Synthèse bibliographique :

Le passage à une alimentation 100% biologique en élevages avicoles biologiques : Quelles incertitudes ? Quelles pistes de solution ?

Réalisé dans le cadre des projets **MONALIM Bio** (financé par le Conseil Régional des Pays de la Loire)- et le **Casdar AVIALIM Bio** (financé par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt)

AviAlim Bio
Alimentation 100 % bio

Actualisation – Janvier 2013

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

TERRES d'AVENIR

Table des matières

Sigles et abréviations

Introduction ---------- 1

1. Rappels physiologiques ---------- 2
1.1. Les mécanismes de digestion et d'absorption intestinale chez les volailles -------- 2
1.1.1. La digestion et l'appareil digestif chez les volailles ---------- 2
1.1.2. L'absorption des produits de la digestion ---------- 3
1.1.3. La digestibilité des aliments ---------- 4
1.2. Le métabolisme énergétique ---------- 4
1.3. Le métabolisme protéique ---------- 5
1.3.1. Le rôle des acides aminés ---------- 5
1.3.2. Le métabolisme protéique ---------- 6
1.3.3. Notion d'acides aminés essentiels ---------- 7

2. Les besoins alimentaires du poulet, de la poulette et de la poule pondeuse -- 8

3. Les incertitudes vis-à-vis du passage à une alimentation 100% biologique pour les volailles ---------- 10
3.1. Un éventuel déséquilibre en acides aminés et/ou excès de protéines dans les rations ---------- 10
3.1.1. Incidences sur les performances zootechniques ---------- 10
a. Les effets directs ---------- 10
b. Les effets indirects ---------- 11
3.1.2. Incidences sur la qualité des produits ---------- 11
3.1.3. Incidences sur la santé et le bien-être ---------- 12
3.1.4. Incidences sur l'environnement ---------- 13
3.2. Les incidences économiques ---------- 13
3.3. Les incidences sur les assolements et la dépendance protéique de la France ----- 14

4. Les pistes de substitution ---------- 14
4.1. Les pistes citées mais non envisageables ---------- 15
4.2. Les pistes qui pourraient constituer une partie de la solution ---------- 16
4.3. Les matières premières riches en protéines ---------- 17
4.3.1. Le gluten de maïs et le concentré protéique de pommes de terre ---------- 19
4.3.2. Les tourteaux d'oléagineux biologiques ---------- 19
a. Le tourteau de soja ---------- 19
b. Le tourteau de tournesol ---------- 19
c. Le tourteau de colza ---------- 19
d. Le tourteau de chanvre ---------- 20
e. Le tourteau de lin ---------- 20

f. Le tourteau de sésame ---------- 20
g. Le tourteau de cameline ---------- 20
4.3.3. Les protéagineux à graines biologiques : Pois, Féverole et Lupin ---------- 21
4.3.4. Le concentré protéique de luzerne biologique ---------- 21
4.3.5. Le concentré protéique de riz biologique ---------- 21
4.3.6. L'ortie biologique ---------- 21
4.3.7. Les drèches de brasserie biologiques déshydratées ---------- 22
4.3.8. La levure de bière déshydratée ---------- 22
4.3.9. La spiruline (micro-algue) ---------- 22
4.3.10. Le lactosérum ---------- 22
4.3.11. Les ovo-produits ---------- 22
4.3.12. Les farines de poissons ---------- 22
4.3.13. Les macro-invertébrés ---------- 23
a. La farine de vers de terre ---------- 23
b. Les larves d'insectes ---------- 23
c. La chair de crépidules ---------- 23
d. La farine de moules ---------- 23

Conclusion ---------- 25

Bibliographie

Table des figures et des tableaux

Sigles et abréviations

AA : Acide Aminé
AAE : Acide Aminé Essentiel
AAS : Acide Aminé Soufré
AB : Agriculture Biologique
CAS DAR : Compte d'affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural
CDA : Chambre Départementale d'Agriculture
CEE : Communauté Economique Européenne
CP : Concentré Protéique
CPPT : Concentré Protéique de Pomme de Terre
CRA : Chambre Régionale d'Agriculture
CTA : Centre des Technologies Agronomiques
CUD : Coefficient d'Utilisation Digestive
da : digestibilité apparente
dE : digestibilité apparente de l'Energie
diléale : digestibilité iléale
dMS : digestibilité apparente de la Matière Sèche
dN : digestibilité apparente de l'azote
dr : digestibilité réelle
EASM : Elevage Alternatif et Santé des Monogastriques
EB : Energie Brute
ED : Energie Digestible
EM : Energie Métabolisable
EMA : Energie Métabolisable Apparente
EMAn : Energie Métabolisable Apparente à bilan azoté nul
EN : Energie Nette
ENE : Energie Nette d'entretien
ENP : Energie Nette de production
FAN : Facteurs Antinutritionnels
GMQ : Gain Moyen Quotidien
IC : Indice de Consommation
Kg : Kilogramme
Lys : Lysine
MAT : Matière Azotée Totale
MB : Matière Brute
Met : Méthionine
MG : Matière Grasse
MP : Matière Première
MPA : Marge Poussin - Aliment
MPRP : Matière Première Riche en Protéines
MS : Matière Sèche
PB : Protéine Brute
PdT : Pomme de Terre

Introduction

A partir du 1er janvier 2015, la réglementation européenne de l'agriculture biologique (CEE 889/2008-article 43) exige le passage à une alimentation 100% biologique en élevage monogastrique (initialement prévu au 1er janvier 2012). Cette obligation concerne les matières premières (MP) d'origine agricole utilisées dans les formules. En effet, actuellement une dérogation autorise que 5% de ces MP soient issus de l'agriculture conventionnelle (cette proportion était de 10% jusqu'au 1er janvier 2010). Ces 5% de MP conventionnelles sont dans la pratique constitués de MP riches en protéines (MPRP) comme le gluten de maïs et la protéine de pomme de terre (ANDi, 2010). Or ces MPRP ne sont pas disponibles en AB.

Le remplacement des 5% de MP conventionnelles par des MP biologiques va inévitablement entrainer une augmentation du coût des rations (de l'ordre de 8 à 15% selon une estimation ANDi, 2010). Sachant que le poste alimentation représente près de 80 % des charges opérationnelles d'un atelier avicole biologique, toute augmentation du coût des rations, minime soit-elle, est non négligeable. Cette augmentation touchera tous les maillons de la filière car 90% des volumes de production de volailles biologiques sont commercialisés via des groupements de producteurs intégrés dans des filières organisées longues (GUEMENE et Al., 2009). De plus, dans le cadre du passage à une alimentation 100% biologique, les besoins protéiques des volailles et plus précisément les besoins en acides aminés essentiels seront difficiles à couvrir. En agriculture conventionnelle, cette difficulté est surmontée par l'utilisation d'acides aminés de synthèse (JÖNSSON, 2009). Ceux-ci sont interdits en AB et l'une des solutions envisagée actuellement pour le passage à une alimentation 100% biologique est l'augmentation de la part de soja biologique (majoritairement importé) dans les rations (ANDi, 2010). Cela engendrerait un accroissement de la dépendance protéique de la France. Un des nouveaux défis de la filière sera de s'adapter à cette évolution réglementaire sans aggraver la perte de compétitivité des élevages français déjà amorcée (MAGDELAINE et RIFFARD, 2010) tout en privilégiant un approvisionnement local de MP.

Dans ce contexte et sous l'impulsion des acteurs de la filière avicole du grand Ouest, le pôle Bio des Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire et ses partenaires ont déposé un programme de recherche régional intitulé **MONALIM BIO** et un projet CASDAR (national) intitulé **AVIALIM BIO**. D'une durée de 3 ans, l'objectif commun de ces deux projets étant de proposer des solutions pour accompagner le passage à une alimentation 100% biologique en élevage avicole.

Les objectifs de ce travail, inscrit dans MONALIM BIO et le 1er volet d'AVIALIM BIO, étaient de réaliser une synthèse de la littérature sur (1) les incertitudes vis-à-vis du passage à une alimentation 100% biologique en élevages de poulets de chairs et de poules pondeuses biologiques et (2) d'identifier les pistes de solutions envisagées en caractérisant qualitativement les matières premières riches en protéines identifiées. Afin de mieux cerner la problématique du passage à une alimentation 100% biologique, une synthèse des principales notions de l'alimentation des volailles est tout d'abord effectuée.

1. Rappels physiologiques

1.1. Les mécanismes de digestion et d'absorption intestinale chez les volailles (d'après GADOUD et Al., 1992 sauf mention contraire)

Pour leur métabolisme, les cellules de l'organisme utilisent des nutriments apportés par l'alimentation et des métabolites issus de la mobilisation des réserves corporelles. La digestion des aliments et l'absorption des produits de la digestion sont indispensables pour transformer les aliments ingérés en nutriments assimilables par les volailles.

1.1.1. La digestion et l'appareil digestif chez les volailles

La digestion des volailles présente des différences notables avec celle d'autres espèces d'animaux d'élevage comme les bovins ou les porcs. Les principales étapes de la digestion du poulet (Cf. Figure 1) sont présentées chronologiquement ci-dessous en lien avec les particularités anatomiques de leur appareil digestif (Cf. Figure 2).

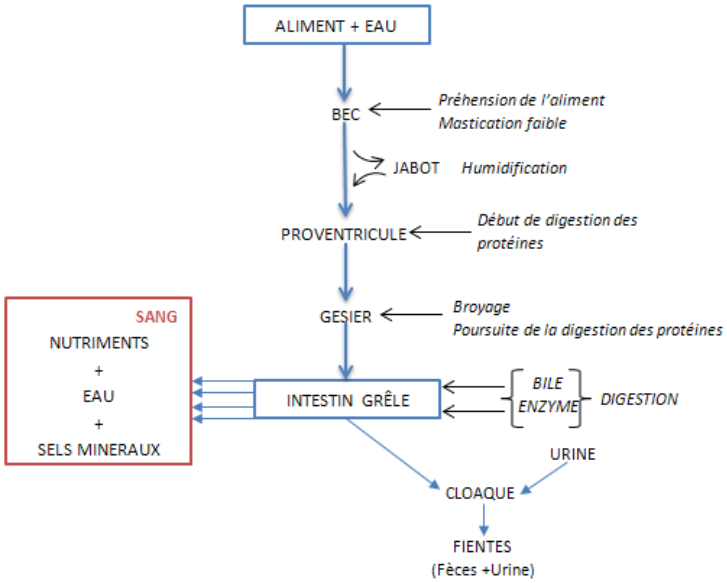


Figure 1 : Représentation schématique de la digestion chez le poulet (D'après SURDEAU et HENAFF, 1979 in GADOUD et Al., 1992)

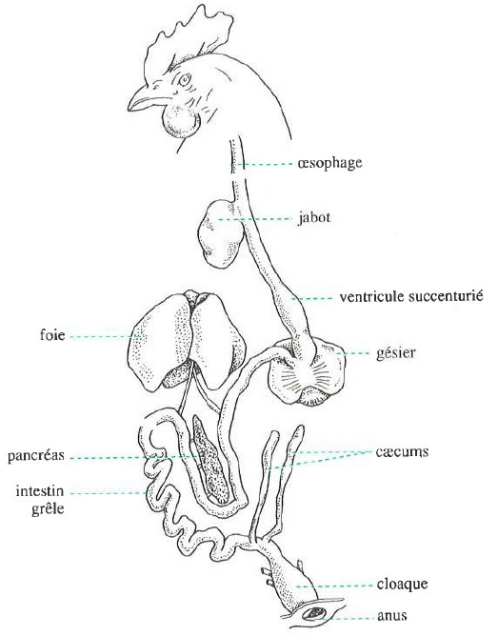


Figure 2 : L'appareil digestif du poulet

Pour commencer, la cavité buccale du poulet est dépourvue de dents et de lèvres. La préhension et une première fragmentation sommaire des aliments sont permises par leur bec corné. Dans la bouche, l'insalivation des aliments est faible (glandes salivaires peu développées chez le poulet). En l'absence de voile du palais et d'épiglotte, la déglutition des aliments est un phénomène exclusivement mécanique par redressement de leur tête. L'appareil digestif du poulet est muni d'un diverticule œsophagien dont l'épithélium est riche en mucus: le jabot. Celui-ci est plus ou moins impliqué dans la

digestion en fonction du mode l'alimentation (à volonté ou non). Cet organe assure le stockage des aliments qui s'y humectent (via le mucus sécrété) et participe au transit alimentaire.

