultés d'adaptation des animaux à des taux élevés d'incorporation (15%) ; les teneurs en énergie métabolisable et les CUD des deux échantillons sont



très différents. Chez le coq les résultats sont moins variables, avec des teneurs en énergie métabolisable supérieures à celles des tables et des CUD de l'Azote inférieurs.

✓ **Concentrés protéiques de riz**

Le concentré protéique de riz présente une teneur en énergie métabolisable élevée mais un CUD de l'Azote proche de celui de la luzerne.

✓ **Farine de chanvre**

La farine de chanvre, produit disponible en quantités faible, n'est pas très bien valorisée.

Tableau 4 : Résultats des Concentrés protéiques

	Concentré Protéique de Luzerne 1	Concentré Protéique de Luzerne 2	Concentré Protéique de Riz	Farine de Chanvre
	MP4	MP25	MP5	MP26
Matière sèche %	93,4	92,73	94,81	90,85
<i>Caractéristiques sur sec</i>				
Energie brute (Kcal/kg MS)	5244	5483	5159	5123
Matière minérale (%)	12,76	9,87	2,43	5,64
Phosphore total (%)		0,86		1,01
Protéine Totale (%)	52,31	53,54	49,01	27,29
Matière Grasse (%)		11,10	3,83	8,15
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>				
AME (Kcal /Kg)	3584	2574	4018	2191
AMEn(Kcal /Kg)	3267	2388	3765	2008
CUDN (%)	56.42 ± 26.54	62.22 ± 13.26	61.99 ± 8.56	67.23 ± 4.03
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>				
AME (Kcal /Kg)	3563	3445	3816	2130
AMEn(Kcal /Kg)	3530	3355	3790	2098
CUDN (%)	72.90 ± 3.80	73.66 ± 3.94	71.58 ± 2.70	69.68 ± 4.42

1.5 Autres tourteaux

De nombreux tourteaux sont présents en quantité plus ou moins importante dans les circuits biologiques. Peu de données sont disponibles sur ces produits, même en conventionnel. Nous avons pu évaluer cinq tourteaux, tous certifiés biologiques, dont les résultats sont reportés dans le **Tableau 5**.

Le **tourteau de Colza**, peu disponible en production biologique, présente une teneur en énergie supérieure à celle des produits conventionnels, en lien avec sa teneur en huile.

Pour les **tourteaux de lin** (non chauffé) et de **cameline**, ils ont été mal tolérés par les poulets, et il n'a pas été possible de les évaluer.



Le **tourteau de chanvre** présente des résultats voisins de tourteau de tournesol pour le CUD de l'azote et supérieurs pour l'énergie métabolisable.

Le **tourteau de sésame** présente une digestibilité élevée, mais est importé.

Tableau 5 : Résultat des autres tourteaux

	Tourteau de colza	Tourteau de lin	Tourteau de chanvre	Tourteau de sésame	Tourteau de cameline
	MP6	MP7	MP9	MP15	MP16
Matière sèche %	88,84	92,01	90,35	91,63	90,50
<i>Caractéristiques sur sec</i>					
Energie brute (Kcal/kg MS)	5123	5194	5299	5214	5300
Matière minérale (%)	7,24	4,62	6,91	9,64	6,60
Phosphore total (%)				0,92	1,20
Protéine Totale (%)	31,78	40,65	31,68	44,72	34,55
Matière Grasse (%)	12,79	12,15	14,13	17,00	15,95
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>					
AME (Kcal /Kg)	2942	ND	3362	3082	ND
AMEn(Kcal /Kg)	2722	ND	3135	2818	ND
CUDN (%)	72.55 ± 4.72	ND	80.95 ± 3.21	86.63 ± 3.03	ND
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>					
AME (Kcal /Kg)	2816	2408	2722	3711	2756
AMEn(Kcal /Kg)	2810	2519	2692	3644	2766
CUDN (%)	67.87 ± 3.80	58.06 ± 17.70	73.30 ± 3.60	90.84 ± 2.52	71.65 ± 4.62

1.6 Graines de céréales

Si les céréales présentent des teneurs en protéine faibles, elles n'en représentent pas moins une part importante de l'apport en raison de leur taux d'incorporation élevé dans les aliments volailles. Nous avons évalué trois produits traités thermiquement, dont les résultats sont reportés dans le **Tableau 6**.

Pour ces produits traités thermiquement, on observe une amélioration importante de la teneur en énergie métabolisable et plus faible du CUD apparent de l'azote.

1.7 Fourrages

L'ortie en granulé comme la luzerne sont citées comme matières premières par certains éleveurs, et des travaux pour améliorer la teneur en protéine, en ne prenant que les feuilles sont en cours.

Trois produits ont été évalués, dont les résultats sont reportés dans le **Tableau 7** : une ortie en granulé et deux produits issus de feuilles d'ortie (Ortie +) ou de luzerne (Alfa +).

Ces produits, riches en fibres, présentent des teneurs en protéine variables de 17 à 32 % et une digestibilité faible de l'énergie et de l'azote, qui en limite *a priori* l'intérêt chez les volailles (du moins d'un point de vue « protéique »).

Tableau 6 : Résultats sur les graines de céréales

	Graines cuites Blé	Graines déshydratées orge	Graines déshydratées blé
	MP12	MP17	MP19
Matière sèche %	88,85	91,12	90,88
<i>Caractéristiques sur sec</i>			
Energie brute (Kcal/kg MS)	4418	4412	4412
Matière minérale (%)	1,75	1,81	1,34
Phosphore total (%)	0,34	0,32	0,26
Protéine Totale (%)	13,65	11,27	12,01
Matière Grasse (%)	1,63	2,38	2,10
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>			
AME (Kcal /Kg)	4166	3789	4467
AMEn(Kcal /Kg)	4013	3672	4299
CUDN (%)	78.32 ± 25.05	71.44 ± 18.42	86.67 ± 16.27
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>			
AME (Kcal /Kg)	3733	3684	4132
AMEn(Kcal /Kg)	3754	3645	4068
CUDN (%)	64.12 ± 14.08	60.45 ± 11.69	64.18 ± 17.30

Tableau 7 : Résultats sur les Fourrages

	Ortie granulé	Alfa +	Ortie +
	MP3	MP13	MP14
Matière sèche %	91,65	87,47	89,07
<i>Caractéristiques sur sec</i>			
Energie brute (Kcal/kg MS)	3934	4548	3851
Matière minérale (%)	16,57	11,43	22,28
Phosphore total (%)		0,26	0,65
Protéine Totale (%)	17,27	24,95	31,62
Matière Grasse (%)	2,79		
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>			
AME (Kcal /Kg)	1119	1996	630
AMEn(Kcal /Kg)	1059	1834	523
CUDN (%)	59.54 ± 5.76	73.91 ± 10.92	63.80 ± 9.68
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>			
AME (Kcal /Kg)	1091	2126	1750
AMEn(Kcal /Kg)	1094	2086	1642
CUDN (%)	48.01 ± 5.60	74.00 ± 3.75	70.82 ± 9.53

1.8 Produits d'origine animale

Les produits d'origine animale ne sont pas utilisés dans les productions avicoles biologiques en France, d'une part pour respecter les cahiers des charges (alimentation 100% végétale), d'autre part car classés comme PAT (protéines animales transformées) par la réglementation.

Cependant nous avons évalué 4 produits d'intérêt potentiel en production biologique – lactosérum, larves d'insectes (2 échantillons issus de fournisseurs différents) et crépidules – dont les résultats sont présentés dans le **Tableau 8**.

Tableau 8 : résultats sur les produits d'origine animale

	Lactosérum déshydraté *	Crépidule	Larves d'insectes 1 **	Larves d'insectes 2 **
	MP10	MP20	MP21	MP23
Matière sèche %	96,3	91,35	73,90	93,22
<i>Caractéristiques sur sec</i>				
Energie brute (Kcal/kg MS)	3598	3646	7028	5807
Matière minérale (%)	11,36	22,04	9,15	5,24
Phosphore total (%)		0,47	0,66	0,82
Protéine Totale (%)	9,57	51,85	37,76	62,13
Matière Grasse (%)	1,77	2,85	35,03	13,62
<i>Valeurs nutritionnelles poulet sur sec</i>				
AME (Kcal /Kg)	4101	4571	4893	4466
AMEn(Kcal /Kg)	3902	3837	4755	4066
CUDN (%)	92.45 ± 25.17	100	62.68 ± 15.19	69.74 ± 5.63
<i>Valeurs nutritionnelles coq sur sec</i>				
AME (Kcal /Kg)	2811	2276	6281	4368
AMEn(Kcal /Kg)	2834	2097	6134	4310
CUDN (%)	29.58 ± 62.40	88.33 ± 3.20	78.06 ± 5.40	74.10 ± 2.20

(*) Les résultats du lactosérum sont très variables d'un individu à l'autre, en raison des perturbations du transit digestif qu'il entraîne.

(**) : *Hermetia illucens*

Le lactosérum peut représenter un apport de protéine de qualité mais son utilisation entraîne des perturbations digestives qui en limitent l'intérêt.

La crépidule est une source de protéine concentrée à haute valeur nutritionnelle chez le poulet. Son utilisation semble freinée par des questions d'acceptabilité du consommateur et les coûts liés au décoquillage et à la déshydratation.

Les larves d'insectes, actuellement considérées comme PAT, sont des produits mal connus en alimentation animale, de composition et de digestibilité variables. Mais ce produit peut représenter un intérêt nutritionnel en fonction du process.

1.9 Digestibilité apparente des acides aminés pour 3 MP

Des digestibilités des acides aminés sur poulet ont été calculées sur trois matières premières : le **concentré protéique de Luzerne** (MP4), les **crépides** (MP20) et le **tourteau de Chanvre** (MP9).

Ces digestibilités ont été calculées à partir des analyses réalisées sur les aliments, les matières premières et les excréta ; pour les excréta ils ont été regroupés aléatoirement en 3 pools à partir des collectes individuelles.

Les résultats sont reportés dans le **Tableau 9** ci-dessous.

Tableau 9 : composition et digestibilité des acides aminés chez le poulet

	Concentré Protéique Luzerne		Crépidule		Tourteau de Chanvre	
	MP4		MP 20		MP9	
	Teneur (% MS)	CUD (%)	Teneur (% MS)	CUD (%)	Teneur (% MS)	CUD (%)
Cystine	0,42	14,55	0,60	100	0,50	83,62
Ac Aspartique	5,07	69,18	4,94	100	3,00	96,93
Proline	2,42	60,19	1,90	87,00	1,18	82,19
Méthionine	1,08	56,74	0,97	100	0,71	100
Threonine	2,64	71,43	2,16	100	1,05	96,57
Serine	2,31	60,34	2,34	100	1,46	97,81
Ac Glutamique	5,66	66,99	7,63	95,34	5,03	96,52
Glycine	2,63	64,52	2,48	100	1,29	76,42
Alanine	3,01	83,43	2,89	100	1,26	100
Valine	3,16	65,54	2,11	100	1,43	90,63
Isoleucine	2,63	58,15	1,73	99,97	1,16	91,70
Leucine	4,59	60,66	3,81	100	1,93	88,03
Tyrosine	2,22	69,27	1,59	100	0,93	95,01
Phénylalanine	3,19	61,61	1,42	99,26	1,36	89,79
Lysine	3,12	61,77	2,93	100	1,08	92,38
Histidine	1,27	61,80	0,75	100	0,78	94,18
Arginine	3,24	76,31	4,69	100	3,50	100
Acides aminés g/100g	48,67	63,24	44,93	100	27,63	93,74

La **digestibilité des acides aminés** est **proche de 100% pour les crépides**, comprise entre 76 et 100 % pour le tourteau de chanvre et entre 15 et 83 % pour le concentré protéique de Luzerne.



1.10 Conclusion des mesures de digestibilité

Les données obtenues sont originales et directement utilisables par les éleveurs et nutritionnistes. Ces données :

- Constituent un socle pour la construction de tables en production biologique.
- Illustrent les différences dues aux procédés entre produits biologiques et conventionnels
- Ont permis de caractériser des matières premières aujourd'hui mal connues, et la possibilité d'utiliser des sources de protéines alternatives au tourteau de soja.
- Confirment la variabilité des matières premières d'usage courant, tels les tourteaux de soja et de tournesol, et la nécessité de travaux complémentaires pour en améliorer l'utilisation.
- Montrent l'intérêt de disposer d'informations sur la composition et la digestibilité des acides aminés en formulation des aliments.

Cependant ces données doivent être complétées par des informations sur la digestibilité des acides aminés pour la plupart des matières premières, ainsi que des essais terrain sur l'utilisation des matières premières, tout au long de la vie des animaux.

2. ESSAIS EN CLAUSTRATION (OU ESSAI PARQUET)

Deux essais « zootechniques » ont été conduits avec pour objectif de tester des matières premières d'intérêt (pour leur apport en protéines) à des taux d'incorporation égaux ou supérieurs aux pratiques du terrain, seules ou en association, sur des poulets en croissance (entre 28 et 56 jours d'âge), dans des aliments complets.

2.1 Éléments de méthode

L'Annexe 4 présente le protocole détaillé des essais, ainsi que la composition, les caractéristiques chimiques et les teneurs en MAT sur produit brut des aliments testés.

La période expérimentale correspond à une phase de croissance élevée, avec un besoin en protéine important, et, afin de s'affranchir autant que possible de l'effet du milieu (accès au parcours), les essais ont été conduits en claustration, avec 3 parquets de 25 poulets (S 757 N mâles) par traitement.

Pour les deux essais, le régime témoin est constitué de blé et de maïs en proportions égales, et de tourteau de soja, complété par des minéraux, oligoéléments et vitamines. Le niveau élevé de tourteau de soja (27.7%) s'explique par le fait qu'il constitue la seule matière première riche en protéine du régime, et par l'absence de Bétaine dans la formule.



La formulation a été faite à partir d'une table de composition des matières premières, élaborée en tenant compte des données de la bibliographie et des résultats obtenus en digestibilité dans le cadre du projet.

Les contraintes de formulation étaient dans l'ordre : la teneur en MAT, puis les teneurs en lysine, méthionine + cystine, thréonine et tryptophane du régime, combinées avec des niveaux minimaux d'incorporation des matières premières d'intérêt.

Compte tenu d'un effet essai et du fait que le régime témoin n'a pas été fabriqué avec les mêmes lots de matières premières, l'interprétation des résultats a été conduite de façon indépendante.

Les résultats ont été traités par analyse de variance suivie d'un test de comparaison de moyennes pour les critères poids vif à J57 et indice de consommation de J29 à J57. Les tableaux récapitulatifs figurent en **Annexe 4**.

2.2 Résultat de l'Essai Parquet 1

❖ Régimes testés

Les régimes comparés à un témoin tourteau de soja dans cet essai ont été :

- Un régime avec un lot différent de tourteau de Soja (R2)
- 2 régimes avec du concentré protéique de riz seul, à 4 (R14) ou 10 % (R13)
- 4 régimes avec du concentré protéique de riz en association avec du tourteau de colza (R3), de tournesol (R5) ou leur association (R8), et de l'ortie (R9)
- 1 régime avec 10% de tourteau de chanvre (R4)
- 2 régimes avec 5 et 10 % de concentré protéique de Luzerne
- 1 régime avec de l'ortie (R10)
- 1 régime avec du lactosérum (R15)
- 2 régimes avec du tourteau de tournesol en association avec du concentré protéique de luzerne (R5) seul ou associé à du tourteau de colza (R7).

❖ Résultats :

Les performances des animaux ont été globalement très bonnes : mortalité faible (un seul animal), poids moyen à J29 de 632 ± 52 g, à J57 de 1579 ± 159 g, avec un indice de consommation de 2.545 ± 0.195 entre 29 et 57 jours d'âge.

Les teneurs en MAT analysées des aliments sont légèrement supérieures aux valeurs calculées (voir **Annexe 4**). De plus il n'y a pas de corrélation entre la teneur en MAT et la croissance sur la période expérimentale ; les différences observées sont liées à la composition et à la digestibilité de la protéine, ainsi qu'à la nature des matières premières (appétence, facteur antinutritionnels..).

Les résultats sont présentés dans le **Tableau 10** et le **Graphique 1**.



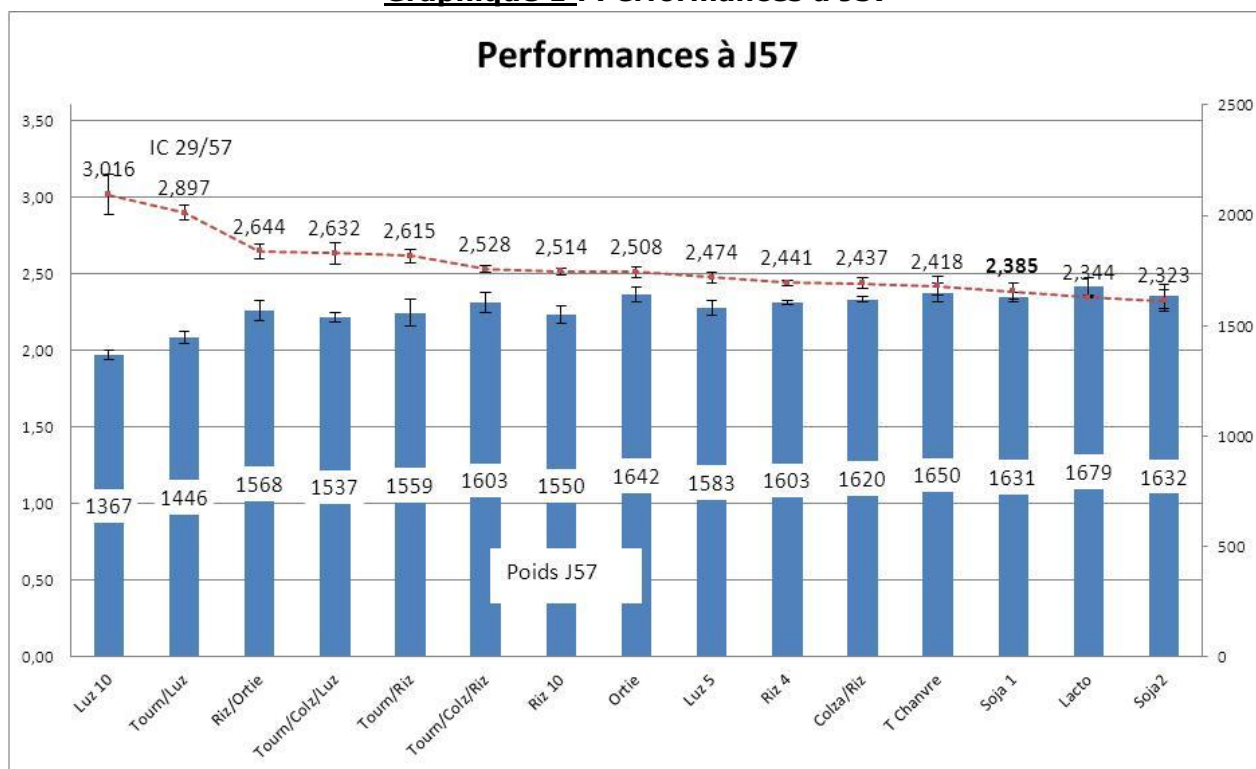
Par rapport au régime Témoin Soja (R1) on observe :

- Une croissance significativement supérieure et un indice de consommation équivalent pour le régime Lactosérum (R15).
- Pas de différence significative pour les régimes R2 (tourteau de soja 2), R3 (tourteau de Colza), R14 (concentré protéique de Riz à 4%).
- Une croissance significativement supérieure et un indice de consommation équivalent pour le régime avec tourteau de chanvre (R4)
- Une croissance équivalente mais un indice de consommation significativement dégradé pour les régimes contenant l'ortie seule (R10) ou l'association Tournesol/Colza/Riz (R8). Pour le régime avec Ortie, les litières étaient humides.
- Des performances significativement dégradées pour la croissance et l'indice de consommation pour les régimes R12 (Luzerne 5%), R9 (Ortie, Riz), R6 (Tournesol, Riz), R13 ((Riz 10%) et R7 (Colza, Luzerne).
- Des performances très inférieures et significativement dégradées pour la croissance et l'indice de consommation, ainsi que des litières humides, pour les régimes concentré de Luzerne à 10 % (R11) et Tournesol/Luzerne (R5).