L'estomac du poulet comprend deux poches distinctes: d'abord le ventricule succenturié qui a une activité chimique, puis le gésier qui a une activité mécanique. Le ventricule succenturié est un grand sécréteur d'acide chlorhydrique et de pepsinogènes précurseurs de la pepsine. Le pH acide du contenu de cet organe (environ 2,5) permet la dénaturation des protéines et l'activation des pepsinogènes en pepsine. Par conséquent, la protéolyse par les pepsines débute dans le ventricule succenturié (CREVIEU-GABRIEL, 1999). Le gésier quant à lui compose la seconde partie de l'estomac et a un pH compris entre 2 et 3,5. Il est le lieu principal de la protéolyse par les pepsines. De plus, celui-ci présente une activité mécanique importante en présence de grains intacts et de petits cailloux ingérés par les volailles. Cette activité est permise par la présence de muscles puissants entourant le gésier. Le temps moyen de séjour des aliments dans l'estomac est inférieur à une heure.

Les digestas arrivant dans l'intestin grêle subissent l'action de nombreuses enzymes (intestinales, pancréatiques et de la bile). L'intestin grêle est le siège préférentiel de la digestion chimique. Par la suite, contrairement aux mammifères, le gros intestin est peu développé chez les oiseaux (18 m de long chez un porc adulte et 1,6 m chez un poulet de 8 semaines) (CREVIEU-GABRIEL, 1999). Il se résume en deux caecums qui sont le siège de fermentations bactériennes. Pour finir, suite à un court rectum se trouve le cloaque qui est le carrefour des voies génitales, urinaires et intestinales.

1.1.2. L'absorption des produits de la digestion

L'absorption des produits de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées a lieu principalement dans l'intestin grêle via des cellules absorbantes que sont les cellules épithéliales de l'intestin grêle. A noter que le gros intestin est un lieu important d'absorption d'eau et de sels minéraux.

Zoom sur l'absorption des matières azotées: Les matières azotées digérées par les volailles sont essentiellement des protéines. Les produits de la digestion de ces protéines peuvent être absorbés dans l'intestin grêle sous forme d'acides aminés mais aussi sous forme d'oligopeptides. Par la suite, la majorité de ces peptides est hydrolysée en acides aminés par des enzymes cytoplasmiques de la cellule absorbante. Au final, seuls des acides aminés libres sont déversés dans le sang.

1.1.3. La digestibilité des aliments

Une partie de l'aliment ingéré n'est pas absorbée et se retrouve dans les fèces de l'animal. On peut donc caractériser un aliment par sa digestibilité apparente (da) selon l'équation suivante :

$$da = \frac{\text{Quantité ingérée - Quantité excrétée dans les fèces}}{\text{Quantité ingérée}}$$

La digestibilité peut être exprimée par un coefficient d'utilisation digestive (CUD) exprimé en pourcentage qui correspond à la digestibilité apparente multipliée par 100. Il est possible de calculer la digestibilité apparente (et le CUD) pour les différents composants de la ration et ainsi obtenir par exemple la digestibilité apparente de la matière sèche (dMS) ou celle de l'azote (dN).

Il est possible d'estimer la digestibilité apparente d'un aliment par (1) une mesure in vivo sur des animaux placés en cage de digestibilité, (2) une mesure in vitro (fermentations dans un tube de verre) ou (3) une mesure in sacco (sachets de nylon placés dans le tube digestif d'un animal fistulé).

De plus, il est aussi possible de caractériser un aliment par :

- sa digestibilité réelle (dr) qui prend en compte la partie d'origine endogène des fèces issue par exemple des sécrétions digestives ou du mucus. Son estimation nécessite l'utilisation d'isotopes radioactifs pour marquer les aliments.

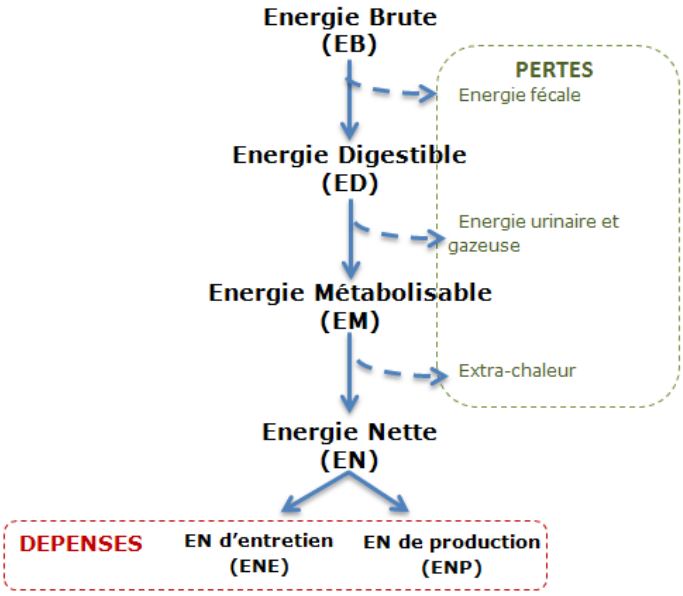
- sa digestibilité iléale ($d_{iléale}$) qui prend en compte les phénomènes fermentaires au niveau du gros intestin et plus précisément des caecums. Son estimation nécessite des animaux caecectomisés.

A noter que la digestibilité des aliments dépend de plusieurs facteurs (1) liés à l'animal comme l'espèce, la vitesse du transit et (2) liés aux aliments comme les constituants, la présence de facteurs antinutritionnels (tannins, phytates,...), les traitements technologiques (thermiques et/ou mécaniques), le mode de conservation, la quantité et la composition des lipides, etc.

1.2. Le métabolisme énergétique

Il existe 3 types de dépenses énergétiques : (1) les dépenses d'entretien nécessaires pour le métabolisme de base dans des conditions de vie normales, (2) les dépenses de production pour la croissance, la production d'œufs, etc. et (3) les dépenses d'extra-chaleur consécutives à l'utilisation des aliments. Ces dépenses sont couvertes par (1) l'utilisation des nutriments issus de la digestion et de l'absorption des aliments ingérés ou (2) la mobilisation des réserves corporelles (GADOUD et Al., 1992).

<u>L'utilisation de l'énergie de l'aliment par l'animal (Cf. Figure 3) :</u> Lors de l'utilisation de l'aliment par l'animal, il y a de nombreuses pertes de l'énergie contenue dans l'aliment. L'énergie brute (EB) représente l'énergie contenue dans l'aliment. Elle se mesure à l'aide d'une bombe calorimétrique. Lorsque l'on soustrait les pertes de l'énergie contenue dans les fèces à l'EB, on obtient l'énergie digestible (ED) qui est fonction de la digestibilité de l'énergie (dE). Elle correspond à l'énergie des nutriments dans l'organisme. Par la suite, lorsque l'on soustrait les pertes d'énergie urinaire et gazeuse (issues des fermentations digestives) à l'ED, on obtient l'énergie métabolisable (EM) qui correspond à l'énergie d'origine alimentaire disponible pour les cellules de l'organisme. En formulation pour des volailles, on raisonne en EM car c'est la mesure la plus simple à réaliser (du fait du mélange urines et fèces et à condition de négliger les pertes gazeuses) et elle est plus adaptée que l'ED. De plus, l'EM est souvent exprimée en énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul (EMAn). Cette correction permet de supprimer la variabilité du niveau de synthèse protéique fonction du stade physiologique des animaux (CARRE et ROZE, 1990). Pour finir, si l'on soustrait les pertes d'extra-chaleur, nous obtenons l'énergie nette (EN) qui couvre les dépenses d'entretien et de production (BLUM et Al., 1989).



<u>Figure 3 :</u> Les différentes étapes de l'utilisation de l'énergie de l'aliment

1.3. Le métabolisme protéique

1.3.1. Le rôle des acides aminés

Nous avons vu que suite à l'absorption des matières azotées, seuls des acides aminés (AA) libres sont déversés dans le sang. Les acides aminés assurent plusieurs fonctions (SOLTNER, 1999): (1) un rôle d'entretien à travers le renouvellement des cellules, (2) un rôle de croissance à travers l'accroissement du nombre et de la taille des cellules, (3) assurent certaines sécrétions (de nature protidique) nécessaires au fonctionnement de l'organisme comme certaines hormones, enzymes, … (4) sont nécessaires aux productions riches en protéines comme les œufs. En effet, la ponte d'un œuf de 60 g représente une dépense azotée 3,5 fois supérieure aux dépenses azotées d'entretien d'une poule de 2,5kg (GADOUD et Al., 1992).

1.3.2. Le métabolisme protéique

Les protéines corporelles, constituantes du pool protéique, sont renouvelées en permanence par des processus biochimiques consommant de l'énergie et associant synthèse (protéosynthèse) et catabolisme (protéolyse) protéiques (Cf. Figure 4). Il existe donc un échange permanent entre le pool métabolique constitué d'AA libres et le pool protéique.

La protéosynthèse permet la production (1) de protéines fonctionnelles (enzymes, hormones), (2) de protéines circulantes dans le sang et la lymphe, (3) de protéines tissulaires (téguments, organes et muscles) et (3) de protéines de production (muscle, œuf,…). Pour les volailles comme pour toutes les espèces, la protéosynthèse suppose la présence simultanée de 20 acides aminés différents. Il est donc nécessaire que ceux-ci soient présents dans les proportions adéquates dans le pool métabolique. Il existe deux origines aux acides aminés libres constituants le pool métabolique :

- Une origine exogène via les apports alimentaires (acides aminés libres absorbés)
- Une origine endogène via le catabolisme des protéines tissulaires ou des phénomènes de transamination (Cf. paragraphe 1.3.3)

Les acides aminés non utilisés pour la protéosynthèse sont rapidement catabolisés (principalement par le foie) en gaz carbonique et ammoniac formant de l'urée ou de l'acide urique (excrétés principalement par voie urinaire chez le poulet). Il faut savoir qu'il existe une régulation hormonale du métabolisme protéique (JEAN-BLAIN, 2002 – GADOUD et Al., 1992).

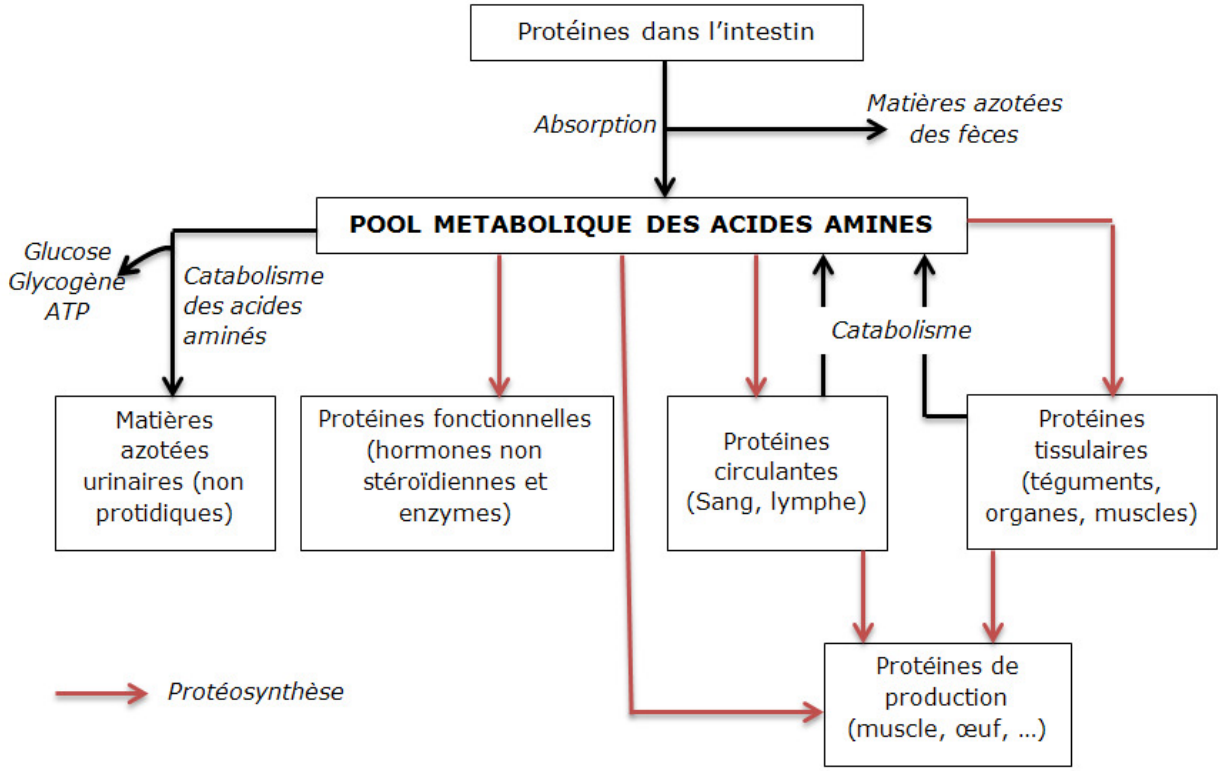


Figure 4 : Le métabolisme protéique

1.3.3. Notion d'acides aminés essentiels (Cf. Figure 5)

Parmi les 20 acides aminés indispensables à l'anabolisme protéique, certains sont dit « banals » car ils peuvent être synthétisés dans des quantités suffisantes par l'animal à partir d'autres acides aminés grâce au phénomène de transamination. En revanche, chez les volailles, une dizaine de ces acides aminés sont considérés comme « essentiels » car :

- ils ne peuvent pas être synthétisés par l'animal → AAE au sens strict
- ils sont synthétisés par l'animal en trop faible quantité → AAE au sens large
- ils sont synthétisés par l'animal à partir d'autres AAE → AAE semi-indispensables

Ces AAE doivent être fournis à l'animal par l'alimentation (GADOUD et Al., 1992). Chez les volailles les principaux AAE limitants sont (par ordre d'importance décroissante) la Méthionine, la Lysine, la Thréonine et le Tryptophane. Ainsi lorsque les besoins en méthionine sont couverts (1er facteur limitant), la Lysine devient le facteur limitant (« 2nd facteur limitant »).