Tableau 10 : Performances zootechniques / essai 1

Trait	Description	Poids J57 (g)	Aliment 29/57 (g/animal)	IC J29/57
R1	Témoin Soja	1631 ± 21	2389 ± 51	2.385 ± 0.056
R2	T Soja 2	1632 ± 57	2360 ± 77	2.323 ± 0.072
R3	T Colza	1620 ± 10	2404 ± 4	2.437 ± 0.032
R4	T Chanvre	1650 ± 42	2471 ± 16	2.418 ± 0.060
R5	T Tournesol / C Luzerne	1446 ± 26	2336 ± 43	2.897 ± 0.050
R6	T Tournesol /C Riz	1559 ± 62	2437 ± 108	2.615 ± 0.041
R7	T Colza /C Luzerne	1537 ± 22	2376 ± 32	2.632 ± 0.069
R8	T Tournesol /Colza / C Riz	1603 ± 47	2468 ± 103	2.528 ± 0.022
R9	C Riz / Ortie	1568 ± 45	2470 ± 66	2.645 ± 0.051
R10	Ortie	1642 ± 35	2508 ± 75	2.508 ± 0.037
R11	C Luzerne 10%	1367 ± 23	2204 ± 92	3.016 ± 0.132
R12	C Luzerne 5%	1583 ± 34	2361 ± 38	2.474 ± 0.033
R13	C Riz 10 %	1550 ± 37	2318 ± 65	2.514 ± 0.022
R14	C Riz 4 %	1603 ± 10	2378 ± 12	2.441 ± 0.018
R15	Lactosérum	1679 ± 38	2457 ± 62	2.344 ± 0.007

Graphique 1 : Performances à J57



2.3 Résultats de l'Essai Parquet 2

Les régimes comparés à un témoin tourteau de soja dans cet essai ont été :

- Un régime bas niveau Soja dans lequel 2.3 % de tourteau de Soja ont été remplacés par des céréales, supplémenté ou non avec 0.1 % de Bétaine (R2 et R6)
- 2 régimes avec 3.5 % de crépides, l'un avec du tourteau de Soja, l'autre contenant 15 % de tourteau de Chanvre comme source de protéine (R3 et R4)
- 2 régimes avec du tourteau de sésame, incorporé à 8 et 17 % (R12 et R13)
- 2 régimes pour lesquels une partie du tourteau de Soja a été remplacée par du tourteau de chanvre avec ou sans concentré protéique de luzerne (R7 et R11)
- Un régime avec du tourteau de cameline (R5)
- Un régime avec des céréales cuites (R14)
- Deux régimes avec un faible taux de tourteau de soja, et des sources de protéines diversifiées (R8 et R9) et multiples (oléagineux et protéagineux).
- Deux régimes avec de l'ortie séchée, l'un avec un taux de tourteau de Soja élevé et 8.6 % d'ortie (R10), l'autre avec une réduction du tourteau de Soja et 5% d'ortie (R15) et présentant une teneur en protéine plus faible



Les teneurs en protéine analysées dans les aliments sont globalement inférieures aux teneurs calculées. Cependant, comme dans le premier essai, il n'y a **pas de corrélation entre les teneurs en protéine des aliments et les performances mesurées**.

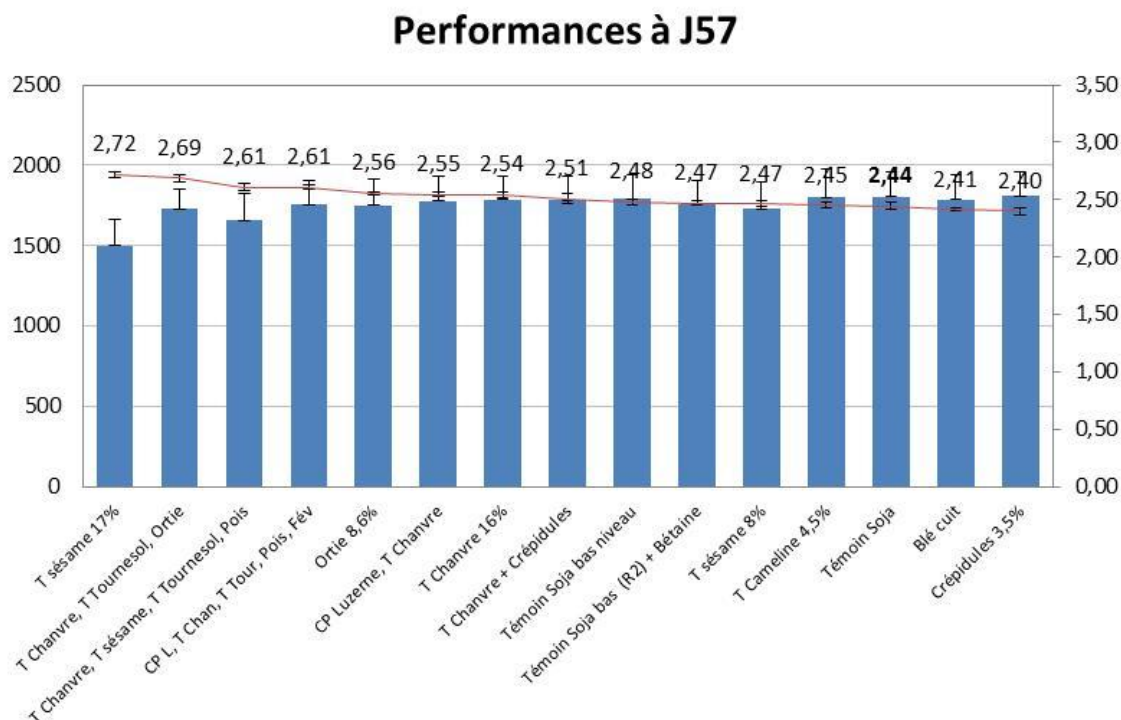
Les résultats sont présentés dans le **Tableau 11** et le **Graphique 2**.

Les poids des animaux du groupe témoin sont inférieurs à ceux de l'essai 1 réalisé en 2012, malgré un type génétique et une formule alimentaire identiques : -175 g à J57 avec un indice de conversion est amélioré de 0.04 point. Cet écart est vraisemblablement multifactoriel : lots de poussin, aliment, environnement.

Tableau 11 : Performances zootechniques / essai 2

Trait	Description	Poids J57 (g)	Aliment 29/57 (g)	IC J29/57
R1	Témoin Soja	1806 ± 40	2994 ± 92	2.444 ± 0.31
R2	Témoin Soja bas niveau	1793 ± 47	3010 ± 79	2.479 ± 0.024
R3	Crépidules	1807 ± 58	2948 ± 81	2.399 ± 0.026
R4	T Chanvre + Crépidules	1783 ± 24	3020 ± 18	2.506 ± 0.044
R5	T Cameline	1800 ± 57	2995 ± 111	2.451 ± 0.026
R6	Témoin Soja bas niveau (R2) + Bétaine	1759 ± 17	2947 ± 58	2.470 ± 0.022
R7	T Chanvre	1788 ± 45	3079 ± 74	2.543 ± 0.022
R8	T Chanvre, T sésame, T Tournesol, Pois	1659 ± 98	2858 ± 190	2.609 ± 0.032
R9	CP Luzerne, T Chanvre, T Tournesol, Pois, Féverole	1757 ± 18	3082 ± 14	2.607 ± 0.020
R10	Ortie	1752 ± 30	3026 ± 64	2.555 ± 0.009
R11	CP Luzerne, T Chanvre	1779 ± 41	3052 ± 94	2.547 ± 0.016
R12	T sésame	1731 ± 18	2828 ± 34	2.466 ± 0.027
R13	T sésame	1501 ± 12	2510 ± 31	2.719 ± 0.020
R14	Blé cuit	1787 ± 33	2933 ± 53	2.414 ± 0.009
R15	T Chanvre, T Tournesol, Ortie	1729 ± 25	3093 ± 59	2.689 ± 0.033

Graphique 2 : Performances à J57



Par rapport au régime Témoin Soja (R1) on observe :

- Des performances inférieures mais pas significativement différentes pour les groupes R2 et R5 (bas niveau de soja supplémenté ou non en Bétaine)
- Une dégradation importante et significative des performances pour les groupes recevant du tourteau de sésame, d'autant plus que le taux est élevé.
- Des performances identiques pour les groupes recevant les aliments avec crépidules.
- Une baisse significative de la croissance et de l'indice de consommation pour les groupes R8 et R9 (formules complexes), R10 et R15 (avec ortie)
- Une baisse significative de l'indice de consommation entre J29 et J57 pour le groupe R11 (Concentré de luzerne et tourteau de chanvre)

2.4 Conclusion des essais clausturation (ou parquet)

Ces essais ont permis de démontrer les **difficultés rencontrées pour réduire de façon importante le recours au tourteau de Soja dans les aliments** pour poulets en production biologique. En effet en l'absence de possibilité d'utiliser des acides aminés purifiés ou des protéines d'origine animale à haute valeur biologique, il est difficile de construire des formules équilibrées et appétentes.

Cependant **la diversification des sources de protéines et le choix de matières premières de qualité** permettent d'obtenir des performances tout à fait acceptables, sous réserve que ces matières premières soient disponibles à un prix acceptable.



3. ESSAIS COMPLEMENTAIRES

En complément des mesures de digestibilité et essais conduits en claustration puis sur parcours, le projet Avialim Bio a permis de conduire **trois essais indépendants sur des matières premières originales** et pas encore utilisées dans les productions avicoles biologiques en France

3.1 Essai Massai

Le « massai », proposé dans le cadre du projet par un indépendant (E. Juncker – Trust'ing), est issu de la ***fermentation spontanée anaérobie d'un assemblage composé de purée de luzerne et de "farine" de graines d'orge ou d'autres céréales.***

En l'absence de références sur ce type de produit en aviculture, un essai sur un effectif réduit d'animaux a été conduit : l'objectif était de savoir – avant de lancer potentiellement des études de plus grandes envergure sur cette matière première – si les animaux consommaient le produit et s'il y avait à première vue un impact sur les performances.

L'essai a été conduit sur le site INRA du Magneraud en novembre et décembre 2014.

192 poussins mâles de souche JA657 ont été élevés dans un bâtiment sur paille de un à 37 jours d'âge. A partir de 37 jours d'âge, les animaux ont eu accès à un parcours herbeux jusqu'à 83 jours d'âge. Les animaux ont été alimentés avec un aliment démarrage de J1 à J37, croissance de J37 à J56 puis finition de J56 à 83, certifiés biologique (100%). L'aliment et l'eau ont été distribués à volonté. A J37, deux groupes de même poids moyen ont été constitués et élevés séparément : un lot témoin et un lot essai « massai ».

Le massai utilisé est issu de la fermentation spontanée anaérobie d'un assemblage composé de 89% de purée de PAREP de luzerne et de 11% de "farine" de graines d'orge (broyat de type semoule en réalité). La PAREP est la Partie Aérienne Riche En Protéines, dont la teneur en Matière Azotée Totale se situe autour de 26% de la matière sèche. Elle comprend principalement les feuilles et les sommités ou apex de la plante ainsi que quelques tiges. La purée est obtenue par déstructuration de la PAREP fraîche. Les caractéristiques du produit testé étaient : 67.03 % d'humidité, et 4577 Kcal/Kg d'énergie brute, 20.90 % de Matière Azotée Totale sur sec. 20.1 Kgs de produits ont été reçus, conditionnés en seau étanche.

Le lot essai a reçu le massai à partir de 40 jours d'âge, dans le fond d'une mangeoire circulaire devant l'entrée du bâtiment le premier jour, puis à l'intérieur ensuite, car certains animaux ne sortaient pas.

Le premier jour, 2 kgs ont été mis à disposition et consommés sur deux jours. Aucun gaspillage ou refus n'a été observé.



A partir de J46 la consommation a augmenté et une distribution quotidienne a été faite, de façon à assurer que le produit soit toujours disponible. Les 20 kgs de produit ont été entièrement consommés en 11 jours, ce qui représente 18 g de produit frais ou 5.8 g de matière sèche par animal et par jour.

Les quantités moyennes consommées quotidiennement par animal ont été de 12.5 g sur la période 40/45 jours et 24.5 g sur la période 46/51 jours.

Les performances des animaux sont reportées dans le **Tableau 12**.

Cet essai a permis de démontrer que :

- le **produit est bien consommé par les animaux** : pas de refus et pas de gaspillage
- un **temps d'adaptation de quelques jours** est nécessaire pour avoir des consommations importantes
- sur une période courte, **aucun effet *a priori* n'est observé sur les performances** des animaux.

Des informations complémentaires sur une durée plus longue sont indispensables pour conclure.

Tableau 12 : Performances de l'essai Massai

	Témoin	Massai
Nombre	96	96
Poids J37 (g)	684 ± 122	673 ± 128
Poids J56 (g)	1452 ± 170	1442 ± 182
Aliment J37/56 (g/animal)	1793	1814
IC 37/56	2,336	2,360
Poids J83 (g)	2580 ± 249	2614 ± 306
Aliment J56/83 (g/animal)	4520	4523
IC 56/83	4,007	3,860



3.2 Essai Crépitudes

Les mesures de digestibilité ayant montré la haute valeur biologique de ce produit, il était intéressant d'en mesurer l'intérêt en conditions d'élevage et d'en évaluer **l'éventuel impact sur les qualités organoleptiques de la viande** – ce qui représentait l'une des inquiétudes des partenaires du projet AVIALIM Bio. **Cet impact existerait-il si la crépitude n'était utilisée qu'au stade démarrage et croissance ?**

Un essai a été conduit au cours de l'été 2014. 207 poussins mâles JA657 de un jour ont été répartis en 3 groupes : Témoin, Essai 1 et Essai 2.

- ✓ De J1 à J29, les animaux du groupe Témoin ont reçu un aliment démarrage biologique sans crépitude, ceux des groupes Essai 1 et Essai 2 un aliment démarrage contenant **5% de crépitudes** séchées à 90% de matière sèche.
- ✓ De J29 à J50, les animaux des groupes Témoin et Essai 1 ont reçu un aliment croissance biologique sans crépitude, ceux du groupe Essai 2 un aliment croissance contenant **3 % de crépitudes** séchées à 90% de matière sèche.
- ✓ A partir de J50 les animaux ont été regroupés, avec accès à un parcours et ont reçu un aliment croissance de J50 à J57, puis **finition** de J57 à l'abattage **sans crépitudes**.

Les crépitudes séchées ont été substituées à du tourteau de soja et du blé de façon à obtenir des taux de protéine identiques pour les aliments Témoin et Essai, en démarrage et en croissance.

Les formules détaillées sont reportées en **Annexe 5**.

A J87, 20 animaux par groupe ont été abattus et utilisés pour des tests de profil sensoriel.

Les performances des animaux sont reportées dans le **Tableau 13**.

Tableau 13 : Performances des animaux

	Témoin	Essai 1	Essai 2
Nombre	69	69	69
Poids J29 (g)	374 ± 82	531 ± 62	552 ± 79
Aliment J1/29 (g/animal)	566	794	847
Indice de consommation J1/J29	1.691	1.613	1.652
Poids J50 (g)	815 ± 173	1063 ± 146	1242 ± 169
Aliment J29/50 (g/animal)	1037	1329	1531
Indice de consommation J29/J50	2.354	2.500	2.217
Poids J57 (g)	967 ± 189	1225 ± 171	1427 ± 203
Poids J85 (g)	2070 ± 298	2394 ± 255	2502 ± 286
Aliment J57/85 (g/animal)	3620		
Indice de consommation J57/85	3.272		



Les résultats zootechniques confirment la haute valeur biologique de la farine de crépidule séchée, avec une amélioration très nette des performances.

Sur 20 carcasses représentatives de chaque groupe, **6 séances ont été organisées afin de réaliser des profils sensoriels sur cuisse et sur filet**, après cuisson à la rôtière. Le détail du protocole de préparation des analyses sensorielles figure en **Annexe 6**.

Les résultats de profil sont reportés dans les **Tableaux 14 et 15**, pour les filets et les cuisses respectivement.

Tableau 14 : Profil sensoriel des filets

	Témoin	Essai 1	Essai 2	Signification
Alimentation		Crépidule en démarrage	Crépidule en démarrage et croissance	
Odeur globale	4.21±1.01	3.92±0.94	4.10±1.04	NS
Odeur poulet	3.26±1.12	2.90±0.96	2.90±1.07	NS
Odeur anormale	0.96±1.07	1.13±1.35	1.14±1.22	NS
Tendreté	4.29±1.16	4.39±1.26	4.27±1.23	NS
Jutosité	2.35±1.33	2.65±1.34	2.80±1.24	NS
Collant	1.82±1.45	1.67±1.26	1.75±1.51	NS
Flaveur globale	3.71±1.02	3.63±0.97	3.65±1.01	NS
Flaveur poulet	2.80±1.21	2.58±0.99	2.55±1.07	NS
Flaveur anormale	1.00±0.80	1.26±1.12	1.25±1.04	NS

Tableau 15 : Profil sensoriel des cuisses

	Témoin	Essai 1	Essai 2	Signification
Alimentation		Crépidule en démarrage	Crépidule en démarrage et croissance	
Odeur globale	4.00±1.08	4.28±0.98	4.16±0.96	NS
Odeur poulet	2.62±1.10	2.86±1.13	2.77±1.09	NS
Odeur anormale	1.56±1.48	1.50±1.55	1.52±1.52	NS
Tendreté	3.57±1.07	3.77±1.21	3.50±1.20	NS
Jutosité	2.18±1.37	2.21±1.27	2.19±1.07	NS
Sensation grasse	2.14±1.06	2.12±1.28	1.98±1.01	NS
Flaveur globale	4.02±1.02	3.97±0.93	3.91±0.95	NS
Flaveur poulet	2.61±1.07	2.83±1.07	2.85±0.98	NS
Flaveur anormale	1.57±1.53	1.34±1.26	1.08±1.19	NS

Lors des 6 séances de profil, **aucune différence significative n'a été observée entre les trois lots, pour les filets et les cuisses, pour les critères évalués**. De plus, les commentaires des jurés lors des séances n'ont pas fait ressortir de flaveur anormale (de type poisson par exemple).



Ces résultats montrent que **le recours à des produits animaux d'origine marine – et notamment à de la crépidule - sur les périodes de démarrage des animaux (besoin en protéine élevé) :**

- **Peut contribuer à réduire le recours au tourteau de Soja et/ou à obtenir de bonnes performances.**
- **N'a pas d'effet significatif sur la qualité organoleptique de la viande**

3.3 Essai Insectes

Bien que non encore autorisées, les farines d'insecte représentent un sujet d'intérêt pour toute la filière. Les essais de digestibilité ont montré la variabilité de cette matière première.

Dans le cadre d'un essai complémentaire, il a été décidé de tester l'effet d'une **incorporation en démarrage de 5% de farine d'insectes (Hermetia illuscens) délipidée et à teneur élevée en protéine (62% de la matière sèche)** sur les performances de poulets.

Un essai a été conduit au printemps 2015. 200 poussins mâles JA657 de un jour ont été répartis en 2 groupes : Témoin et Essai.

- ✓ De J1 à J29, les animaux du groupe Témoin ont reçu un aliment démarrage biologique sans farine d'insecte, ceux du groupe Essai un aliment démarrage contenant 5% de farine d'insecte.
- ✓ Tous les animaux ont été ensuite élevés ensemble, avec un aliment croissance de J29 à J57 et finition de J57 à J85.

La farine d'insecte a été substituée à du tourteau de soja et du blé de façon à obtenir des taux de protéine pour les aliments démarrage des groupes Témoin et Essai ; les formules sont reportées en **Annexe 7**.

Les performances des animaux sont reportées dans le **Tableau 16**.

Tableau 16 : Performances des animaux

	Témoin	Essai
Nombre	100	100
Poids J29 (g)	564 ± 55	564 ± 63
Aliment J1/29 (g/animal)	918	962
Indice de consommation J1/J29	1.733	1.827
Poids J57 (g)	1580 ± 174	1558 ± 150
Poids J85 (g)	2739 ± 248	2665 ± 210
Aliment J29/57 (g/animal)	2672	
Indice de consommation J29/J57	2.652	
Aliment J57/85 (g/animal)	4068	
Indice de consommation J57/J85	3.581	

Des essais « insecte » restent à reproduire afin de vérifier s'il existe des différences significatives ou non entre lots.



CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, le tourteau de soja reste la source de protéine de référence pour l'alimentation des volailles en production biologique.