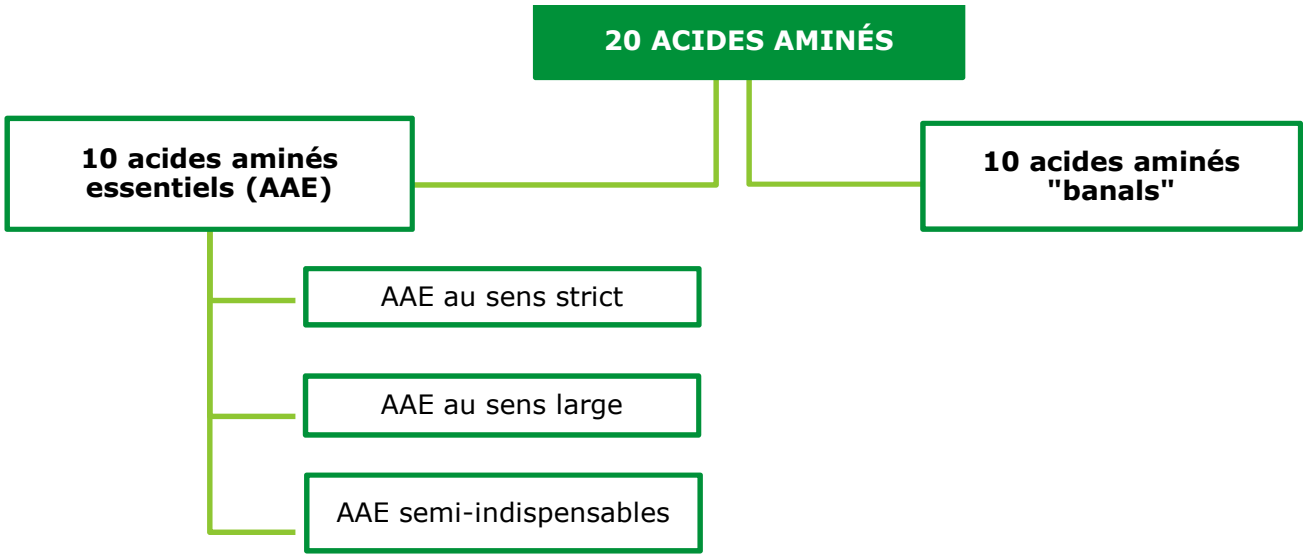


Figure 5 : Classement des acides aminés chez les volailles

2. Les besoins alimentaires du poulet, de la poulette et de la poule pondeuse

Il existe une forte variabilité des besoins nutritionnels des poulets de chair qui est fonction du génotype des animaux (souche), de l'âge, du sexe, de l'environnement (climat, conditions d'exploration du parcours) et du type de production. En production biologique, les types génétiques les plus couramment utilisés sont les mêmes qu'en production label.

Le besoin en protéines par kilo d'aliment diminue avec l'âge. La période d'élevage la plus exigeante en termes d'apports en protéines et en acides aminés est le démarrage. Toute carence pendant cette période pénalise les performances et aura des répercussions à l'abattage. Les apports recommandés pour le poulet « label » sont présenté dans le tableau 1.

Tableau 1 : Apports recommandés pour le poulet « label » en % du régime

	Démarrage	Croissance	Finition
Age du poulet	**0 à 28j**	**29 à 63j**	**64 à 84j**
Energie métabolisable (en kcal EMA)	2850	2900	2950
Protéines brutes	21	19,5	17
Lysine	1,17	1,02	0,78
Méthionine + Cystine	0,88	0,80	0,68
Thréonine	0,77	0,68	0,51

D'après Hubbard ISA in BORGIDA, 2005

Concernant les poules pondeuses, les besoins dépendent du poids vif de l'animal, des conditions d'élevage et de l'intensité de ponte. En AB, on utilise les mêmes lignées de type plein air non biologique qu'en production label. On y distingue 2 souches :

- Les souches à « potentiel moyen » utilisées en filière courte comme la MARANS qui produit 170 à 180 œufs par an
- Les souches à « potentiel élevé » utilisées en filière longue comme l'ISABROWN Plein air qui produit 250 à 300 œufs par an

Il est préconisé un apport énergétique compris entre 2600 et 2800 kcals d'EM par kg d'aliment. Dans cet intervalle, le niveau d'apport choisi dépend de la souche, du stade de ponte et de la température. Une diminution de cette concentration est possible en 2ème partie de ponte (après 42 semaines). Les apports recommandés pour les poulettes et les poules pondeuses biologiques sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 : Apports recommandés pour la poulette biologique en % du régime

	De 0 à 8 semaines	De 8 semaines jusqu'à l'entrée en ponte
Energie métabolisable (en kcal EMA)	2800	2600 à 2800
Protéines brutes pour 2800 kcal d'EM	18	14,5
Lysine	0,85	0,55
Méthionine	0,33	0,26
Acides aminés soufrés	0,65	0,46

D'après ANTOINE, 1984

<u>Tableau 3 :</u> Apports recommandés pour la pondeuse biologique en % du régime

	Concentration énergétique minimal conseillée	Concentration énergétique maximale conseillée
Energie métabolisable (Kcal/kg)	2600	2800
Protéines brutes	14	15
Lysine	0,63	0,68
Méthionine	0,28	0,30
Méthionine + Cystine	0,50	0,54

D'après ANTOINE, 1984

Dans le contexte réglementaire de l'AB, il est difficile de répondre aux exigences élevées des volailles en termes d'apports en acides aminés soufrés (méthionine et cystine). Au-delà de l'apport suffisant en protéines, l'apport des acides aminés essentiels dans des proportions proches des équilibres optimaux est aussi à atteindre. Ainsi, les ratios présentés dans le tableau 4 sont à rechercher pour l'alimentation.

<u>Tableau 4 :</u> Ratios recommandés dans l'alimentation des volailles

	Poulet de chair	Poulette	Poule pondeuse
Ratio Méthionine/Lysine (%)	45	38	50
Ratio Thréonine / Lysine (%)	65	70	Non renseigné

D'après ANTOINE, 1984 - 2009 et 2010

3. Les incertitudes vis-à-vis du passage à une alimentation 100% biologique pour les volailles

3.1. Un éventuel déséquilibre en acides aminés et/ou excès de protéines dans les rations

Du fait de l'inexistence de filière de production biologiques de gluten de maïs et de concentré protéique de pommes de terre, le passage à une alimentation 100% biologique pour les volailles risque de poser problème. En effet, ces deux matières premières sont riches en protéines brutes et plus précisément en méthionine, acide aminé essentiel pour les volailles. Sans ces MP, couvrir les besoins en AAE des volailles semble difficile (DEFRA, 2006 ; FOUCHER, 2009 ; ANTOINE, 2005 ; SANDRUM et Al., 2005). Le passage à une alimentation 100% biologique risque donc d'entrainer un déséquilibre des acides aminés dans les rations (carence en certains AAE). De plus, afin d'obtenir un niveau acceptable de méthionine, il n'est pas exclu d'apporter les autres acides aminés en excès, ce qui risque de conduire à des rations excédentaires en protéines (DEFRA, 2010 ; LESSIRE, 2009). Ces deux éventualités auraient des incidences sur les performances zootechniques, la santé et le bien-être des animaux, ainsi que sur la qualité des produits et l'environnement.

3.1.1. Incidences sur les performances zootechniques

a. Les effets directs

Les carences en AAE entrainent une baisse des performances c'est-à-dire un ralentissement de la croissance pour les poulets et les poulettes et une moins grande production d'œufs pour les poules pondeuses. En effet, comme nous l'avons vu, pour la protéosynthèse il est nécessaire que les AAE soient disponibles en quantité suffisante et en un certain rapport. Lorsqu'un AAE vient à manquer, la protéosynthèse diminue voire s'arrête et par conséquent la croissance de l'organisme est limitée, les performances diminuent et l'indice de consommation (IC) augmente (JOHANSEN, 2010 - DROGOUL et Al., 2004 - SANDRUM et Al., 2005). Plusieurs expériences appuient ce constat :

- RODENBURG et AL (2008) ont étudié la faisabilité d'une alimentation 100% biologique pour les poulets de chair à travers la comparaison de 3 régimes alimentaires : 80, 95 et 100% biologiques. Leurs principales conclusions sont que les performances zootechniques sont plus faibles (croissance plus lente) avec une alimentation 100% biologique du fait surtout d'une ingestion d'aliment inférieure. Les moindres consommation d'aliment et croissance des animaux pour le régime 100% biologique aboutissent à un IC comparable aux deux autres régimes. Les auteurs expliquent ces résultats par l'impossibilité de fournir suffisamment de méthionine dans la ration 100%. Les rations 80 et 95% biologiques ont quant à elles donné des résultats similaires.
- QUENTIN et Al. (2005) ont testé l'effet du taux protéique de l'alimentation et du taux de Lysine sur la croissance et la composition corporelle de poulets de chair à croissance lente. Ils ont montré que la croissance et l'indice de consommation était améliorés par une supplémentation en Lysine jusqu'au niveau de 0,76% et ce, quel que soit le taux protéique. De plus, ils ont montré qu'une carence en Lysine avait des répercutions plus néfastes lorsque le taux protéique de la ration était élevé.

b. Les effets indirects

Une carence en méthionine de la ration affecte l'état du plumage des animaux. Ces derniers augmentent alors leur prise alimentaire afin de compenser la perte de chaleur (JÖNSSON, 2009). ELWINGER et TAUSEN (2009) ont montré à travers 3 essais (2 génotypes par essai) que le niveau de méthionine de la ration influence la couverture en plumes et le poids des œufs. Le plumage et le poids des œufs sont corrélés positivement à la teneur en méthionine de l'aliment. En parallèle, ils ont aussi observé que la prise alimentaire était corrélée négativement à la teneur en méthionine. Il faut noter que ces essais ont été menés dans la perspective d'une alimentation 100% biologique. De la même manière les essais menés par TAUSON et SVENSSON (1980) mettent en évidence une différence très significative de la prise alimentaire entre des poules pondeuses avec un plumage correcte et des poules avec un plumage médiocre. Ils ont montré que ramenés à une poule standard de 1750 g produisant un œuf de 45 g/j, une poule avec un plumage correcte ingéré 116 g/j contre 147 g/j pour une poule avec un plumage médiocre.

3.1.2. Incidences sur la qualité des produits

Tout d'abord, une carence en AAE a une influence sur le poids et la qualité des œufs (JOHANSEN, 2010 – JÖNSSON, 2009). En effet, un régime pauvre en méthionine induit une baisse du poids des œufs car celui-ci est corrélé positivement (jusqu'à un certain niveau) à l'apport de protéines et d'AAE de l'alimentation (GADOUB, 1992 - DEFRA, 2006). De plus, la proportion d'AAE en relation avec la teneur en énergie influence la composition de la carcasse. En 1994, les études de HUYGHEBAERT et Al. (in SANDRUM et Al., 2005) ont montré qu'avec une augmentation de la teneur en méthionine de 0,18% à 0,24% dans l'alimentation, les impacts positifs sur la composition corporelle du poulet (conformation de la poitrine) étaient significatifs. De la même manière, QUENTIN et Al. (2005) ont testé l'effet du taux protéique de l'alimentation et du taux de Lysine sur la croissance et la composition corporelle de poulets de chair à croissance lente. Ils ont montré que le rendement en filets était significativement amélioré par la supplémentation en lysine. De plus, les animaux soumis à des régimes à forte teneur protéique [environ 22,5% de Protéines Brutes (PB)] avaient en moyenne moins de gras abdominal que les animaux soumis à des régimes à plus faible teneur protéique (environ 17% de PB).