Ces travaux ont montré une **variabilité importante de la composition et de la digestibilité des tourteaux** de soja et de tournesol, ainsi que des écarts importants avec les données des tables d'alimentation (matières premières conventionnelles).

Les **concentrés protéiques (Luzerne et Riz)** actuellement disponibles ne peuvent se substituer au tourteau de soja que partiellement.

Les **protéagineux** ont des caractéristiques équivalentes à celles des matières premières conventionnelles, leur digestibilité et leur profil en acides aminés limitent leur incorporation.

Parmi les autres matières premières étudiées,

- **Le tourteau de Colza** peut présenter un intérêt mais est peu disponible
- Pour les **autres tourteaux**, seul le **chanvre** présente une digestibilité intéressante et semble bien toléré par les animaux. Pour le lin, son utilisation nécessite un chauffage préalable.

La **technologie** peut permettre d'améliorer la qualité nutritionnelle des matières premières, et permettre d'en accroître les taux dans les formules volailles.

Les **fourrages** sont généralement consommés par les animaux sur les parcours. Ces travaux ont montré qu'ils peuvent représenter un complément alimentaire non négligeable, mais leur qualité et leur disponibilité au cours du temps limitent leur intérêt nutritionnel.

Les **protéines animales** peuvent représenter des alternatives très intéressantes au tourteau de soja, sous réserve de leur acceptabilité par la société. Pour les insectes, des travaux complémentaires sont nécessaires pour connaître leur profil en acides aminés et leur variabilité.

Une **bonne utilisation des associations de matières premières** peut permettre de limiter le tourteau de soja, mais elle nécessite des informations complémentaires sur la composition et la qualité de ces matières premières.



ANNEXE 1 :

Protocole d'essai de digestibilité sur poulet

Essai réalisé pour : AVIALIM

Auteurs : Hervé JUIN
INRA Le Magneraud,
BP 52
17 700 SURGERES, FRANCE

Site d'essai : INRA Le Magneraud,
BP 52
17 700 SURGERES, FRANCE

Référence INRA	12/HD3/PD/0109	Série 1
	12/HD3/PD/0137	Série 2
	14/HD3/PD/0150	Série 3

Descriptif :

Nombre de traitements	Sol : 1 parquet de 200 animaux
	Cages : 12 (10 animaux par traitement en cages individuelles)
Dates de l'essai :	J1 : Arrivée des poussins J39 : Fin de l'essai

Animaux :

Souches :	JA 657 mâles
Fournisseur	Couvoir Boyé
Vaccinations :	B.I + Paracox 5. au couvoir

Aliments :

Site de fabrication :	INRA Magneraud
Formulation :	Voir annexe
Présentation :	Voir description
Anticoccidien	Non



Distribution : Aliment : A volonté

Eau : A volonté

L'aliment démarrage est l'aliment démarrage Bio utilisé sur la plateforme Alteravi.

Echantillons :

Aliments Conservation d'un échantillon de 500 g par traitement à +4°C.
Pour chaque aliment des traitements, 2 échantillons de 125g non broyés (échantillon MSdeb et MSfin), 1 échantillon de 125g broyé au Recht (échantillon Labo) sont destinés au laboratoire de chimie

Fientes Les fientes sont pesées avant et après lyophilisation. Après lyophilisation, les fientes sont broyées.

Condition d'élevage des poulets :

Litière : copeaux de bois dépoussiéré

Température :

	T au sol	T d'ambiance
J 1 à J 8	34° dans le cercle	28°
J 9 à J 15	36° à l'aplomb de l'éleveuse	28°
J 15 à J 21		25°
J 22 à J 28		22°
J 29 à J 35		18°

Baisser les thermostats en fonction de la T° extérieure et du comportement des animaux pour atteindre 18° à J 35

Programme lumineux :

- Au sol :

Age	durée d'éclairage artificiel
J 1	24h00
J 2	24h00
J 3	24h00
J 4	23h00
J 7	22h00
J 8	21h00
J 9	20h00
J 10	19h00
J 11	18h00

- A partir de J11 et en cages : 18h lumière, 6h d'obscurité

Accès au parcours : non



Déroulement de l'expérience :

		Opérations
Sol J1 à J35	J1	Mise en place et identification des animaux. Vaccination Paracox5
	J31	Distribution aliment Démarrage A jusqu'à la mise en cage. Matin : Pesée individuelle des animaux. Saisie des données et constitution des lots (en fonction du plan d'expérience) centrés sur la moyenne du groupe.
Prélèvement de 1 échantillon de 500g d'aliment démarrage. Préparation des boîtes (mangeoires) d'aliment selon le plan d'expérience. Prélèvement de 3 échantillons de 125 g (MSDeb, MSFin et Labo) et 1 échantillon de 500g d'aliment par régime. Pesée des boîtes et envoi au laboratoire de l'échantillon Labo pour chaque régime après broyage au Recht (grille 0.5 mm à 18000 tours/mn).		
Cage HD3	J31	Après-midi : mise en cages selon le plan d'expérience Distribution des régimes expérimentaux (boîtes d'aliment préalablement pesées).
	J35	Contrôle de la consommation d'aliment en accoutumance 16h00 Mise à jeun
	J36	9h : Pesée individuelle des animaux et des refus. Mise en place des plateaux de collecte. Collecte des fientes à J37, J38 et J39et stockage des fientes au congélateur.
	J38	16h00 Mise à jeun
	J39	9h : Pesée individuelle des animaux et des refus.
Laboratoire		Contrôle de la consommation d'eau par cage pendant le bilan. Pour chaque aliment et chaque matière première, détermination de la matière sèche (étuve, 4 h à 103 °C), de l'énergie brute (3 répétitions par échantillon) de l'azote (méthode Kjehldal) et du P. Pour certaines matières premières il pourra être fait également la matière grasse. Pour chaque barquette de fientes, lyophilisation et broyage au Recht (grille 0.5 mm à 18000 tours/mn), détermination de l'énergie brute, de l'azote total et Terptsra.



Composition des régimes expérimentaux :

Le taux d'incorporation de la matière première à tester dépend de sa teneur en MAT et des informations disponibles sur son appétence chez le poulet. L'objectif est d'éviter les aliments carencés ou fortement excédentaires en protéine.

Composition des aliments

Régime	Régime matière à tester	Régime Base
Base	62 à 86.5 %	97,2
MP à tester	5 à 35 %	
Carbonate	0,6	0,6
Phosphate	1,4	1,4
Sel	0,3	0,3
Prémix	0,5	0,5

Dispositif expérimental (série 1)

Cage	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110
Régime	R3	R12	R11	R6	R4	R5	R8	R10	R9	R2
Régime	R7	R1	R3	R9	R5	R12	R11	R10	R6	R8
Cage	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210

Cage	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110
Régime	R7	R2	R1	R4	R8	R6	R12	R5	R4	R10
Régime	R3	R1	R7	R2	R11	R9	R2	R11	R3	R12
Cage	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210

Cage	3101	3102	3103	3104	3105	3106	3107	3108	3109	3110
Régime	R10	R1	R7	R5	R6	R9	R4	R8	R1	R4
Régime	R9	R2	R5	R11	R7	R3	R8	R6	R10	R12
Cage	3201	3202	3203	3204	3205	3206	3207	3208	3209	3210

Cage	3301	3302	3303	3304	3305	3306	3307	3308	3309	3310
Régime	R6	R5	R12	R1	R11	R7	R4	R10	R3	R8
Régime	R2	R9	R8	R6	R2	R3	R11	R1	R7	R4
Cage	3401	3402	3403	3404	3405	3406	3407	3408	3409	3410

Cage	4101	4102	4103	4104	4105	4106	4107	4108	4109	4110
Régime	R5	R10	R9	R12	R7	R10	R1	R6	R4	R5
Régime	R11	R8	R12	R2	R3	R9	R8	R2	R10	R1
Cage	4201	4202	4203	4204	4205	4206	4207	4208	4209	4210

Cage	4301	4302	4303	4304	4305	4306	4307	4308	4309	4310
Régime	R6	R4	R11	R9	R3	R5	R7	R12	R8	R11
Régime	R4	R6	R3	R2	R1	R5	R9	R7	R12	R10
Cage	4401	4402	4403	4404	4405	4406	4407	4408	4409	4410

Dispositif expérimental (série 2)

Cage	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110
Régime	R7	R12	R4	R10	R5	R3	R2	R8	R6	R1
Régime	R11	R9	R9	R1	R8	R11	R10	R5	R3	R2
Cage	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210

Cage	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110
Régime	R6	R7	R4	R12	R12	R3	R10	R6	R1	R9
Régime	R7	R4	R11	R2	R8	R5	R7	R6	R2	R1
Cage	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210

Cage	3101	3102	3103	3104	3105	3106	3107	3108	3109	3110
Régime	R11	R8	R4	R12	R5	R3	R9	R10	R10	R9
Régime	R4	R7	R5	R11	R6	R2	R1	R3	R12	R8
Cage	3201	3202	3203	3204	3205	3206	3207	3208	3209	3210

Cage	3301	3302	3303	3304	3305	3306	3307	3308	3309	3310
Régime	R5	R2	R3	R7	R9	R1	R4	R12	R8	R11
Régime	R10	R6	R2	R6	R7	R12	R1	R10	R9	R8
Cage	3401	3402	3403	3404	3405	3406	3407	3408	3409	3410

Cage	4101	4102	4103	4104	4105	4106	4107	4108	4109	4110
Régime	R4	R3	R11	R5	R12	R1	R4	R10	R8	R3
Régime	R9	R5	R2	R7	R6	R11	R6	R7	R8	R1
Cage	4201	4202	4203	4204	4205	4206	4207	4208	4209	4210

Cage	4301	4302	4303	4304	4305	4306	4307	4308	4309	4310
Régime	R9	R4	R5	R12	R3	R2	R11	R10	R11	R10
Régime	R6	R7	R1	R4	R5	R8	R2	R9	R12	R3
Cage	4401	4402	4403	4404	4405	4406	4407	4408	4409	4410

Dispositif expérimental (série 3)

Cage	3101	3102	3103	3104	3105	3106	3107	3108	3109	3110
Régime	B8	B9	B10	B6	B12	B7	B11	B5	B8	B6
Régime	B5	B11	B12	B9	B10	B7	B6	B8	B10	B7
Cage	3201	3202	3203	3204	3205	3206	3207	3208	3209	3210

Cage	3301	3302	3303	3304	3305	3306	3307	3308	3309	3310
Régime	B5	B9	B12	B11	B10	B12	B8	B5	B11	B6
Régime	B9	B7	B8	B9	B5	B11	B12	B7	B6	B10
Cage	3401	3402	3403	3404	3405	3406	3407	3408	3409	3410

Cage	4101	4102	4103	4104	4105	4106	4107	4108	4109	4110
Régime	B8	B12	B6	B9	B11	B5	B7	B10	B5	B12
Régime	B7	B10	B11	B9	B8	B6	B8	B5	B7	B11
Cage	4201	4202	4203	4204	4205	4206	4207	4208	4209	4210

Cage	4301	4302	4303	4304	4305	4306	4307	4308	4309	4310
Régime	B9	B6	B12	B10	B7	B11	B12	B10	B5	B6
Régime	B9	B8	B11	B10	B6	B12	B7	B9	B5	B8
Cage	4401	4402	4403	4404	4405	4406	4407	4408	4409	4410



ANNEXE 2 :

Protocole d'essai de digestibilité sur coqs

Essai réalisé pour : AVIALIM

Auteurs : Hervé JUIN
INRA Le Magneraud,
BP 52
17 700 SURGERES, FRANCE

Site d'essai : INRA Le Magneraud,
BP 52
17 700 SURGERES, FRANCE

Référence INRA	12/HD2/CD/0108	Série 1
	12/HD2/CD/0123	Série 1
	12/HD2/CD/0143	Série 2
	15/HD2/CD/0106	Série 3



PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Nombre de traitements : 8 animaux par traitement

Dates de l'essai : Mesures de digestibilité

Animaux :

Souche des coqs : Mâles Isabrown

Couvoir : Couvoir SFPA

Elevage L'éclairage est de 16 heures de lumière suivies de 8 heures d'obscurité.

Aliments :

Site de fabrication : INRA Magneraud

Formulation : Voir annexe

Présentation : Granulé

Distribution : Aliment : A volonté

Eau : A volonté

Echantillons :

2 échantillons par régime : un de 500 g pour conservation à +4°C au Magneraud, un de 500g pour le fournisseur.

Régimes :

1 échantillon de 500 g par régime pour conservation à +4°C au Magneraud



Déroulement de l'expérience :

		Opérations
	Jeudi	15h00 : Mise à jeun
	Vendredi	15 h00 : début accoutumance
Préparation des boîtes (mangeoires) d'aliment selon le plan d'expérience. Prélèvement de 3 échantillons (MSDeb, MSEB et MSFin) de 125 g d'aliment et 1 échantillon de 125g par matière première pour chaque régime. Pesée des boîtes et envoi au laboratoire des échantillons "MSDeb", en sachet fermé pour détermination de la matière sèche début, et "MSEB" après broyage au Recht (grille 0.5 mm à 18000 tours/mn).		
	Lundi	9h00 : Mise à jeun des animaux.
	Mardi	9h00 : Distribution des mangeoires d'aliment expérimental, préalablement pesées.
	Mercredi	9h00 : Collecte individuelle des fientes dans les barquettes identifiées et préalablement tarées. Stockage des barquettes à -18°C.
	Jeudi	9h00 : Collecte individuelle des fientes dans les barquettes et stockage des barquettes à -18°C. 15h00 : Mise à jeun des animaux.
	Vendredi	15h00 : Collecte individuelle des fientes dans les barquettes et stockage à -18°C. Pesée des refus d'aliment. Envoi au laboratoire de l'échantillon "MSFin", en sachet fermé pour détermination de la matière sèche fin. Fin de la période expérimentale. Pesée des barquettes de fientes avant congélation.
Laboratoire		Lyophilisation des barquettes de fientes, pesée et broyage au Recht (grille 0.5 mm à 18000 tours/mn). Pour chaque aliment (échantillon MSEB) détermination de la matière sèche (étuve, 4 h à 103 °C), de l'énergie brute (3 répétitions par échantillon) et l'Azote. Pour chaque barquette de fientes broyées, détermination de l'énergie brute (1 répétition) et de l'azote fécal et de l'azote Terpstra (uniquement sur les aliments R1 à R8).

ANNEXE 3 :

Mesures de digestibilité - Matières premières et composition des aliments expérimentaux

Les aliments testés sur coqs et sur poulet ont été les mêmes pour chaque matière première. La composition de la base a été la même pour chaque série de mesures. Cependant les lots de matières premières étant différents d'une série à l'autre, une mesure de digestibilité a été réalisée à chaque série pour la base

Composition du régime Base :

Matière première	% d'incorporation
Blé bio	36,00
Mais bio	36,00
T Soja Bio	22,20
Huile Bio	3,00
Carbonate	0,60
Phosphate bicalc	1,40
Sel	0,30
CMV Bio	0,50

Valeurs nutritionnelles calculées (par Kg aliment) :

Matière Sèche (%)	88,04
Energie métabolisable (Kcal par kg)	2929
Protéines Brutes (%)	17,82
Lysine (%)	0,86
Méthionine + Cystine (%)	0,62
Thréonine (%)	0,67
Tryptophane (%)	0,22
Calcium (%)	0,84
P disponible (%)	0,43

Composition de la base :

Matière première	% d'incorporation
Blé bio	37,04
Mais bio	37,04
T Soja Bio	22,84
Huile Bio	3,09



Composition des régimes expérimentaux :

Le taux d'incorporation de la matière première à tester dépend de sa teneur en MAT et des informations disponibles sur son appétence chez le poulet. L'objectif est d'éviter les aliments carencés ou fortement excédentaires en protéine.

Composition des aliments

Régime	Régime matière à tester	Régime Base
Base	62 à 86.5 %	97,2
MP à tester	5 à 35 %	
Carbonate	0,6	0,6
Phosphate	1,4	1,4
Sel	0,3	0,3
Prémix	0,5	0,5

Description des traitements expérimentaux :

Matière première testée		Taux d'incorporation	Série
Tourteau de soja français	MP1	35	1
Tourteaux de tournesol 1	MP2	30	1
Ortie plante entière	MP3	30	1
Concentré protéique de Luzerne Extrabio	MP4	15	1
Concentré protéique de riz	MP5	30	1
Tourteau de colza	MP6	30	1
Tourteau de lin	MP7	20	1
Tourteau de tournesol	MP8	30	1
Tourteau de chanvre	MP9	20	1
Lactosérum	MP10	10	1
Tourteau de soja 2	MP11	35	1
Graines cuites Blé	MP12	12	2
Alfa +	MP13	15	2
Ortie +	MP14	15	2
Tourteau de sésame	MP15	20	2
Tourteau de cameline	MP16	20	2
Graines déshydratées orge	MP17	12	2
Tourteau Tournesol oléique	MP18	30	2
Graines déshydratées blé	MP19	12	2
Crépidule	MP20	10	2
Larves d'insectes 1	MP21	10	2
Tourteau soja	MP22	35	2
Larves d'insectes 2	MP23	10	3
Tourteau Tournesol High Pro	MP24	30	3
Concentré protéique de Luzerne	MP26	15	3



ANNEXE 4

Protocoles d'essai en claustration (ou essais « parquets ») et résultats des analyses statistiques

Essai réalisé pour : AVIALIM

Auteurs : Hervé JUIN

INRA Le Magneraud,
BP 52
17 700 SURGERES,
FRANCE

Responsable : Hervé JUIN

Site d'essai : INRA Le Magneraud,
BP 52
17 700 SURGERES, FRANCE

Références INRA 12/PN/PS/0122
13/TQ/PS/0109

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Nombre de traitements : 15
Nombre de répétitions par traitement : 3 de 25 animaux
Durée de l'essai : 8 semaines
Périodes expérimentales : 2 : J1/J29, J29/J57



Matériel et méthode

Animaux :

Souche : S 757 N mâles
 Fournisseur : Couvoir BOYE, St Hilaire de Loulay, France
 Vaccinations : BI et coccidiose au couvoir
 Transport : INRA, par boîtes de 100

Aliments :

Fabrication : INRA Magneraud
 Formulation : INRA (voir annexe)
 Présentation : Granulé
 Supplémentations : Aucune
 Distribution : Aliment : Ad libitum
 Eau : Ad libitum

Dispositif expérimental :

Le bâtiment est nettoyé, désinfecté et un vide sanitaire de 6 semaines est réalisé avant la mise en place des animaux.

Enregistrements

Calendrier :

Arrivée des poussins (J1)
 Fin de l'essai (J57)

		Opérations
Période 1 J1-29	J1	Réception des animaux. Bagueage à l'aile au cours de la deuxième semaine.
	J29	Pesée individuelle. Contrôle de la consommation par parquet. Distribution des aliments Démarrage.
Période 2 J 29 – 57	J57	Pesée individuelle. Contrôle de la consommation par parquet. Distribution des aliments Croissance expérimentaux.
J58	J58	Enlèvement des animaux

Les animaux sont pesés sans mise à jeun.

A J1, le poids de chaque parquet est enregistré (équilibre).

Par parquet l'indice de consommation est calculé de la façon suivante : aliment consommé / (poids fin – poids début de période + poids des morts).

La mortalité est enregistrée chaque jour, les animaux morts ou éliminés étant autopsiés pour déterminer les causes. Jusqu'à J15, les animaux morts sont remplacés afin de maintenir un nombre constant dans chaque parquet (les animaux morts ou remplacés sont pesés).

**Echantillons :**

Pour chaque aliment et chaque période, 3 échantillons sont prélevés : un échantillon (500g) (250g) est broyé et envoyé au laboratoire (MS, EB et MAT), deux échantillons (500g) sont conservés au Magneraud à +4°C.

Traitement des données

Les données sont enregistrées sur document papier, puis saisies sur tableur (excel). Les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel Minitab, sur les données individuelles pour les poids vifs et les gains de poids, et les données des parquets pour le poids moyen, la consommation d'aliment et l'indice de consommation. Pour chaque critère, une analyse de variance suivie d'un test de Tukey de comparaison de moyennes est réalisée, au seuil de signification de 5%.