Outre le déséquilibre en acides aminés et l'excès de protéines, il y a aussi les différences des valeurs nutritives entre les matières premières conventionnelles et biologiques qui peuvent influer sur la qualité des carcasses. En effet, en AB les procédés de transformation ou d'élaboration des matières premières peuvent être différents de ceux utilisés en agriculture conventionnelle. Par exemple, les tourteaux biologiques sont plus riches en lipides que les tourteaux conventionnels du fait de l'interdiction d'utiliser l'hexane pour extraire les lipides en AB. Premièrement, cela complique encore plus l'équilibre des formules car les tourteaux sont plus riches en huile et donc en énergie et moins bien pourvus en protéines et acides aminés. De plus, cela peut aussi avoir une incidence sur la qualité des carcasses des poulets. Effectivement, la hausse des lipides dans les rations et plus précisément la richesse en acides gras polyinsaturés des tourteaux est susceptible d'altérer la qualité des carcasses (GUEMENE et Al., 2009 – LESSIRE, 2009 – ANTOINE, 2005). En effet, la nature des acides gras ingérés influence considérablement la composition des tissus adipeux du poulet. Par exemple, la proportion

d'acides linoléniques (C18:3) dans la graisse corporelle de poulets nourris avec de l'huile de lin peut atteindre 34 g / 100g au lieu de 1 g / 100g avec les régimes classiques (EDWARDS et HART, 1971 in DOREAU et CHILLIARD, 1997). Or, malgré son intérêt nutritionnel, une viande riche en acides gras insaturés peut présenter le défaut de s'oxyder rapidement lors de sa conservation. Il peut donc y avoir altération de la qualité sensorielle de la viande (goût de poisson et/ou goût métallique).

Notons cependant que selon certains auteurs, le passage à une alimentation 100% biologique pourrait avoir un effet bénéfique sur la qualité des carcasses car il existe des relations antagonistes entre les caractères performance et qualité sensorielle de la viande. Par conséquent, si sous la contrainte du passage à une alimentation 100% bio, les éleveurs optent pour une croissance plus lente, la qualité des produits pourrait être améliorée (PADEL et SANDRUM, 2006).

3.1.3. Incidences sur la santé et le bien-être

Les carences en AAE peuvent aussi avoir des effets sur la santé et le bien-être des animaux. En effet, un déséquilibre en protéines serait source de stress et d'agressivité pour les animaux ce qui conduit à du piquage et du cannibalisme entre animaux et par conséquent à une augmentation de la mortalité (DEFRA, 2006 – JOHANSEN, 2010 - MAGDELAINE et RIFFARD, 2010 - FILLIAT, 2009 - FANATICO, 2010). De plus, un déséquilibre en protéines peut aussi être source de problème sanitaire (ANTOINE, 2010). En effet, chez les oiseaux, les acides aminés non utilisés pour la protéosynthèse sont catabolisés et excrétés sous forme urique qui peut être source de la goutte de la poule pondeuse qui consiste en du dépôt d'urates sur le foie et/ou les reins (LAROCHE, 2010). AMBROSEN et PETERSEN (1997) ont testé l'effet du taux de protéines de la ration sur la mortalité due au cannibalisme et à la goutte chez les poules pondeuses. Les résultats de cet essai sont répertoriés dans le tableau 5 ci-dessous. Nous pouvons voir que les trois rations les plus pauvres en protéines ont été touchées par une plus forte mortalité. Il faut savoir que la ration à 11,1% de protéines était très déficitaires dans tous les AAE, la ration à 12,5% de protéines était déficitaire dans de moindre mesure en Lysine, Méthionine et Cystine et la ration à 13,8% de protéines n'était déficitaire qu'en méthionine. Dans cet essai, le déséquilibre en acides aminés est donc source d'une plus grande mortalité due au cannibalisme et à la goutte.

Tableau 5 : Mortalité due au cannibalisme et à la goutte en fonction du taux de protéines de la ration (D'après AMBROSEN et PETERSEN, 1997)

	Mortality		
Protein	Total	Cannibalism	Gout
(%)			
11.1	32.3	17.6	4.7
12.5	17.0	8.3	1.3
13.8	11.1	5.1	0.9
15.2	9.2	2.7	0.2
16.5	8.5	4.2	0.2
17.9	6.5	0.4	0.7
19.3	9.4	2.5	0.4
$\bar{x}$	13.4	5.8	1.2

QUENTIN et Al. (2005) ont testé l'effet du taux protéique de l'alimentation et du taux de Lysine sur la croissance et la composition corporelle de poulets de chair à croissance lente. De la même manière, ils ont montré que le piquage et le cannibalisme étaient plus élevés dans les lots soumis au taux de lysine le plus bas (0,56%). Par conséquent, ces lots étaient marqués par une plus grande mortalité. La mortalité touchait plus fortement le lot soumis à une ration à haute teneur en protéines que le lot à faible teneur en protéines.

En outre, le processus d'excrétion de l'excès de protéines aurait un impact sur la qualité des litières car il demande plus d'eau. Les litières sont donc plus humides ce qui crée un environnement optimal pour les agents pathogènes et peut entrainer entre autre des ampoules du bréchet. L'ammoniac en excès peut aussi être à l'origine de problèmes respiratoires (FANATICO, 2010).

Pour finir, les carences en méthionine affaiblissent le système immunitaire de l'animal (DEFRA, 2006 – JOHANSEN, 2010). Néanmoins, les volailles seraient capables de compenser fortement des rations alimentaires déséquilibrées en termes de bien-être et de santé, excepté durant leurs premières semaines de vie. Effectivement, une ration déséquilibrée n'aurait pas d'impact sur la santé animale mais les animaux ne pourraient pas réaliser pleinement leur potentiel génétique (PADEL et SANDRUM, 2006 - SANDRUM et Al., 2005).

3.1.4. Incidences sur l'environnement

Un déséquilibre des acides aminés comme un excès de protéines engendrent une perte de protéines. En effet, toutes les protéines non utilisées dans la protéosynthèse vont être perdues. En cas de déséquilibre des rations, il y aura donc une augmentation des excrétions d'azote et des émissions d'ammoniac de la part des animaux (JOHANSEN, 2010 - DROGOUL et Al., 2004 - SANDRUM et Al., 2005 - ANTOINE, 2010 - LESSIRE, 2009). De plus, du fait de l'interdiction d'utiliser des phytases en AB, les rejets en phosphore sont aussi plus importants (MAGDELAINE et RIFFARD, 2010).

3.2. Les incidences économiques

Alors que le passage de 90 à 95% de MP biologiques a déjà entrainé une augmentation des coûts de l'aliment de l'ordre de 5% (ANDI, 2010), le passage à une alimentation 100% devrait engendrer une nouvelle augmentation. Actuellement, les rares Fabricant d'Aliment du Bétail (FAB) qui proposent déjà un aliment 100% biologique parlent d'un surcoût de l'ordre de 5 à 10% par rapport aux aliment contenant 5% de MP conventionnelles (FOUCHER, 2009). Ce surcoût risque d'être réévalué à la hausse avec la généralisation du 100% biologique et la tension sur les prix des MP biologiques. Les estimations actuelles parlent d'une hausse du coût de production de l'ordre de 8 à 15% (ANDI, 2010). Il faut savoir que le poste aliment est la composante principale des charges liées aux ateliers avicoles, il représente 80% des charges opérationnelles de l'éleveur en mode de production biologique. Les résultats économiques de l'étude menée par RODENBURG et Al. (2008) sur la faisabilité d'une alimentation 100% biologique pour les poulets de chair appuient ce constat. Le coût de revient par kg était de 1,93€ pour le lot 100% biologique contre 1,84€ pour le lot 95% biologique soit une augmentation de 4,9% dans les conditions de l'expérimentation (expérience menée en 2004 aux Pays Bas).

Tout cela laisse présager une perte de la compétitivité des filières françaises alors que le règlement européen de l'agriculture biologique n'est pas interprété de façon identique dans toute l'Union Européenne. En effet, il semble que certains pays disposent d'avantages concurrentiels avec par exemple l'utilisation courante de farines de poissons (Allemagne, Belgique, Royaume Uni, Danemark) ou d'acides aminés de synthèse sur prescription médicale (Royaume Uni). Actuellement, tout cela provoque déjà de réelles distorsions de concurrence en défaveur de la France (ANDI, 2010).

3.3. Les incidences sur les assolements et la dépendance protéique de la France

Pour finir, à une échelle plus éloignée de l'élevage, le passage à une alimentation 100% biologique pourrait aussi engendrer des incidences sur les assolements et la dépendance protéique de la France.

L'interdiction d'utiliser le gluten de maïs et le CPPT pourrait avoir des incidences sur la place des autres MP dans les formulations. En effet, le gluten de maïs et le CPPT permettaient de concentrer les apports protéiques sur une faible part de la formulation laissant de la place à d'autres espèces végétales moins riches comme l'orge, l'avoine, le triticale et le seigle. Comme ces céréales n'ont pas forcement d'autres débouchés que l'alimentation animale, le fait de ne plus pouvoir les insérer dans les rations risque d'avoir un impact sur l'équilibre des cultures (FOUCHER, 2009).

ANTOINE (2010) a montré qu'il était possible de formuler des rations 100% biologiques pour les poules pondeuses à potentiel moyen en 2ème partie de ponte. Néanmoins, ces rations se caractérisent par une réduction du taux de protéagineux compensé par une augmentation du taux de tourteaux de soja. Par conséquent, avec le passage à 100% de MP bio, il risque d'être difficile de valoriser de façon complémentaire les protéagineux cultivés localement (pois, féverole, lupin). De plus la dépendance protéique de la France (et plus généralement celle de l'Union Européenne) envers les pays tiers risque de s'accroitre. En effet, il faut savoir qu'en France l'aliment destiné aux volailles représente 86 % des tonnages produits par les fabricants d'aliments biologiques ce qui représentait environ 120 000 tonnes de MP en 2008 dont 25 000 tonnes importées de Pays tiers (notamment de pays européens de l'est et du sud, et d'Amérique du sud). L'essentiel de ces matières premières importées sont des matières premières riches en protéines (MPRP) incorporées dans les rations à hauteur de 15 à 30 %. En France, 50 % des volumes de ces MPRP sont importés (POTTIEZ et Al., 2010). Le passage à une alimentation 100% biologique risque d'augmenter la demande en MPRP et le déficit déjà observé au niveau national.

Globalement, le passage à 100% de MP biologiques pourrait avoir des conséquences sur les assolements avec la diminution des protéagineux et des céréales à paille dans les formules ce qui posera des problèmes au niveau de l'équilibre des cultures. De plus, la dépendance protéique vis-à-vis des pays tiers risque de s'accroitre.

Pour conclure cette partie, une synthèse des incertitudes détaillées précédemment est présentée en figure 6.

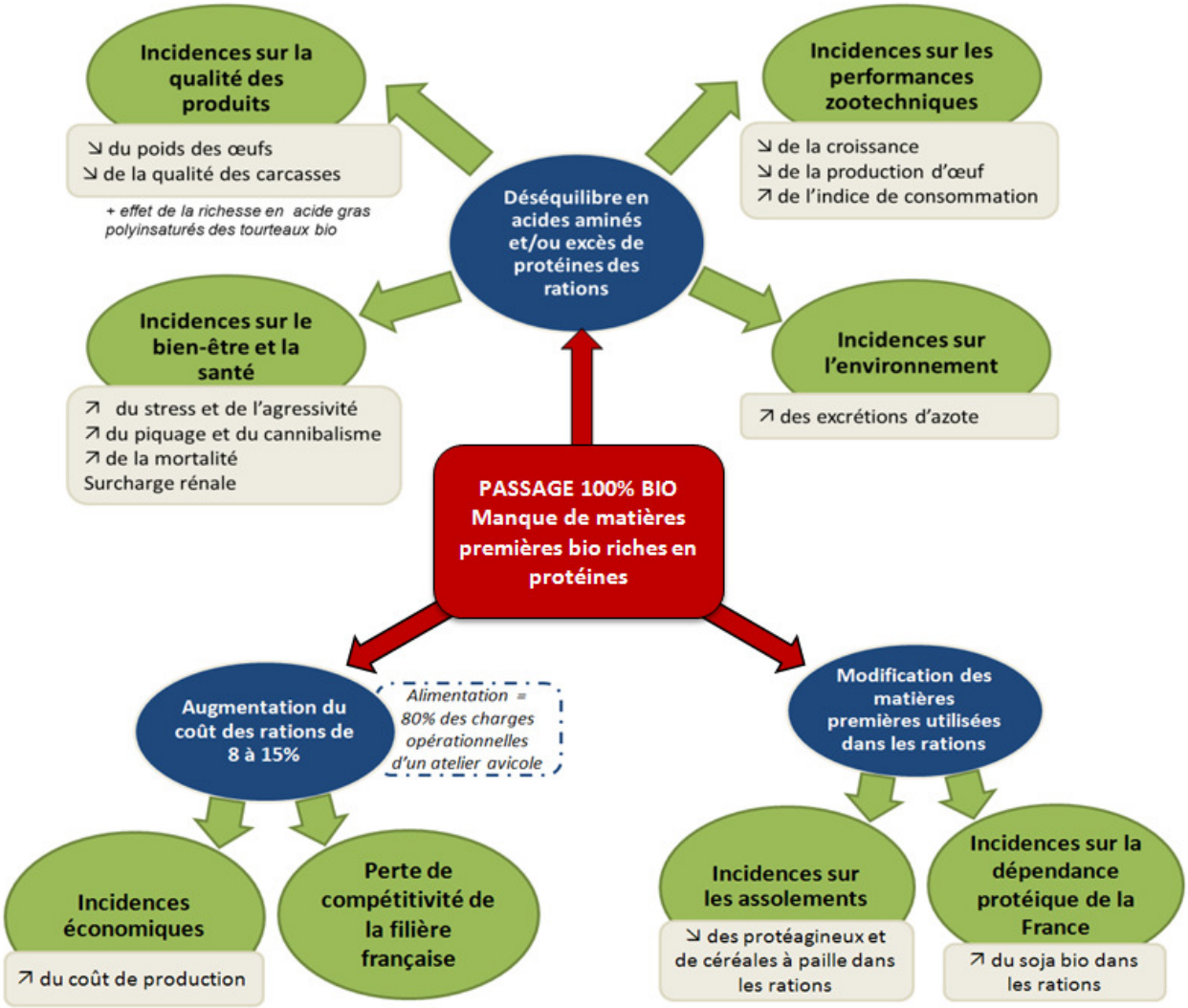


Figure 6 : Synthèse des incertitudes vis-à-vis du passage à une alimentation 100% bio