Case	Traitement	Bloc	Couloir	Bloc	Traitement	Case
24	Blanc				R4	25
23	R12				R7	26
22	R2				R8	27
21	R1				R9	28
20	R3				R10	29
19	R6				R14	30
18	R13				R5	31
17	R11				R15	32
16	R2				R14	33
15	R15				R7	34
14	R12				R13	35
13	R4				R3	36
12	R7				R9	37
11	R8				R6	38
10	R10				R12	39
9	R1				R15	40
8	R11				R8	41
7	R14				R10	42
6	R13				R2	43
5	R6				R5	44
4	R9				R1	45
3	R3				R11	46
2	R5				R4	47
1	Blanc					Blanc
			Entrée			
			SAS			

Case	Traitement	Bloc	Couloir	Bloc	Traitement	Case
24	Blanc				R12	25
23	R13				R1	26
22	R5				R2	27
21	R7				R6	28
20	R3				R8	29
19	R10				R14	30
18	R15				R11	31
17	R4				R9	32
16	R2				R5	33
15	R9				R1	34
14	R13				R4	35
13	R8				R6	36
12	R14				R8	37
11	R10				R13	38
10	R4				R15	39
9	R12				R14	40
8	R3				R9	41
7	R11				R12	42
6	R7				R2	43
5	R6				R3	44
4	R15				R7	45
3	R5				R11	46
2	R1				R10	47
1	Blanc				Blanc	48
			Entrée			
			SAS			

ESSAI 1 :

Composition des aliments

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Blé/Mais	68,7	68,7	68,5	65,61	67,13	64,2	68	67,47
Soja 1	27,7		15,4	20,8	14,1	15,7	12,1	17,4
Soja 2		27,7						
Tournesol					10	10	5	5
Colza			8,57				6,83	5
CP Luzerne					6		5	
CP Riz			4			6,5		1,59
Ortie								
Lactosérum								
T Chanvre				10				
Carbonate	1,5	1,5	1,47	1,45	1,24	1,5	1,23	1,47
Phosphate	1,3	1,3	1,26	1,34	0,73	1,3	1,04	1,27
Sel	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Prémix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
Blé/Mais	66,8	63,7	72,74	70,7	70,5	72,9	63,7
Soja 1	17,1	27,75	14,5	21,1	15,83	19,37	27,75
Soja 2							
Tournesol							
Colza							
CP Luzerne			10	5			
CP Riz	6				10	4,08	
Ortie	7,23	5,7					
Lactosérum							5,7
T Chanvre							
Carbonate	1,29	1,28	1,23	1,28	1,57	1,55	1,28
Phosphate	0,78	0,77	0,73	1,12	1,3	1,3	0,77
Sel	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Prémix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100	100	100	100	100



Caractéristiques des aliments

Trait	Description	Matière sèche (%)	Energie Brute (Kcal /Kg MS)	MAT (% sur sec)
R1	Témoin Soja	91,98	4355	20,31
R2	T Soja 2	92,71	4360	21,62
R3	T Colza	91,89	4385	19,25
R4	T Chanvre	91,80	4399	20,21
R5	T Tournesol / C Luzerne	92,54	4363	18,95
R6	T Tournesol /C Riz	92,62	4334	19,64
R7	T Colza /C Luzerne	91,98	4410	19,00
R8	T Tournesol /Colza / C Riz	92,45	4354	18,76
R9	C Riz / Ortie	92,48	4350	19,03
R10	Ortie	92,41	4374	20,85
R11	C Luzerne 10%	92,27	4467	20,43
R12	C Luzerne 5%	92,33	4407	20,15
R13	C Riz 10 %	92,54	4379	19,87
R14	C Riz 4 %	92,26	4360	19,13
R15	Lactosérum	92,47	4367	20,41



Teneur en MAT des régimes sur produit brut

Trait		MAT calculée	MAT mesurée
R1	Témoin Soja	18,35	18,68
R2	T Soja 2	18,35	20,04
R3	T Colza	17,07	17,69
R4	T Chanvre	17,5	18,55
R5	T Tournesol / C Luzerne	17,39	17,54
R6	T Tournesol /C Riz	17,9	18,19
R7	T Colza /C Luzerne	16,8	17,48
R8	T Tournesol /Colza / C Riz	16,89	17,34
R9	C Riz / Ortie	17,47	17,60
R10	Ortie	18,82	19,27
R11	C Luzerne 10%	17,82	18,85
R12	C Luzerne 5%	18,09	18,60
R13	C Riz 10 %	17,96	18,39
R14	C Riz 4 %	16,98	17,65
R15	Lactosérum	18,45	18,87



ESSAI 1 : Analyse statistique (Comparaison des moyennes deux à deux)

Poids J57

Trait	Description	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
R1	Témoin Soja														
R2	T Soja 2	NS													
R3	T Colza	NS	NS												
R4	T Chanvre	NS	NS	NS											
R5	T Tournesol / C Luzerne	***	***	***	***										
R6	T Tournesol /C Riz	NS	NS	NS	NS	*									
R7	T Colza /C Luzerne	**	*	**	**	**	NS								
R8	Tournesol /Colza / Riz	NS	NS	NS	NS	**	NS	*							
R9	C Riz / Ortie	*	NS	NS	*	**	NS	NS	NS						
R10	Ortie	NS	NS	NS	NS	***	NS	**	NS	*					
R11	C Luzerne 10%	***	***	***	***	**	**	***	***	**	***				
R12	C Luzerne 5%	NS	NS	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	***			
R13	C Riz 10 %	*	NS	*	*	**	NS	NS	NS	NS	*	***	NS		
R14	C Riz 4 %	NS	NS	NS	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	***	NS	*	
R15	Lactosérum	NS	NS	*	NS	***	*	**	*	*	NS	***	*	**	*

NS : Non significatif, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, *** : $P < 0.001$

IC 29/57

Trait	Description	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
R1	Témoin Soja														
R2	T Soja 2	NS													
R3	T Colza	NS	*												
R4	T Chanvre	NS	NS	NS											
R5	T Tournesol / C Luzerne	***	***	***	***										
R6	T Tournesol /C Riz	**	**	**	**	***									
R7	T Colza /C Luzerne	**	**	**	**	**	NS								
R8	Tournesol /Colza / Riz	***	**	**	*	***	*	*							
R9	C Riz / Ortie	**	**	**	**	**	NS	NS	*						
R10	Ortie	*	**	*	*	***	*	*	NS	**					
R11	C Luzerne 10%	***	***	***	**	NS	**	**	**	**	**				
R12	C Luzerne 5%	*	*	NS	NS	***	**	*	*	**	NS	**			
R13	C Riz 10 %	*	**	*	*	***	**	*	NS	**	NS	**	NS		
R14	C Riz 4 %	NS	*	NS	NS	*	**	**	**	**	*	***	NS	**	
R15	Lactosérum	NS	NS	**	*	***	**	***	***	***	**	***	**	***	***

NS : Non significatif, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, *** : $P < 0.001$

ESSAI 2

Composition des aliments

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Mais bio	34,35	35,50	35,30	33,15	33,85	35,50	32,80
Blé bio	34,35	35,50	35,30	33,15	33,85	35,50	32,80
T Soja Bio2	27,70	25,40	23,00	12,60	24,60	25,40	15,30
Blé cuit							
CP Luzerne							
T Chanvre				15,00			16,00
T Sésame							
T Tournesol							
Pois							
Féverole							
Crepidule			3,50	3,50			
T Cameline					4,50		
Ortie Bio							
Bétaine						0,10	
Carbonate	1,50	1,50	1,05	0,90	1,20	1,40	1,20
Phospate bicalc	1,30	1,30	1,05	0,90	1,20	1,30	1,10
Sel	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
CMVBIO	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
Mais bio	30,00	26,54	31,76	33,00	34,50	33,50	34,35	33,50
Blé bio	30,00	26,54	31,76	33,00	34,50	33,50	19,35	33,50
T Soja Bio2	6,85	5,35	25,00	12,12	20,00	13,13	27,70	16,00
Blé cuit							15,00	
CP Luzerne	4,50	4,00		4,00				
T Chanvre	7,00	10,00		15,00				4,90
T Sésame	4,00				8,00	17,00		
T Tournesol	9,00	10,00						4,00
Pois	6,00	10,00						
Féverole		5,00						
Crepidule								
T Cameline								
Ortie Bio			8,60					5,00
Bétaine								
Carbonate	0,98	0,98	1,10	1,10	1,18	1,10	1,50	1,20
Phospate bicalc	0,87	0,79	0,98	0,98	1,02	0,97	1,30	1,10
Sel	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
CMVBIO	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50



Caractéristiques des aliments

Trait	Description	Matière sèche (%)	Energie Brute (Kcal /Kg MS)	MAT (% sur sec)
R1	Témoin Soja	89,63	4 376	20,33
R2	Témoin Soja bas	89,41	4 365	19,59
R3	Crépidules	89,47	4 374	20,35
R4	T Chanvre + Crépidule	89,35	4 462	20,08
R5	T Cameline	89,43	4 429	20,39
R6	(R2) + Bétaine	89,51	4 385	19,50
R7	T Chanvre	89,19	4 475	19,73
R8	T Chanv, Sés, Tour, Poi	89,50	4 569	19,91
R9	CP Luz, T Cha, T Tour, Pois, Féverole	89,48	4 521	19,91
R10	Ortie	89,76	4 348	21,40
R11	CP Luzerne, T Chanvre	89,36	4 489	19,83
R12	T sésame	90,31	4 490	19,66
R13	T sésame	90,91	4 600	19,89
R14	Blé cuit	91,38	4 408	21,39
R15	T Chan, T Tourn, Ortie	89,83	4 400	18,69



Teneur en MAT des régimes sur produit brut

Trait		MAT calculée	MAT mesurée
R1	Témoin Soja	18.39	18,22
R2	Témoin Soja bas niveau	17.60	17,52
R3	Crépidules	18.18	18,21
R4	T Chanvre + Crépidules	18.64	17,94
R5	T Cameline	18.52	18,23
R6	Témoin Soja bas niveau (R2) + Bétaine	17.60	17,46
R7	T Chanvre	18.45	17,59
R8	T Chanvre, T sésame, T Tournesol, Pois	18.48	17,82
R9	CP Luzerne, T Chanvre, T Tournesol, Pois, Féverole	18.65	17,82
R10	Ortie	18.65	19,20
R11	CP Luzerne, T Chanvre	18.75	17,72
R12	T sésame	18.46	17,76
R13	T sésame	19.10	18,08
R14	Blé cuit	18.39	19,54
R15	T Chanvre, T Tournesol, Ortie	16.91	16,79