4. Les pistes de substitution

Pour faire face à la problématique du passage à une alimentation 100% biologique, plusieurs pistes sont citées dans la bibliographie. Certaines d'entre elles même si elles seraient idéales sont non envisageables, d'autres peuvent constituer une partie de la solution mais le réel défi consiste à trouver de nouvelles MPRP utilisables dans l'alimentation des volailles (ANDI, 2010 – ANTOINE, 2010 – GUEMENE, 2009).

4.1. Les pistes citées mais non envisageables

➢ **Prolongation de la dérogation** pour les jeunes animaux ou au minimum une diminution progressive de la dérogation (de 5% à 1%) (BESTMAN, 2010). En effet, le constat est qu'il n'y a actuellement aucune solution et qu'il est donc nécessaire d'obtenir un délai (ANDI, 2010).

➢ **Autorisation des acides aminés de synthèse :** Selon Dominique ANTOINE (2009), pour les poules pondeuses, « l'introduction de 0,02% de méthionine de synthèse

permettrait de réintroduire dans la formule, des céréales et des protéagineux (plus de 30% de la ration) tout en diminuant l'apport de tourteau de soja de 20% avec un taux de protéines brutes à 15%, soit 5,5% en moins dans la ration ».

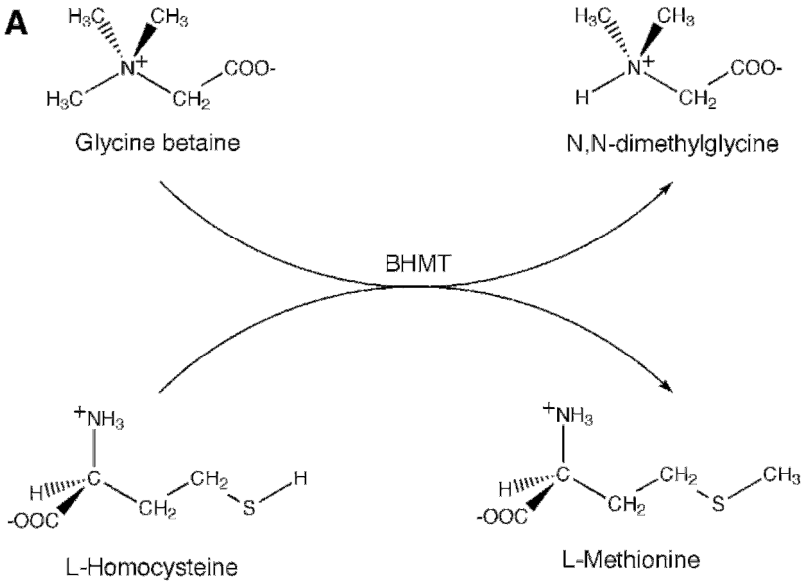
- **Accepter une baisse des performances** : pour la compétitivité et la pérennité des filières, cette solution n'est pas concevable.

A dire d'experts, ces solutions ne sont pas envisageables/durables.

4.2. Les pistes qui pourraient constituer une partie de la solution

- **Faire évoluer la génétique des animaux** vers des sources mieux adaptées à l'élevage biologique et à ses contraintes. Même si les souches actuellement utilisées à croissance lente sont moins exigeantes que les souches à croissance rapide, il existe encore des marges de manœuvre en termes d'aptitude à valoriser l'aliment et d'exigence en AAE. Des critères de sélection comme l'étalement de la courbe de ponte permettraient de diminuer les exigences élevées des poules en pic de ponte (ANTOINE, 2010 – CHAPUIS, 2010).

- **Apport de matière première « économiseurs de méthionine »** comme par exemple la bétaïne, substance synthétisée par divers organisme végétaux dont la betterave (ANTOINE, 2010). La bétaïne est un donneur de l'unité méthyle permettant le reméthylation de l'homocystéine sous l'action de la bétaïne homocystéine méthyltransférase (BHMT). Il en résulte la formation de méthionine et de diméthylglycine (PELLANDA, 2012 ; Cf. Figure 6).



<u>Figure 7 :</u> La réaction catalysée par la bétaïne-homocystéine méthyltransférase
(D'après PELLANDA, 2012)

- **Une meilleure valorisation de la biomasse sur le parcours** qui représente un bon complément nutritionnel (ANTOINE, 2010).

4.3. Les matières premières riches en protéines

L'objectif de cette partie de synthèse bibliographique est d'identifier les MP riches en protéines (et en acides aminés essentiels) potentiellement intéressantes dans le cadre du passage à une alimentation 100% biologique. Dans le contexte de l'étude nous nous intéressons à toutes les MP susceptibles de diminuer l'utilisation du tourteau de soja dans les rations 100% biologiques des volailles. Ainsi, c'est l'apport en protéines des MP qui est privilégié. Cependant, la qualité de la protéine (profil en acides aminés) nous amène à prospecter aussi des MP moins riches en protéines.

Il faut savoir que l'intérêt d'une MP dépend de plusieurs facteurs : ses valeurs nutritionnelles, son intérêt agronomique, l'absence de facteurs antinutritionnels ou toxiques induisant des limites d'emploi, son coût, son incidence sur la qualité des produits et la régularité de sa composition (GADOUB, 1992). De plus, il est nécessaire que le process de production soit compatible avec la réglementation AB, qu'il existe des débouchés commerciaux pour des éventuels produits principaux (huile, amidon), que cette MP soit disponible (absence de compétition avec l'alimentation humaine) et qu'elle ait une rentabilité industrielle (ANDi, 2010).

Pour illustrer notre exposé sur les différentes matières premières et confronter les MP entrent-elles, une sélection de variables sur leur composition et leurs valeurs nutritionnelles est tout d'abord présentée dans le tableau 4. Ces données sont issues de différentes sources et concernent majoritairement des matières premières non biologiques. En effet, les MP utilisées habituellement en alimentation des volailles conventionnelles sont bien caractérisées mais il n'existe pas ou peu de données sur (1) les matières premières biologiques et (2) les matières premières un peu plus innovantes comme le tourteau de cameline, l'ortie ou encore la crépidule. Pour une sélection de données, une échelle de couleur a été attribuée variant du vert (valeurs les plus élevées) au rouge (valeurs les plus faibles). Cette échelle considère l'amplitude de variation totale de chaque donnée. Pour rappel, l'objectif est d'apporter dans les rations suffisamment de protéines et des acides aminés dans les proportions recommandées. Pour atteindre cet objectif, les MPRP (s'intégrant dans les formules en complémentarité des céréales) présentant les valeurs les plus élevées pour la sélection de données sont donc recherchées.

<u>Tableau 6 :</u> Récapitulatif de la composition et des valeurs nutritionnelles des différentes matières premières (majoritairement conventionnelles)

		SOURCE	MP bio	N*	MS	MAT	MG brute	Cendres brutes	EMAn coq	EMAn poulet	Lys	Thr	Met	Cys	Ratio Met/Lys	Ratio Thr / Lys
					% sur brut				Kcal/kg brut		g/kg brut					
REF	Conc. protéique de pommes de terre	Tables INRA - 2002	Non	103	92,3	77,6	0,9	2,6			58,9	43,1	17,3	10,3	29%	73%
REF	Gluten de maïs	Tables INRA - 2002	Non	757	89,5	60,6	2,5	1,8	3590	3550	10,7	20,3	14,6	10,8	136%	190%
TOURTEAUX D'OLEAGINEUX	Ttx de soja	Tables INRA - 2002	Non	10409	87,6	43,3	1,7	6,5	2250	22100	26,6	17,0	6,2	6,5	23%	64%
		Feed Base - 2012	Non	33993	87,9	45,6	1,8	6,3			27,8	18,0	6,4	6,8	23%	65%
		Feed Base - 2012	OUI	155	92,1	43,8	8,6	6,0			29,0	18,1	6,3	7,3	22%	62%
	Ttx de tournesol non décortiqué	Tables INRA - 2002	Non	2729	88,7	27,7	2,0	6,2	1350	1320	10,0	10,0	6,4	4,8	64%	100%
		Feed Base - 2012	Non	6360	88,8	28,3	2,0	6,2			10,8	11,0	6,7	4,9	62%	102%
		Feed Base - 2012	OUI	73	91,3	25,1	13,3	5,2								
	Ttx de colza industriel	Tables INRA - 2002	Non	2820	88,7	33,7	2,3	7,0	1460	1410	18,0	14,5	6,9	8,2	38%	81%
	Ttx de colza expeller ou gras	ValBiom - 2006	Non	NR	89,1	34,9	6,4	6,9			17,5		7,3	8,7	42%	
		ValBiom - 2006	Non	NR	89,7	31,6	20,5	4,4								
		Feed Base - 2012	OUI	13	92,2	29,9	11,9	6,5								
	Ttx de lin expeller	Tables INRA - 2002	Non	292	90,4	30,9	8,1	5,9	1330		11,7	11,8	5,4	6,0	46%	101%
		Feed Base - 2012	Non	862	90,7	31,2	9,4	5,8			13,3	13,0	6,3	6,2	47%	98%
		Feed Base - 2012	OUI	2	89,8	33,9	13,9									
	Ttx de sésame expeller	Tables INRA - 2002	Non	26	93,9	43,4	11,0	11,4			10,2	12,8	11,2	7,7	110%	125%
		Feed Base - 2012	Non	35	93,7	43,5	11,4	11,4			10,9	15,6	11,9	10,0	109%	143%
		Feed Base - 2012	OUI	14	92,8	42,3	14,6	8,6								
	Ttx de chanvre	Feed Base - 2012	Non	2	92,5	26,5	11,5	8,3			6,9	8,3				120%
		Lebas et al - 1984	Non	1	92,5	28,6					7,4	9,0				121%
		SARL L Chanvre**	OUI	1	90,4	26,7	13,0	6,0								
	Ttx de cameline	Feed Base - 2012	Non	1	87,9	29,6	13,2	6,5								
		Ryhänen et al - 2007	Non	1	93,5	33,3					14,7	12,3	6,0	8,0	41%	84%
GRAINES D'OLEAGINEUX	Lupin blanc	Tables INRA - 2002	Non	263	88,6	34,1	8,4	3,5		NS	16,6	12,6	2,6	5,6	16%	76%
		Feed Base - 2012	Non	440	88,0	33,6	8,5	3,6			15,6	12,0	2,5	5,3	16%	77%
		Feed Base - 2012	OUI	10	88,9	34,7	7,5	3,6								
	Pois	Tables INRA - 2002	Non	3932	86,4	20,7	1,0	3,0	2750	2430	15,0	7,8	2,0	2,8	13%	52%
		Feed Base - 2012	Non	27761	86,5	20,8	1,0	3,0			15,0	7,9	2,1	2,9	14%	53%
		Feed Base - 2012	OUI	95	87,0	20,6	1,4	3,0								
	Féverole à fleurs blanches	Tables INRA - 2002	Non	30	86,1	26,8	1,1	3,6	2490	2430	17,2	9,5	1,9	3,4	11%	55%
		Feed Base - 2012	Non	36	85,9	26,8	1,1	3,5			16,6	9,3	2,0	3,2	12%	56%
		Feed Base - 2012	OUI	111	86,6	24,5	1,0	3,3								
Concentré protéique	Conc. protéique de luzerne	Tables INRA - 2002	Non	69	91,8	50,2	8,3	11,2	2680	2680	29,6	21,8	10,2	5,1	34%	74%
		Feed Base - 2012	Non	1652	92,1	52,4	7,8	10,0			31,4	24,9	10,2	4,9	32%	79%
	Conc. protéique d'ortie	Feed Base - 2012	Non	1		55,6	1,8	8,0				27,4				
	Conc. protéique de riz	Feed Base - 2012	Non	10	89,7	70,9	6,1	2,1			21,5					
		Oujifard et al - 2012	Non	1	90,0	60,0	7,0	4,0			25,0	26,4	23,1		92%	106%
		Global Nutrition **	OUI		93,0	50,0	4,0	3,0			15,4	19,6	12,9	10,8	84%	127%
Feuille d'ortie broyée et déshydratée		Feed Base - 2012	Non	1		30,9	5,6	14,8				6,7	1,1			
Foin d'ortie		CTA - 2003	Non	3	91,2	22,0					12,5	10,4	3,6	2,2	29%	83%
Drèches de brasserie déshydratées		Tables INRA - 2002	Non	68	91,9	24,1	6,7	3,9	2050	2000	7,7	7,4	3,6	4,2	47%	96%
		Feed Base - 2012	Non	101	91,3	24,2	6,1	3,9			7,3	7,5	3,5	3,8	48%	103%
Levures de brasserie déshydratées		Tables INRA - 2002	Non	57	93,3	46,5	3,9	7,1			28,5	20,1	7,0	2,9	25%	71%
		Feed Base - 2012	Non	157	93,4	44,7	3,0	6,7			27,5	18,8	7,0	3,7	25%	68%
Spiruline déshydratée		Feed Base - 2012	Non	20	92,4	55,9		3,1			23,0	25,3	11,5	5,3	50%	110%
Spiruline lyophilisée		Feed Base - 2012	Non	6	94,8	68,2		0,6			32,4	36,1	18,6	6,4	57%	111%
Lactosérum	acide déshydraté	Tables INRA - 2002	Non	114	98,0	9,7	2,1	11,8			7,2	5,4	1,5	1,7	21%	75%
		Feed Base - 2012	Non	409	96,9	9,3	0,4	11,9			6,2	4,7	1,0	1,4	15%	76%
	doux déshydraté	Tables INRA - 2002	Non	42	96,4	12,6	2,1	8,7			9,4	7,2	2,0	2,0	21%	77%
		Feed Base - 2012	Non	226	96,9	12,0	1,3	8,1			9,5	7,1	1,8	2,3	19%	75%
Farine de poisson 65		Tables INRA - 2002	Non	1198	91,7	65,3	8,9	16,2	3220	3220	48,9	27,0	17,9	5,4	37%	55%
Farine d'asticots séchés		Bouafou et al - 2011	Non	1	92,5	48,3	22,6	6,8								
Larve de mouche lyophilisée		Feed Base - 2012	Non	1	92,0	54,9		6,7			33,2	19,2	12,9	5,3	39%	58%
Farine de lombrics		Laissus - 1985	Non	NR		63,0	8,5	9,0			27,1	18,9	13,9	14,5	51%	70%
		ANDi - 2010	Non	NR		61,0					29,0		22,0		76%	
		Grégoire et al - 2006	Non	1	94,3	58,8	8,9	4,0			25,7					
Lombrics déshydratés		Feed Base - 2012	Non	2	91,3	62,2	8,8	10,6			55,4	26,5	17,7	6,6	32%	48%
Chair de crépidule ramenée à 90% de MS		Britexa**	Non		90,0	39,4					23,1	18,0	8,4			78%

*N : Nombre d'échantillons considéré

** Société commercialisant la matière première

<u>Echelle de couleur (une par critère)</u> :

4.3.1. Le gluten de maïs et le concentré protéique de pommes de terre (CPPT)

Actuellement en AB, les 5 % de MP conventionnelles autorisés dans l'alimentation des volailles sont composés majoritairement de gluten de maïs et de CPPT. Ces MP sont particulièrement riches en protéines bien pourvues en acides aminés essentiels (DUPETIT, 2011). Une des solutions idéales sur un plan nutritionnel serait de remplacer ces MP (que nous pouvons intituler dans notre situation « de référence ») par leur équivalent en AB. Or il n'existe pas de filière biologique d'amidon de maïs ou d'amidon de PdT, ces sous-produits n'existent donc pas à l'heure actuelle et cela n'intéresse pas les industriels. De plus, la mise en place d'une filière amidon biologique nécessiterait un process industriel compatible avec le mode de production biologique (ANDi, 2010) et des volumes importants (rentabilité du process).

4.3.2. Les tourteaux d'oléagineux biologiques

Il existe 3 types de tourteau qui diffèrent selon leur process :

- Le tourteau "gras" issu d'une 1ère pression à froid (à la ferme ou non), il contient de 15 à 25% de matières grasses selon le type de presse utilisée. Du fait de sa forte teneur en Matière Grasse (MG), il a un taux d'incorporation souvent limité à 5 - 8% maximum. Ce process est autorisé en AB.
- Le tourteau expeller issu d'une extraction sans solvant chimique mais après cuisson qui ne contient plus que 6 à 10% de matières grasses et pour lequel des taux d'incorporation plus élevés sont envisageables. Ce process est aussi autorisé en AB.
- Le tourteau industriel déshuilé issu d'une extraction par solvant chimique et cuisson, il ne contient plus que 2% de MG. Ce process n'est pas autorisé en AB.

La richesse en huile des tourteaux peut donc être très variable. Il faut savoir que lorsque la teneur en MG augmente (effet process), il y a une diminution de la teneur en MAT et de la teneur en cellulose brute (effet dilution).

a. Le tourteau de soja

Actuellement, la production française de soja biologique ne couvre pas les besoins de l'alimentation humaine. Le tourteau de soja biologique est disponible à l'importation mais il existe des problèmes de traçabilité. Une utilisation plus importante de cette MP ne ferait qu'accroitre la dépendance protéique de la France. De plus, l'utilisation de soja importé est contraire au principe de l'AB qui privilégie des MP produites localement (ANDi, 2010).

b. Le tourteau de tournesol

Le tourteau de tournesol biologique est un bon complément au soja, il a un bon équilibre en AAE (ratio Met/Lys d'environ 63%) mais la production est égale aux besoins actuels. Malgré des limites d'incorporation, le tourteau de tournesol dispose d'atout vis-à-vis du passage à une alimentation 100% biologique (ANDi, 2010).

c. Le tourteau de colza

Le tourteau de colza biologique présente un intérêt nutritionnel car il est assez riche en protéines. De plus, sa protéine est bien équilibrée par rapport aux besoins des

volailles. Cependant, un essai mené par LESSIRE et al (2009a) sur l'utilisation de 3 types de tourteau de colza (industriel, expeller et gras) à différents taux d'incorporation (0, 10 et 20%) sur des poulets de chair conventionnels a conclu que l'utilisation de tourteau de colza (tous types confondus) induit une diminution de la croissance par rapport à l'utilisation du tourteau de soja. Cette diminution est moindre avec les tourteaux gras. De plus, le tourteau de colza biologique est peu disponible car sa culture est complexe (notamment au niveau de la maîtrise des parasites et de l'enherbement tardif). Il existe aussi des problèmes d'appétence et le colza contient des facteurs antinutritionnels (ANDi, 2010).

d. Le tourteau de chanvre

Le chanvre est une précieuse source de protéines à haute teneur en acides aminés (méthionine, lysine, cystine et thréonine) et acides gras essentiels présentant un intérêt (oméga 3 et 6) (PALLESEN, 2010). Le chanvre se cultive facilement en AB (il est peu sensible aux maladies et aux ravageurs) et présente un intérêt dans les rotations. Des essais ont été menés en 2010 *s*ur la culture de chanvre et l'utilisation du tourteau de chanvre en faible quantité (5 %) dans l'alimentation des porcs. Les résultats montrent que le tourteau de chanvre peut être une source de protéines potentiellement intéressante pour la production porcine (SERUP, 2010) mais il n'y a à ce jour aucune référence concernant son utilisation dans l'alimentation des volailles.

e. Le tourteau de lin

Avec une teneur en MAT supérieure à 30% (sur MB) et sa richesse en Oméga 3 (GUILLEVIC et Al., 2010), le lin peut être une piste de travail intéressante. Au niveau agronomique, sa culture est peu exigeante en azote mais son développement lent favorise les adventices. De plus, introduit dans une rotation céréalière, il rompt le cycle des maladies et des ravageurs. Cependant, une étude menée par BUREAU et Al. (1997) a montré que le lin était une MP de faible qualité pour l'alimentation des volailles. En effet, l'énergie métabolisable et la digestibilité des AAE (mesures réalisées sur coq) sont décevantes pour cette matière première. La présence de facteurs antinutritionnels (cyanogénétiques) pourrait expliquer ce résultat et il semble alors indispensable de réaliser un traitement thermique de la graine de lin pour la valoriser dans l'alimentation des volailles.

f. Le tourteau de sésame

Le tourteau de sésame, en plus de sa teneur intéressante en protéines (plus de 40% de MAT sur MS), présente un bon profil en acides aminés essentiels pour les volailles (ratio Met/Lys de 110%) (ANTOINE, 2010). Cependant, cette plante n'est pas cultivée sous nos climats et sa disponibilité est très limitée (ANDi, 2010).

g. Le tourteau de cameline

La cameline est une oléagineuse originaire d'Europe qui est de la même famille que la moutarde. Ses valeurs nutritionnelles sont proches de celles du tourteau de colza mais la cameline a l'avantage d'être facile à conduire agronomiquement. Plusieurs essais ont été conduits sur la valorisation des tourteaux de cameline dans l'alimentation des volailles et des bovins. Un essai conduit sur poulets de chair conventionnels (RYHÄNEN et Al., 2007) a montré que l'incorporation de tourteaux de cameline dans les rations à hauteur de 5 et 10% entraine une diminution de la prise alimentaire et de la croissance des animaux. Ces effets seraient dus à la teneur en glucosinolates de ce tourteau.

Globalement, il en ressort que le tourteau de cameline ne semble pas approprié dans l'alimentation des volailles tant qu'il n'existe pas de variété à faible teneur en facteurs antinutritionnels. A l'inverse, d'autres essais ont montré que le tourteau de cameline pouvait être intégré dans l'alimentation des poulets de chair comme source de protéines, d'énergie, d'Oméga 3 et 6. En effet, un essai réalisé par AZIZA et al (2010) sur poulets de chair a montré que l'indice de consommation entre le 1er et le 21ème jour d'âge était significativement meilleur pour le lot nourri avec une ration comprenant 10% de tourteau de cameline (pas de différence significative sur la durée totale du lot). De plus, l'introduction de tourteau de cameline dans les formules n'a pas eu d'effet significatif sur le poids des animaux.

4.3.3. Les protéagineux à graines biologiques : Pois, Féverole et Lupin

Malgré l'intérêt des protéagineux pour la rotation des cultures et leur teneur en MAT, leur protéine est pauvre en AAE. De plus, leur disponibilité est faible et variable et leur coût au point de protéines est élevé (ANDi, 2010). Les protéagineux sont une bonne source de protéines en remplacement du tourteau de soja à condition que l'on corrige leur déficience en acides aminés soufrés. Par conséquent, ceux-ci ne pourront être utilisés qu'à condition de les associer avec une autre source de protéines riche en AAE (LACASSAGNE, 1988).

4.3.4. Le concentré protéique de luzerne biologique

Actuellement, le concentré protéique de luzerne biologique est peu disponible et il semble que son utilisation pose des problèmes de digestibilité et d'appétence (ANDi, 2010). Un essai mené par SALICHON et BLUM (1994) a montré que l'incorporation de concentré protéique de luzerne comme source de protéines dans les formulations de poulets de chair conventionnels permettait une bonne croissance à condition de ne pas dépasser 4% de taux d'incorporation. Au-dessus de 4% le gain de poids diminue du fait d'une consommation moindre de l'aliment. Au niveau agronomique, il s'agit d'une bonne tête de rotation mais c'est une culture exigeante vis-à-vis de la qualité des sols.

4.3.5. Le concentré protéique de riz biologique

Le concentré protéique de riz est riche en protéines et en acides aminés essentiels. Il présente un ratio Met/Lys intéressant pour l'alimentation des volailles. Cette MP n'est pas d'origine française mais il semble que les quantités disponibles à l'import soient importantes (BALLET M., Global Nutrition, 2011, communication personnelle). Un faible taux d'incorporation de cette MP laisse envisager une meilleure valorisation des protéagineux produits localement.