ESSAI 2 : Analyse statistique (Comparaison des moyennes deux à deux)

Poids J57

Trait	Description	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
R1	Témoin Soja														
R2	Témoin Soja bas	NS													
R3	Crépidules	NS	NS												
R4	T Chanvre + Crépidule	NS	NS	NS											
R5	T Cameline	NS	NS	NS	NS										
R6	(R2) + Bétaine	NS	NS	NS	NS	NS									
R7	T Chanvre	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
R8	T Chanv, Sés, Tour, Poi	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS							
R9	CP Luz, T Cha, T Tour, Pois, Féverole	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS						
R10	Ortie	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS					
R11	CP Luzerne, T Chanvre	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
R12	T sésame 7	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
R13	T sésame 13	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***		
R14	Blé cuit	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	***	
R15	T Chan, T Tourn, Ortie	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS

NS : Non significatif, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, *** : $P < 0.001$

IC 29/57

Trait	Description	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
R1	Témoin Soja														
R2	Témoin Soja bas	NS													
R3	Crépidules	NS	*												
R4	T Chanvre + Crépidule	NS	NS	*											
R5	T Cameline	NS	NS	NS	NS										
R6	(R2) + Bétaine	NS	NS	*	NS	NS									
R7	T Chanvre	*	**	**	NS	**	*								
R8	T Chanv, Sés, Tour, Poi	**	**	***	*	**	**	*							
R9	CP Luz, T Cha, T Tour, Pois, Féverole	**	**	***	**	**	**	*	NS						
R10	Ortie	**	**	***	NS	**	**	NS	*	*					
R11	CP Luzerne, T Chanvre	**	*	**	NS	**	**	NS	*	*	NS				
R12	T sésame	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	**	**	**	*			
R13	T sésame	***	***	***	**	***	***	***	**	**	***	***	***		
R14	Blé cuit	NS	*	NS	*	NS	*	***	***	***	***	***	*	***	
R15	T Chan, T Tourn, Ortie	***	***	***	**	***	***	**	*	*	**	**	***	NS	***

NS : Non significatif, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, *** : $P < 0.001$

ANNEXE 5

Essai complémentaire sur crépidule

1. Formules des aliments démarrage et croissance

Matière première	Démarrage 0%	Démarrage 5% crépidule	Croissance 0%	Croissance 3% crépidule
Blé	26,30	27,30	45,75	46,35
Son	8,00	8,00	9,40	9,40
Maïs	25,00	25,00	15,00	15,00
Tourteau de Soja	29,03	23,03	23,50	19,90
Tourteau de Tournesol	5,00	5,00	0	0
Conc Protéique Luzerne	0,00	0,00	1,80	1,80
Huile Soja	2,60	2,60	1,50	1,50
Crépidule	0	5,00	0	3,00
Sel	0,33	0,33	0,28	0,28
Carbonate	1,01	1,01	0,67	0,67
Phosphate bicalcique	1,71	1,71	1,10	1,10
Bicarbonate de Na	0,12	0,12	0,12	0,12
Bétaïne	0,10	0,10	0,10	0,10
PX 464 (Xylanase)	0,20	0,20	0,20	0,20
V914N (Prémix)	0,50	0,50	0,50	0,50
BioMin + ProOrganic	0,10	0,10	0,08	0,08
Total	100	100	100	100

2. Protocole de réalisation des tests sensoriels

2.1 MATERIEL ET METHODE

Les échantillons :

Les 50 carcasses ont été livrés au laboratoire d'analyse sensorielle (UE Elevage Alternatif et Santé des Monogastriques) le 19 septembre 2014, puis stockés à - 20°C en sachet sous vide avant dégustation.

Laboratoire :

Les séances ont été réalisées au laboratoire d'analyse sensorielle de l'INRA (Station du Magneraud – CS 40052 – 17700 Surgères) dans des conditions conformes à la norme AFNOR NF V 09 105 « Analyse sensorielle – Directives générales pour l'implantation de locaux destinés à l'analyse sensorielle »

- La température de la salle est stable : 20°C ± 2°C
- La dégustation est réalisée en cabines individuelles équipées de passe-plats.
- L'éclairage est de type naturel



Préparation des échantillons :

La préparation (décongélation, cuisson) des carcasses a été réalisée selon le protocole détaillé en **Annexe 6**.

2.2 SEANCES

Jury :

Les données ont été produites par un jury entraîné de 12 personnes, ayant effectué au minimum 2 séances d'entraînement.

Date des séances :

Type de séance	Nombre	Dates
Séances d'entraînement	3	6 et 13/01/15
Séances de profil T1/T2/T3	6	10/03/15 au 14/04/15

Conditions de dégustation :

Les lots à comparer ont été présentés à chaque séance à tous les jurés dans la même assiette (**annexe II**). Les températures en fin de cuisson sont contrôlées à l'aide d'une sonde de type K.

Les jurés sont invités à consommer de l'eau, du pain et/ou un morceau de pomme entre les échantillons. Pour chaque critère, la notation s'effectue sur une échelle continue bornée de 0 à 10 (**annexe III**).

Une séance de dégustation dure environ 1 heure.



2.3 CRITERES DE JUGEMENT

- Odeur globale: Intensité de l'odeur de l'échantillon.
- Odeur poulet : Intensité de l'odeur poulet de l'échantillon.
- Odeur anormale: Intensité des odeurs atypiques au produit.
- Tendreté : Facilité de rupture lors de la mastication.
- Jutosité : Quantité de jus libéré en bouche lors de la mastication.
- Collant : Difficulté éprouvée pour déplacer le filet dans la bouche car celui-ci provoque une adhérence.(critère utilisé uniquement pour la dégustation des filets)
- Sensation grasse: Intensité de la sensation de gras en bouche lors de la dégustation des cuisses. .(critère utilisé uniquement pour la dégustation des cuisses)
- Flaveur globale : Intensité de toutes les flaveurs confondues pouvant être décrites dans la partie commentaire. Le minimum de l'échelle correspond à l'absence de flaveur perçue.
- Flaveur anormale : Intensité des flaveurs atypiques au produit, comme une flaveur poisson, plastique...

2.4 TRAITEMENT DES DONNEES

Saisie des données avec le logiciel FIZZ. Traitements statistiques avec le logiciel Minitab.

Les données des séances de profil sont analysées par analyse de variance (test ANOVA – Tukey 5%).

Les effets lot, séances et les interactions lot/séance sont analysés selon la procédure GLM (modèle linéaire généralisé).

ANNEXE 6

Protocole de préparation (décongélation, cuisson) des carcasses pour les analyses sensorielles.

1. DECONGELATION :

Les carcasses au nombre de 2 par lot ont été sorties du congélateur et mises au réfrigérateur pour une décongélation lente de 48 heures à + 4/5°C, sans les retirer du sachet sous vide.

2. CUISSON LE JOUR DE LA SEANCE :

2.1. Préparation

Les carcasses ont été sorties du réfrigérateur, enlevées des sachets sous vide puis identifiées à l'aide des numéros métalliques.

2.2. Cuisson

La rôtière a été réglée sur 225°C.

Le temps de cuisson a été déterminé en fonction du poids.

La cuisson a été contrôlée avant dégustation (80°C).



3. DECOUPE D'UN FILET :



Chaque filet a été levé puis découpé en 3 morceaux avant d'être déposé dans chaque assiette chaude dans l'ordre des traitements définis par avance.



4. DECOUPE D'UNE CUISSE :



Chaque haut de cuisse a été désossé puis découpé en 3 morceaux avant d'être déposé dans chaque assiette chaude dans l'ordre des traitements définis par avance.



IDENTIFICATION DES CARCASSES ROTIES DEGUSTEES
LORS DES 6 SEANCES DE PROFIL
DES LOTS T1/T2/T3

Date	Lot T1		Lot T2		Lot T3	
	Bague	Poids	Bague	Poids	Bague	Poids
10/03/15	12431	1102	21237	1376	23971	1445
	12441	1111	21269	1377	23975	1465
17/03/15	12448	1131	21252	1414	23970	1501
	12456	1148	21210	1416	23986	1510
24/03/15	12410	1122	21257	1391	23968	1481
	12421	1125	21211	1405	23923	1500
31/03/15	12450	1177	21244	1424	23947	1533
	12429	1182	21249	1437	23941	1540
14/04/15	12402	1192	21202	1449	23949	1546
	12409	1207	21224	1450	23961	1560
21/04/15	12435	1207	21228	1451	23965	1572
	12452	1209	21225	1456	23944	1575

QUESTIONNAIRE

C.Q. N.O. PAGE

■

Votre code est:

PROTOCOLE POULET

Vous allez déguster des filets

Echantillon N°001

Od. globale

Od. poulet

Od. anormale

Tendreté

Jutosité

Collant

Fl. globale

Fl. poulet

Fl. anormale

Commentaires:

Echantillon N°002

Od. globale

Od. poulet

Od. anormale

Tendreté

Jutosité

Collant

Fl. globale

Fl. poulet

Fl. anormale

Commentaires:

Rapport INRA

Page 58

ANNEXE 7

Essai complémentaires sur farine d'insectes : composition des aliments démarrage testés

Composition des aliments démarrage (%)

Matière première (%)	Témoin	Essai
Blé (Bio ou C2)	26,30	28,17
Son	8,00	8,00
Maïs	25,00	25,00
Tourteau de Soja	29,03	22,16
Tourteau de Tournesol	5,00	5,00
Conc Protéique Luzerne	0,00	
Huile Soja	2,60	2,6
Poudre d'insectes	0	5
Sel	0,33	0,33
Carbonate	1,01	1,01
Phosphate bicalcique	1,71	1,71
Bicarbonate de Na	0,12	0,12
Bétaïne	0,10	0,10
PX 464 (Xylanase)	0,20	0,20
V914N (Prémix)	0,50	0,50
BioMin + ProOrganic (capteur de mycotoxine)	0,10	0,10
Total	100	100



Document téléchargeable sur : www.bio.paysdelaloire.chambagri.fr

Ce document a été réalisé dans le cadre du programme CASDAR Avialim Bio, piloté par la **Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire**, avec le concours financier du **Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire**.



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «développement agricole et rural»

Partenaires du projet AVIALIM Bio :