4.3.6. L'ortie biologique

L'ortie est une MP riche en protéines qui peut être utilisée dans l'alimentation des volailles. L'ortie est une culture difficile à implanter, exigeante en eau et en matières organiques. Il est conseillé de la laisser en place au moins 10 ans sur une parcelle (DUTE, 2011). Des essais réalisés par le CTA (2005), ont montré que l'incorporation de 3 à 5% d'ortie dans les rations des poules pondeuses améliore le taux de ponte et

maintient (ou améliore) l'indice de consommation technique œuf. De plus, avec 20% d'ortie dans les rations, il y a un effet significatif sur la coloration du jaune d'œuf. Cependant, des essais en poulets de chair conventionnels (CTA, 2005), ont montré une corrélation négative entre le gain de poids et le pourcentage d'ortie incorporé dans les formules (2, 4, 6, 8 et 10%). De plus, il semble que l'ortie prévienne de la coccidiose et de la diarrhée des volailles (Scherer, 1999).

4.3.7. Les drèches de brasserie biologiques déshydratées

Les drêches de brasserie représentent une matière première protéique intéressante. La déshydration des drêches est indispensable pour pouvoir les stocker et les utiliser dans l'alimentation des volailles. Actuellement cette MP est souvent valorisée en frais pour des ruminants et il n'existe pas de filière de drêches biologiques déshydratées (BOESSINGER, 2005).

4.3.8. La levure de bière déshydratée

Il s'agit d'une MP disponible à l'importation tant qu'il n'y a pas d'obligation d'être biologique. En effet, elle n'est pas considérée (actuellement) dans le cahier des charges de l'agriculture biologique comme une MP d'origine agricole et n'est donc pas soumise à l'obligation d'être biologique. C'est une MP économiquement accessible mais elle est peu énergétique et il y a des limites d'incorporation (AND, 2010).

4.3.9. La spiruline (micro-algue)

Cette MP est peu disponible et il existe une concurrence avec l'alimentation humaine. Par conséquent cette piste est économiquement inaccessible (ANDi, 2010).

4.3.10. Le lactosérum

Malgré sa faible teneur en protéines, le lactosérum présente une protéine de qualité. En effet, sa protéine est plus riche en AAE que la protéine de soja et est très digestible (SAUVANT et Al., 2004).

4.3.11. Les ovo-produits

Cette piste est intéressante sur un plan nutritionnel mais elle reste inaccessible économiquement et il y a peu de disponibilité. De plus, l'utilisation de cette MP poserait un réel problème d'image par rapport aux consommateurs (ANDi, 2010).

4.3.12. Les farines de poissons

Pour pouvoir utiliser des farines de poissons dans l'alimentation des monogastriques biologiques, il est nécessaire qu'elles soient issues de pêche durable. Cette MP est peu disponible en France. De plus, son utilisation nécessite une spécialisation des usines (interdiction d'utiliser cette MP dans l'alimentation des ruminants) et pose un problème d'image par rapport aux consommateurs (ANDi, 2010).

4.3.13. Les macro-invertébrés : insectes, lombrics, gastéropodes et mollusques

Les invertébrés représentent la plus grande source mondiale de protéines animales. Une étude bibliographique britannique a démontré l'intérêt nutritionnel d'utiliser les macro-invertébrés dans l'alimentation des volailles (DEFRA, 2006). Cependant, il faut noter que leur utilisation nécessiterait une évolution de la réglementation car les farines animales sont actuellement interdites en alimentation animale.

a. La farine de vers de terre

La farine de vers de terre présente une teneur en protéines élevée et un profil en acides aminés intéressant pour l'alimentation des volailles (NAVARO et Al., 1989 in GREGOIRE et Al., 2004). L'essai mené par GREGOIRE et al (2004) a montré que la farine de lombriciens (taux d'incorporation de 10%) permet une croissance intermédiaire entre la farine de poissons et le tourteau de soja incorporés au même taux. Malgré l'intérêt de cette MP, celle-ci est inaccessible économiquement du fait du manque de production et de la difficulté de mise en œuvre d'une production à grande échelle (ANDi, 2010).

b. Les larves d'insectes

Les larves d'insectes sont particulièrement riches en matières protéiques et plusieurs publications scientifiques récentes les mentionnent comme source alternative de protéines à haut potentiel pour l'alimentation humaine et animale (ELWERT, 2010 – BOUAFOU et Al., 2007 et 2011).

c. La chair de crépidules

La crépidule (Crepidula Fornicata) est un mollusque gastéropode marin présent sur l'ensemble des côtes françaises et particulièrement en Basse Normandie, en Bretagne et en Vendée. Il s'agit d'une espèce envahissante néfaste à la pêche et à la conchyliculture. Une récolte régulière et pérenne de crépidules permettrait de contenir sa prolifération. Des essais d'utilisation de la crépidule en tant que complément alimentaire (sur plusieurs espèces dont les volailles) ont été menés par le zoopôle de Ploufragran dans le cadre du projet CREPIVAL. Il semble que ces essais étaient prometteurs mais les résultats n'ont pas été publiés (BMO, 2006).

d. La farine de moules

Des essais menés en Suède ont montré que les moules pouvaient être une bonne source de protéines de haute qualité pour les volailles en remplacement de la farine de poissons. En effet, les essais à des teneurs d'incorporation de 12% en poulets de chair et 15% en poules pondeuses ont montré qu'il n'y avait pas d'incidence sur les performances et qu'il y avait un effet bénéfique sur la pigmentation du jaune d'oeuf. Cependant, il reste des questions non résolues autour des aspects sanitaires, des aspects éthiques et du procédé de production (JÖNSSON, 2009).

Une synthèse des intérêts et limites des différentes MP est présentée dans le tableau 7 ci-après. Ce tableau permet de confronter les différentes pistes de travail sur un angle plus large que les seules données nutritionnelles.

<u>Tableau 7 :</u> Récapitulatif des intérêts et limites des matières premières

	INTERETS	LIMITES
TOURTEAUX D'OLEAGINEUX		
Soja	Riche en protéines bien Riche en lysine	Obligation de cuisson / Pauvre en méthionine / Peu disponible sauf à l'import / Culture : contraintes pédoclimatiques
Tournesol	Bien pourvu en AAS	Teneur élevée en cellulose / Pauvre en lysine et tryptophane / Peu disponible
Colza	Teneur en protéines Bon équilibre en acides aminés essentiels	Présence de facteurs antinutritionnels / Problèmes d'appétence / Peu disponible / Culture complexe
Chanvre	Teneur en protéines / Teneur en Oméga Culture facile en bio	Profil en acides aminés
Lin	Teneur en protéines / Teneur en Oméga Intérêt dans les rotations	Disponibilité Présence de facteurs antinutritionnels (cyanogènes)
Sésame	Teneur en protéines Excellent ratio Met/Lys	Disponibilité / Production exclusivement hors France
Cameline	Valeurs nutritionnelles proches du tourteau de colza / Culture plus facile que le colza	Disponibilité Présence de facteurs antinutritionnels
PROTEAGINEUX		
Pois	Riche en protéines/ Bien pourvu en Lysine Intérêt dans les rotations / Présence réduite de facteurs antinutritionnels	Difficile à produire / Pauvre en AA soufrés et tryptophane / Difficile à produire / Présente de tannins Pauvre en calcium
Féverole à fleurs blanche	Richesse protéique supérieure à celle du pois Bien pourvu en Lysine / Absence de tannins Intérêt dans les rotations	Pauvre en AA soufrés et tryptophane Baisse de la ponte
Lupin	Riches en protéines Intérêt dans les rotations	Profil médiocre en acides aminés essentiels Culture complexe / rendement aléatoire
CONCENTRE PROTEIQUE		
Concentré protéique de luzerne	Teneur en protéines et en AAE / Process industrielle existe / Intérêt agronomique de la luzerne / Riche en pigments	Disponibilité limitée / Process très consommateur d'énergie / Problèmes de digestibilité et d'appétence (taux d'incorporation élevé)
Concentré protéique de riz	Teneur en MAT Richesse en Méthionine	Nécessité d'importer la MP
LES MACRO-INVERTEBRES		
Farines de vers de terre	Nutritivement intéressant	Economiquement inaccessible / Problème d'image Production compliquée / Problème réglementaire
Larves d'insectes	Riche en protéines Volume potentiel important	Problème réglementaire / Problème d'image
Chair de crépidules	Disponibilité / Teneur en MAT / Qualité de la protéine / Lutte contre sa prolifération	Filière inexistante / Teneur en eau sur MP fraîche Problème réglementaire / Problème d'image
Farine de moules	Richesse en protéine	Problème réglementaire / Pas de filière de production en France / Problème d'image
AUTRES MATIERES PREMIERES		
Farines de poissons	Teneur et qualité de la protéine Digestibilité de la protéine	Peu disponible / Prix / Problème d'image Nécessite spécialisation des usines
Ortie	Teneur en MAT / Propriétés médicinales Appétence / Riche en pigments	Disponibilité / Difficulté d'implantation de la culture qui ne s'intègre pas dans le cadre d'une rotation
Drêches de brasserie	Ratio Mét/Lys	Composition variable (fonction orge et méthode de brassage) / Disponibilité limitée / Nécessité de déshydratation
Levures de brasserie	Riches en protéines / Disponible à l'import tant qu'il n'y a pas obligation d'être bio	Peu énergétique / Inquiétude réglementaire
Micro-algues : spiruline	Teneur en protéines Profil en acides aminés essentiels	Economiquement inaccessible Production contraignante
Lactosérum	Protéine de qualité	Variation de composition (fonction type de fromage) Teneur en protéines
Ovo-produits	Nutritivement intéressant	Prix / Non disponible / Problème d'image

Conclusion

La revue de la littérature a permis d'identifier plusieurs matières premières riches en protéines potentiellement intéressantes dans le cadre du passage à une alimentation 100% biologique en élevages avicoles. Ces matières premières sont susceptibles de limiter le recours massif aux tourteaux de soja biologiques envisagé. A noter que l'objectif ici n'est pas de formuler sans soja car il s'agit d'une matière première intéressante et déjà couramment utilisée en alimentation animale, mais de limiter au maximum son utilisation.

Les données relatives à l'utilisation de ces matières premières (valeurs nutritionnelles, seuil d'utilisation, etc.) sont bien connues pour celles utilisées habituellement en alimentation des volailles conventionnelles. Cependant, pas ou peu de données existent sur les matières premières un peu plus innovantes comme le tourteau de cameline, l'ortie ou encore la crépidule. De plus, les process autorisés en agriculture biologique peuvent aboutir à des matières premières biologiques aux caractéristiques variables et différentes des mêmes matières premières conventionnelles (exemple des tourteaux gras). La future interdiction d'utiliser 5% de matières premières conventionnelles dans les rations des monogastriques biologiques incite à une meilleure connaissance des matières premières utilisées en substitution. Ainsi, à partir des données recueillies, les autres actions en cours des programmes de recherche MONALIM BIO et AVIALIM BIO sont de :

- caractériser qualitativement les matières premières identifiées comme potentiellement pertinente (valeurs biochimiques et analyses de digestibilité sur poulets à croissance lente et coqs)
- proposer des formules innovantes pertinentes (sur la base des matières premières analysées) qui seront testées en station expérimentale et sur des élevages in situ.

Bibliographie

- AGENCE BIO, 2011. L'agriculture biologique – Chiffres clés. Edition 2011. 243 p.
- AMBROSEN T., PETERSEN V. E., 1997. The influence of protein level in the diet on cannibalism and quality of plumage of layers. Poultry Science. 76: 4, pp. 559-563
- ANDi, 2010. Mission d'appui technique en vue de la structuration et du développement des filières grandes cultures en agriculture biologique avec un focus sur l'alimentation animale à horizon 2012. AND pour Agence Bio, 75 p.
- ANTOINE D., 1984. L'élevage biologique de la poule pondeuse. Ed. Terre Vivante, Paris, 1984, 173 p.
- ANTOINE D., 2009. Optimiser son système d'alimentation. In Cahier technique : Produire du poulet de chair en AB, Techn'ITAB, ITAB, pp. 12-13
- ANTOINE D., 2010. Equilibrer l'alimentation. In Cahier technique : Produire des œufs biologiques, Techn'ITAB, ITAB, pp. 15-21
- AZIZA A A.E., QUEZADA N. et CHERIAN G., 2010. Feeding Camelina sativa meal to meat-type chickens : Effect on production performance and tissue fatty acid composition
- BESTMAN M. (Louis Bolk Institute, the Netherlands), 2010. 100% organic feed : what is done in the Netherlands ? Presentation held at the Eco Amino Conference, Koldkaergaard. November 4, 2010
- BLUM J.C. et Al., 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. 2ème édition, INRA, Paris, 1989, 282 p.
- BMO, 2006. Projet d'extraction et transformation de la crépidule en rade de Brest. Rapport d'étude dirigée par GLEMAREC J.P. pour Brest Métropole Océane, 2006, 45 p.
- BOESSINGER M., GERBER G. et WYSS U., Les drêches de brasserie, un aliment protéique intéressant. Revue UFA, Avril 2005, pp. 51-58
- BORGIDA L.P., 2005. Alternative meat chicken production; is our nutritional knowledge sufficient for their further development in EU? Proceedings of the 15th European Symposium on poultry nutrition, Balatonfüred, Hungary, 25-29 September, 2005, pp. 116-125
- BOUAFOU K. G. M., KONAN B., MEITE A., KOUAME K.G., KATY-COULIBALLY S., 2011. Détermination du taux optimal de farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance. Journal of Animal et Plant Sciences, 2011. Vol. 12, Issue 2: 1553-1559
- BOUAFOU K.G.M., KOUAME K.G. et OFFOUMOU A.M., 2007. Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés. TROPICULTURA, 2007, 25, 2, 70-74
- BUREAU J., EVRARD J., BURGHART P., LESSIRE M., RUDEAUX F., 1997. Valeurs alimentaires des tourteaux et graines de lin pour la volaille. 2ème Journées de la Recherche Avicole, 1997, pp.37-39
- CARRE B. et ROZO E., 1990. La prédiction de la valeur énergétique des matières premières destinées à l'aviculture. INRA Prod. Anim., 1990, 3(3), 163-169

- CREVIEU-GABRIEL I., 1999. Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. INRA Prod. Anim., 1999, 12(2), 147-161

- CTA, 2005. Développement d'une nouvelle culture fourragère protéique : la Grande Ortie. Rapport d'activité final du projet, Strée (Belgique), juillet 2005, pp. 50-55

- DEFRA, 2006. Organic egg production – a sustainable methode for meeting the organics hen's protein requirements. Research project final report, 25 p.

- DEZAT E., 2011. Résultats de l'enquête avicole 2010/2011 – Enquête réalisée auprès des aviculteurs du Grand-Ouest. Pôle porc-aviculture des Chambres d'Agriculture de Bretagne, Novembre 2011, p. 42

- DOREAU M. et CHILLIARD Y., 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals, Bristish Journal of Nutrition (1997), 78, Suppl. 1, pp. 15-35

- DROGOUL C., GADOUD R., JOSEPH M.M. et JUSSIAU R., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Editions Educagri, Dijon, 2004, 270 p.

- DUPETIT C., 2011. Etat des lieux des besoins des filières animales monogastriques biologiques et potentialités de production en légumineuses à graines biologiques en vue du passage à une alimentation issue à 100% de l'Agriculture Biologique. Rennes : Agro Campus Ouest, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur Agronome

- DUTE J., 2011. La grande ortie : de la plante sauvage à la plante cultivable. Synthèse Bibliographique, Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire, Mars 2011, 13 p.

- ELWERT C., KNIPS I. et KATZ P., 2010. A novel protein source : Maggot meal of the Black Soldier fly (hermetia illucens) in broiler feeed. [Acte de colloque] Tagung schweine - und geflügelernährung, Wittenberg, 23 -25 Novembre 2010, pp. 140-142

- ELWINGER K. and TAUSEN R., 2009. Low-methionine diets are a potential health risk in organic egg production. European Symposium on Poultry Nutrition, Edinburgh, Scotland, August 23-27

- FANATICO A., 2010. Organic Poultry Production: Providing Adequate Methionine. A publication of ATTRA, 2010, 20 p.

- FILLIAT C., 2009. Gérer l'équilibre sanitaire des animaux, in Tecn'ITAB : Produire du poulet de chair en AB, avril 2009, pp. 14-15

- FOUCHER F., 2009. Objectif 100% bio, la profession s'intérroge. Biofil, n°66, pp. 37-38

- FRANCESCH M., 2005. Facteurs nutritionnels modifiant l'humidité et la qualité des excrétas et de la litière en volailles. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 30 et 31 mars 2005, pp. 146-153

- GADOUD R., JOSEPH M., JUSSIAU R., Lisberney M., MANGEOL B., MONTMEAS L. et TARRIT A., 1992. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Les Editions Foucher, Paris, 1992, 286 p.

- GREGOIRE R., PAGE F., SAUVESTY A., 2004. Valeur nutritive de la farine de lombriciens de l'espèce Eisenia fetida pour l'alimentation du poulet, in Agrosol, Institut de recherche et de développement en agroenvironneemnt, juin 2004, vol.15, n°1, pp. 43-52

- GUEMENE D., GERMAIN K., AUBERT C., BOUVAREL I., CABARET J. , CHAPUIS H., CORSON M., JONDREVILLE C., JUIN H., LESSIRE M., LUBAC S., MAGDELAINE P. et LEROYER J., 2009. Les productions avicoles biologiques en France : état des lieux, verrous, atouts et perspectives, Inra Prod. Anim., 2009, 22(3), pp. 161-178.
- GUILLEVIC M., MAIRESSE G., WEILL P., GUIBERT J.M. et CHESNEAU G., 2010. Un apport en graines de lin extrudées chez le poulet et la dinde participe à l'amélioration de la qualité nutritionnelle de la viande. 13èmes Journées "Sciences du Muscle et Technologie des Viandes», Clermont-Ferrand, Octobre 2010, pp. 51-52
- JEAN-BLAIN C., 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Editions TecetDoc, Paris, 2002, 424 p.
- JOHANSEN N. F., 2010. Alternative High-Value Protein Sources. Presentation held at the Eco Amino Conference, Koldkaergaard (Denmark). November 4, 2010
- JOHANSEN N. F., 2010. The Amino Acid Impact on Animal Welfare, Productivity and Environment, Presentation held at the Eco Amino Conference, Koldkaergaard (Denmark). November 4, 2010
- JÖNSSON L., Sweden, 2009. Mussel Meal in Poultry Diets – with Focus on Organic Production, Swedish University of Agricultural Sciences: Doctoral thesis, 57 p.
- KJELDSEN K., Vitalys A/S, Denmark, 2010. Is Free Amino Acids a Possibility? Organic Amino Acid Production – Feasible or not? Presentation held at the Eco Amino Conference, Koldkaergaard. November 4, 2010
- LACASSAGNE L., 1988. Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja. In : INRA Productions Animales, 1988, 1(1), pp. 47-57
- LAISSUS B. La Lombriculture. Paris, 1985, 63 p.
- LARBIER M., LECLERCQ B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles. INRA. Paris, 1992, 355 p.
- LAROCHE N., 2010. Gérer l'équilibre sanitaire de ses animaux, in Techn'ITAB : Produire des œufs biologique, juin 2010, pp. 25-26
- LEBAS F. et OUHAYOUN J. 1984. Valeur d'usage du tourteau de chènevis dans l'alimentation du lapin en engraissement [en ligne]. Disponible sur http://www.chanvre-info.ch. Consulté le 15.02.2012
- LESSIRE M., HALLOUIS J.M., HERVE J., 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
- LESSIRE M., HALLOUIS J.M., QUINSAC A., PEYRONNET C. et BOUVAREL I., 2009a. Influence du mode d'obtention du tourteau de colza : pression à froid, à chaud ou extraction à l'hexane sur les performances de croissance, la composition corporelle et le poids des thyroïdes chez le poulet de chair. Actes des 8èmes journées de la recherche avicole, St Malo, 2009, pp. 191-195
- LESSIRE M., HALLOUIS J.M., QUINSAC A., PEYRONNET C. et BOUVAREL I., 2009b. Valeurs énergétique et azotée des nouveaux tourteaux de colza obtenus par pressage; comparaison entre coq et poulet. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009, pp.249-253

- MAGDELAINE P. et RIFFARD C., 2010. Analyse comparée des dynamiques des filières avicoles biologiques au sein de l'Union Européenne. Rapport de synthèse, ITAVI, Juin 2010, 41 p.
- OUJIFARD A., SEYFABADI J., KENARI A.A. et REZAEI M., 2012. Fish meal replacement with rice protein concentrate in a practical diet for the pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei Boone, 1931. Aquacult Int (2012) 20 :117-129
- PADEL S. et SANDRUM A., 2006. How can we achieve 100% organic diets for pigs and poultry? Poster at: What will organic farming deliver COR 2006, Edinburgh, 18-20 September 2006. [Unpublished]
- PALLESEN B. E., 2010. Hemp as organic protein source for pigs and poultry. Presentation held at the Eco Amino Conference, Koldaergaard, November 4, 2010
- PEGURI A. et COON C., 1993. Effect of feather coverage and temperature on layer performance. Poultry Science 722(7), 1993, pp. 1318-1329
- PELLANDA H., 2012. Expression des enzymes de la reméthylation de l'homocystéine et effets épigénétiques de la mycotoxine FB1 (fumonisine) dans l'hépatocarcinome. Nancy: Université de Lorraine, Thèse pour le titre de docteur de l'université de Lorraine
- QUENTIN M., BOUVAREL I. et PICARD M., 2005. Effects of crude protein and lysine contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial broilers from 42 to 77 days of ageAnim. Res. 54 (2005) 113–122
- QUINSAC A., BOUVAREL I., BUFFO P., BURGHART P., CARRE P., DUROUEIX F., EVRARD J., LARROUDE P., LEROUX Y., LESSIRE M., LOISON J.P., METAYER D., PAGES X. et RAIMBAULT J., 2005. Intérêt de différents tourteaux de soja partiellement déshuilés par extrusion-pression, pour l'élevage de poulets « label ». Sixièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 30 et 31 mars 2005, pp. 297-301
- RODENBURG T.B., VAN HARN J., VAN KRIMPEN M.M., RUIS M.A., VERMEIJ I. et SPOOLDER H.A. , 2008. Comparaison of three different diets for organic broilers : effects on performance and body condition, British Poultry Science (2008), 49(1) :74-80
- RYHÄNEN E.L., PERTTILÄ S., TUPASELA T., VALAJA J., ERIKSSON C. et LARKKA K., 2007. Effect of Camelina sativa expeller cake on perofrmance and meat quality of broilers. J Sci Food Agric 87 :1489-1494 (2007)
- SALICHON M.R. et BLUM J.C., 1994. Utilisation des protéines de luzerne (PX Super) pour la croissance et la coloration du poulet de chair. Revue de l'alimentation animale, 1994, no480, pp. 42-44
- SANDRUM A., SCHNEIDER K., RICHTER U., 2005. Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. Organic Revision, 2005, 71 p.
- SAUVANT D., PEREZ J.M. et TRAN G., 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage – Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Editions, Versailles, France, 301 pp.
- SCHERER JP, 1999. L'ortie, une plante fourragère à redécouvrir, biofil, numéro 8, p 33-34, décembre 1999
- SERUP T., 2010. Hempseed-cake as feed for organic pigs. Presentation held at the Eco Amino Conference, Koldaergaard, November 4, 2010

- SOLTNER Dominique, 1999. Alimentation des animaux domestiques. Tome 1 – Les principes de l'alimentation de toutes les espèces – Collection sciences et techniques agricoles. 21ème édition, 1999, 180p.
- TARRIT A., 1992. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Les éditions Foucher, Paris, 1992, 286p.
- TAUSON R. et SVENSSON S.A., 1980. Influence of plumage condition on the hen's feed requirement. Swedish Journal of Agriculture Research 19, 1980, pp. 35-39
- VALBIOM, 2006. Les qualités nutritives du tourteau de colza gras. Fiche colza 07, version du 29 novembre 2006, 4p.
- WISEMAN J. et LESSIRE M., 1987. Interactions between fats of differing chemical content: Apparent metabolisable energy values and apparent fat availability, Brit. Poultry Sci., 28, pp. 663-676

Table des figures et des tableaux

Figures

Figure 1 : Représentation schématique de la digestion chez le poulet ---------- 2
Figure 2 : L'appareil digestif du poulet ---------- 2
Figure 3 : Les différentes étapes de l'utilisation de l'énergie de l'aliment ---------- 5
Figure 4 : Le métabolisme protéique ---------- 6
Figure 5 : Classement des acides aminés ---------- 7
Figure 6 : Synthèse des incertitudes vis-à-vis du passage à une alimentation 100% bio ---------- 15
Figure 7 : La réaction catalysée par la bétaïne-homocystéine méthyltransférase -- 16

Tableaux

Tableau 1 : Apports recommandés pour le poulet « label » en % du régime ------- 8
Tableau 2 : Apports recommandés pour la poulette biologique en % du régime ---- 8
Tableau 3 : Apports recommandés pour la pondeuse biologique en % du régime -- 9
Tableau 4 : Ratios recommandés dans l'alimentation des volailles ---------- 9
Tableau 5 : Mortalité due au cannibalisme et à la goutte en fonction du taux de protéines de la ration ---------- 12
Tableau 6 : Récapitulatif de la composition et des valeurs nutritionnelles des différentes matières premières ---------- 18
Tableau 7 : Récapitulatif des intérêts et limites des matières premières ---------- 24

Rédacteur : **Anne-Sophie DELASSUS** – Apprentie Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire
Tél. 02.41.18.60.35. Mail : anne-sophie.delassus@pl.chambagri.fr

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

Région PAYS de la LOIRE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORET

avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural»