

**Hubbard**

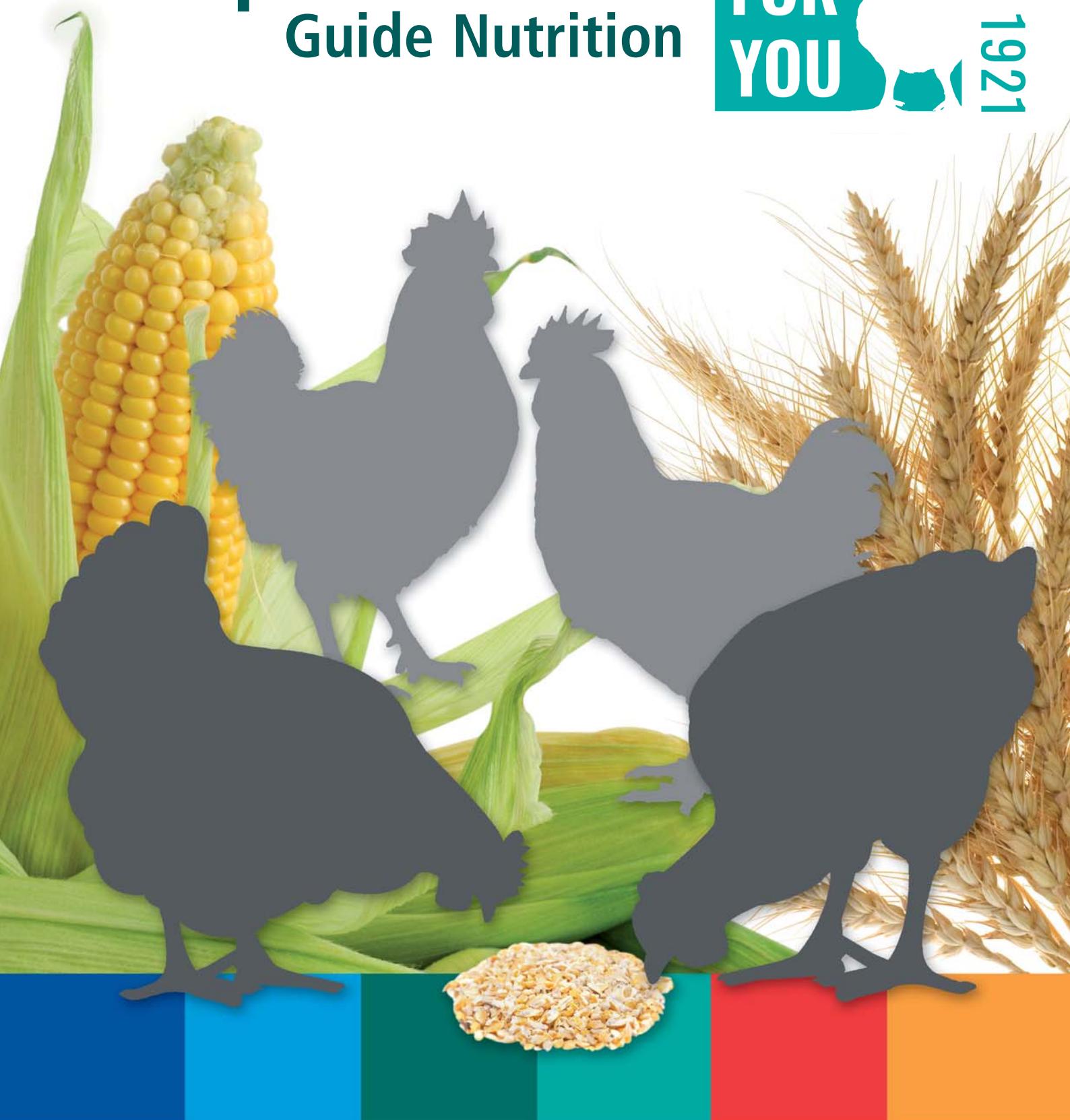
YOUR CHOICE, OUR COMMITMENT

BREEDING  
FOR  
YOU

SINCE 1921

# Reproducteurs

## Guide Nutrition



**Hubbard**  
YOUR CHOICE, OUR COMMITMENT

BREEDING  
FOR  
YOU  
SINCE 1921

# TABLE DES MATIERES

## INTRODUCTION

### BESOINS ENERGETIQUES

- Estimations de la valeur énergétique 4
- Besoins énergétiques 5
- Niveau énergétique et avantages d'un régime riche en fibres pour les 6
- Bienfaits de la matière grasse 7

### BESOINS EN PROTEINES ET ACIDES AMINES

- Niveau minimum en protéines brutes 8
- Acides aminés digestibles 8
- Ratio protéines -acides aminés / énergie 9

### APPORT NUTRITIONNEL EN MINERAUX ET VITAMINES

- Minéraux 10
- Vitamines ajoutées 13
- Effets antioxydants dans le jaune d'œuf, les spermatozoïdes et l'embryon 17

### MATIERES PREMIERES ET CONTROLE QUALITE

- Céréales et coproduits 19
- Sources de protéines végétales 21
- Huile ajoutée 23
- Utilisation d'enzymes exogènes 24
- Programmes de contrôle qualité 26

### CONTAMINANTS ET HYGIENE DES ALIMENTS

- Moisissures et Mycotoxines 29
- Contamination microbienne endogène: salmonelle 31
- Contamination croisée 34

### PRESENTATION DE L'ALIMENT

- Aliments granulés ou miettes 35
- Aliments farine de bonne présentation 35

### PROGRAMME D'ALIMENTATION/ FORMULATION

- Alimentation des animaux en pré-démarrage et démarrage 39
- Alimentation des animaux en croissance 39
- Transition de la croissance à la ponte 40

- Alimentation en période de ponte	40
- Alimentation des mâles	41

## QUESTIONS LES PLUS FREQUENTES

- Faut-il apporter une alimentation spécifique dans les "climats chauds"?	42
- Comment prévenir et traiter le syndrome du foie gras sur reproducteur?	42
- Quels sont les facteurs nutritionnels qui impactent les qualités des coquilles ?	43

## NOTES

**Note:** Les données de performances fournies dans ce document ont été établies à partir de notre expérience et des résultats obtenus sur nos propres animaux d'expérimentation ou sur les animaux de nos clients. Les données de ce document ne sauraient en aucun cas garantir l'obtention des mêmes performances dans des conditions de nutrition, densité ou environnement physique ou biologique différentes. En particulier (mais sans limitation de ce qui précède), nous ne donnons aucune garantie d'adéquation au but, à la performance, à l'usage, à la nature ou à la qualité des animaux. Hubbard ne fait aucune déclaration quant au caractère précis ou complet des informations contenues dans ce document.

## INTRODUCTION

L'amélioration génétique continue, faite sur les performances des poulets de chair, induit des modifications génétiques sur les reproducteurs. Comprendre comment ces changements affectent les besoins nutritionnels des troupeaux est une des clés de l'optimisation des performances des reproducteurs.

De nouvelles connaissances sur la gestion et la nutrition des reproducteurs chair contribuent à l'élaboration de nouvelles techniques d'élevage. Par exemple, la recherche et l'expérience terrain montrent que les techniques appliquées sur les troupeaux de poulettes futures reproductrices ont des répercussions spectaculaires sur les performances en production. Les programmes d'élevage vont continuer à se focaliser sur le poids, mais aussi sur la composition corporelle des animaux. La recherche montre également que l'apport de certains nutriments affecte la production des reproducteurs mais influence aussi la qualité des poussins et les performances des poulets de chair. Les interactions entre techniques d'élevage et nutrition montrent l'importance d'une bonne concertation entre le nutritionniste qui doit garantir une bonne évaluation des nutriments et le responsable d'élevage qui doit estimer les quantités d'aliment nécessaires aux reproducteurs.

Nos recommandations en énergie, protéines, acides aminés, minéraux et vitamines sont des indications générales quant aux valeurs optimales. Les valeurs optimales locales des nutriments seront affectées par les facteurs environnementaux : le climat, les maladies, la gestion d'élevage et les matières premières ; ces données doivent toujours être interprétées par des nutritionnistes locaux.

Septembre 2011

# BESOINS ENERGETIQUES

L'énergie n'est pas un nutriment; elle est fournie par des éléments nutritifs : les matières grasses, les glucides et les protéines. L'énergie est nécessaire au maintien des fonctions métaboliques de base, de la croissance pondérale et de la production d'œufs des volailles.

Dans la plupart des formulations pour reproducteurs, l'énergie est le « nutriment » de base quelque soit le climat considéré.

Le système « énergie métabolisable » (EM) est traditionnellement utilisé dans la formulation des aliments volailles. L'EM est la différence entre : l'énergie brute de l'aliment consommé et l'énergie brute excrétée dans les fèces, l'urine et les gaz. L'EM exprime donc l'énergie disponible d'un aliment.

## ❖ L'estimation de la valeur énergétique

Comme le montre le tableau 1 ci-dessous, il existe des différences importantes entre les bases de données de nutriments concernant les valeurs d'EM attribuées aux matières premières utilisées dans la fabrication d'aliments, même si ces matières premières portent le même nom. Certaines variations géographiques peuvent contribuer à des différences de teneur en humidité des matières premières, mais même lorsque la valeur d'EM est calculée sur matière la sèche, les valeurs d'EM attribuées montrent des différences significatives.

Tableau 1: Valeurs du maïs, blé et farine de soja montrant des différences de valeurs d'EM (matière brute)

Région – Table	Maïs		Blé		Farine de soja, 48%	
	Kcal/kg	MJ/Kg	Kcal/kg	MJ/Kg	Kcal/kg	MJ/Kg
Brésil – Rostagno (1)	3 381	14.15	3 046	12.74	2 302	9,63
Europe – Janssen (2)	3 289	13.79	3 036	12.69	2 323	9,72
France – INRA (3)	3 203	13.40	2 988	12.50	2 366	9,90
Pays Bas – CVB (4)	3 415	14.29	3 258	13.63	2 309	9,66
USA – Feedstuffs (5)	3 390	14.18	3 210	13.43	2 458	10,28

- (1) Rostagno, H.S. (ed). 2005. Brazilian tables for poultry and swine. Composition of feedstuffs and nutritional requirements. 2<sup>nd</sup> ed. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Brazil.  
(2) Janssen, W.M.M.A. (ed). 1989. European table of energy values for poultry feedstuffs. 3<sup>rd</sup> ed. Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services, Beekbergen, the Netherlands.  
(3) Sauvant, D., J-M Perez, and G. Tran (eds). 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA 2<sup>nde</sup> ed. INRA-AFZ, France.  
(4) Centraal Veevoederbureau (CVB). 2008. CVB Table booklet feeding of poultry. CVB-series no.45.  
(5) Feedstuffs 2008 Reference issue and buyers guide. Feedstuffs, September 10, 2008. Minnetonka, Minnesota, USA.

Les principales différences sont dues aux:

- ⦿ Méthodes de mesure ;
- ⦿ Type d'animal utilisé comme modèle (volaille adulte contre jeunes poulets de chair) ;
- ⦿ EM Apparente et EM Vraie (prenant en compte l'Energie Endogène) ;
- ⦿ Consommation d'aliment durant le test ;
- ⦿ Correction pour le bilan azoté.

Par conséquent, la valeur d'EM calculée d'un aliment donné peut varier en fonction du choix des valeurs d'EM des matières premières composant la formule d'aliment.

En théorie, L'EMV est plus fiable. Mais en pratique, il est difficile d'estimer l'Énergie Endogène (elle dépend de la consommation d'aliment, du type d'aliment, etc. ...). L'EMA est le système énergétique le plus utilisé dans la pratique.

La rétention d'azote induit une déviation de la valeur d'EM en raison de sa dépendance vis-à-vis du stade physiologique (croissance, production ou maintenance), de la nature de l'aliment ou du niveau d'ingestion. Comme le but est de formuler un aliment équilibré, et ce pour tous les stades physiologiques, une correction pour un bilan azoté nul a été utilisée dans les travaux de recherche les plus récents.

La plupart des fabricants d'aliments ont récemment mis en œuvre des études de digestibilité des matières premières sur le jeune coq et ont effectué des corrections prenant en compte l'azote et la consommation d'aliment. Des équations de prédiction basées sur le système bien connu de l'Énergie Métabolisable Apparente (AMEn) et sur les résultats de ces études ont été développées.

Les teneurs recommandées en EM des régimes alimentaires des reproducteurs Hubbard (voir notices d'élevage par produit) sont toutes basées sur les teneurs en EM attribuées aux matières premières alimentaires communément utilisées dans le monde et basées sur le système énergétique AMEn.

La différence entre les régimes alimentaires ayant des valeurs d'énergie élevée (matières grasses) et des valeurs d'énergie faible (fibre) ne peut vraiment être estimée que par la pratique, en mesurant le poids corporel et la production des reproducteurs et en mettant ces résultats en relation avec le standard de la souche. De plus, la quantité d'énergie ingérée peut aussi dépendre de façon significative de la présentation de l'aliment.

## ❖ Besoins énergétiques

La prédiction de la valeur énergétique de la formule d'aliment doit être précise pour estimer la ration à distribuer aux reproducteurs.

Les lignées conventionnelles de reproducteurs chair à croissance rapide ayant accès à une alimentation *ad libitum* peuvent consommer une ration de 30 à 50 % supérieure à celle nécessaire pour couvrir leurs besoins d'entretien et une production d'œuf optimale (Lopez et Leeson, 1994). Une consommation énergétique supérieure aux besoins a un effet négatif sur la production d'œufs, la qualité de la coquille, la fertilité et l'éclosabilité (McDaniel et al., 1981). Par conséquent, le rationnement alimentaire en élevage et en production réduit considérablement une oviposition erratique et améliore le nombre d'œufs à couver jusqu'en fin de production (Yu et al., 1992). De plus, le rationnement améliore la persistance de la fertilité par rapport à une alimentation à satiété (Goerzen et al., 1996).

En revanche, quelque soit le système énergétique utilisé, il doit toujours y avoir suffisamment d'énergie dans la ration des reproducteurs pour couvrir leurs besoins d'entretien, de croissance et de production d'œufs.

En règle générale, les poules reproductrices de type chair sont rationnées et la ration est réduite peu après le pic de ponte ou après le maximum de masse d'œuf produite. Le taux de rationnement est fonction de la température, du poids des poules et de la croissance après le pic de ponte.

La température est le facteur environnemental principal influençant les besoins énergétiques des volailles. Lorsque la température ambiante varie, l'apport énergétique peut être ajusté comme suit:

- Augmentation de 25 kcal (Reproductrices Naines) à 30 kcal (Conventionnelle)/jour si la température baisse de 20 à 15°C (68 à 59°F).
- Réduction de 20 kcal (Naine) à 25 kcal (Conventionnelle)/jour si la température augmente de 20 à 25°C (68 à 77°F).
- L'influence de la chaleur sur les besoins énergétiques n'est pas claire. A des températures supérieures à 27°C (81°F), les volailles ont besoin d'énergie pour évacuer la chaleur. Cependant, ces demandes d'énergie additionnelle ne sont pas les mêmes pour toutes les volailles car leur poids, leur consommation d'aliment, leur plumage et leur activité peuvent avoir un effet sur leur réponse aux changements de température. La composition de l'aliment, les quantités apportées et la gestion de l'environnement (ventilation) doivent être contrôlées afin de réduire le stress lié à la chaleur.

Les reproducteurs en cage ont moins d'activité, ce qui réduit leurs pertes énergétiques. La réduction de la ration est de 5 à 8 % par rapport aux reproductrices élevées au sol (se référer aux notices d'élevage Hubbard). La prévision des besoins énergétiques des reproducteurs en cage n'est pas facile car elle doit prendre en considération la ventilation, la densité dans les cages et l'emplumement.

## ❖ Niveau énergétique et avantages d'un régime riche en fibre pour les reproducteurs

Les reproducteurs chair peuvent tolérer une large gamme de concentration en EM (2400 – 3000 kcal/kg).

Les expérimentations sur le terrain montrent que l'utilisation de formules basse énergie en élevage améliore l'uniformité du cheptel, retarde la maturité sexuelle et augmente le poids des œufs en début de ponte. En production, d'autres études montrent que les formules basses énergie augmentent le poids des œufs et des poussins d'un jour et améliorent la croissance et la viabilité des poussins (Enting et al. 2007). Le rationnement des reproducteurs chair provoque chez ces animaux une sensation de faim très forte qui peut déclencher des comportements stéréotypés comme des coups de bec sur leurs congénères, sur des objets de leur environnement, des consommations d'eau excessives, une plus grande activité (Savory et Kostal, 2006 ; Hocking et al., 1996 ; Zuidhof et al., 1995) et à une augmentation du taux de corticostérol dans le sang (Mench, 1991 ; Hocking et al., 2001). Les expérimentations faites avec des régimes alimentaires dilués et riches en fibre (2400 – 2700 Kcal/kg) ont pour but l'amélioration de la sensation de satiété. Ces régimes dilués augmentent les volumes et les temps d'ingestion, le remplissage du tube digestif et on observe une réduction de l'agressivité des reproducteurs.

Nutritionnellement, chimiquement et physiquement, les fibres sont considérées comme un matériau hétérogène. Ce mélange hétérogène peut être divisé en deux sous-classes principales qui sont d'une part les fibres solubles, visqueuses et fermentescibles, et d'autre part, les fibres insolubles, non visqueuses et non fermentescibles. Cette différentiation entre composants fibreux solubles et insolubles dans l'eau a contribué à élucider les effets physiologiques des fibres (Newman et al., 1992). En effet, les deux sous-classes ont des rôles différents dans les procédés de digestion /absorption au niveau du système gastro-intestinal (tableau 2).

Tableau 2: Fibres solubles contre fibres insolubles

Fibres solubles	Fibres insolubles
<ul style="list-style-type: none"><li>• Font baisser le taux de passage intestinal</li><li>• Réduisent la digestion des graisses, protéines et amidon</li><li>• Constituent une source d'énergie pour les animaux monogastriques</li><li>• Affectent la viscosité des digestats</li><li>• Sont essentiellement composées de parties fermentables</li><li>• Réduisent la matière sèche dans les fèces</li><li>• Lient les nutriments (pectine)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sont des fibres structurantes</li><li>• S'accumulent dans le gésier. Régulent le passage digestif</li><li>• Améliorent la digestibilité de l'amidon</li><li>• Augmentent le taux de passage intestinal</li><li>• Sont peu fermentables</li><li>• Stimulent les villosités intestinales</li><li>• Ne constituent pas une source d'énergie pour les jeunes animaux monogastriques</li><li>• Augmentent la matière sèche dans les fèces</li></ul>

On a longtemps considéré que la fraction insoluble ne jouait qu'un rôle de dilution. Cependant, en plus de leur effet sur la consommation d'énergie et sur le temps d'ingestion, Hetland et al (2003) ont montré que les fibres insolubles augmentaient les temps de rétention dans le gésier et amélioraient la digestibilité de l'amidon en augmentant le reflux gastro-intestinal de sels biliaires. On observe également qu'une teneur plus importante en fibre insoluble peut réduire les comportements stéréotypés tels que le piquage des plumes de la queue.

Pour tous les régimes riches en fibre, il est essentiel que la croissance des reproducteurs chair soit conforme au standard de poids de la souche donnée. Avec les régimes à faible EM, les quantités d'aliment ingérées sont plus fortes par rapport à celles des régimes plus énergétiques. Les quantités d'eau disponibles doivent également être plus élevées pour provoquer un gonflement du bol alimentaire dans le tube digestif afin d'obtenir une sensation de satiété.

L'utilisation de régimes dilués, surtout en période d'élevage dépend principalement de la disponibilité et du coût des matières premières. Certains ingrédients fibreux sont mal connus et ont une valeur d'EM

imprécise, d'autres augmentent le risque de contamination par les mycotoxines concentrées dans les téguments de graines fibreuses.

## ❖ Bienfaits de la matière grasse

Il existe des preuves contradictoires quant aux bénéfices générés par les teneurs et / ou par les sources de matières grasses sur la performance des reproducteurs ; mais tous s'accordent sur le fait que c'est une considération importante dans la pratique de la nutrition des reproducteurs.

Les matières grasses présentent plusieurs caractéristiques qui en font un élément particulièrement utile dans les formulations d'aliments des reproducteurs chair:

- Les matières grasses représentent une source d'énergie concentrée. Elles ont environ 2,25 fois plus d'énergie par unité de poids que les glucides.
- L'énergie provenant des matières grasses est généralement utilisée plus efficacement par les volailles que l'énergie issue des protéines ou des glucides et plus particulièrement lorsque la graisse est déposée dans les tissus. Dans des conditions de température élevée, les matières grasses servent de source d'énergie facilement disponible pour faire face aux demandes accrues en énergie permettant un taux de respiration plus élevé (ouverture du bec et évaporation).
- Les matières grasses génèrent une faible hausse de température corporelle, c'est à dire que la digestion et la métabolisation d'une calorie de graisse génèrent moins de chaleur corporelle (extra chaleur) que celle d'une calorie de protéine ou de glucide. Ceci est particulièrement bénéfique en cas de stress thermique.
- Les mélanges de matières grasses contenant des huiles végétales représentent une bonne source d'acide linoléique et d'autres acides gras essentiels. Certains régimes alimentaires à base de céréales peuvent avoir une teneur assez faible en acide linoléique générant le risque d'obtenir des œufs de taille inférieure à la normale : ceci est surtout vrai pour les souches naines.
- Les graisses et huiles ajoutées fixent la poussière et augmentent la palatabilité des régimes à base de farine.

On accorde plus d'attention aux acides gras polyinsaturés (AGPI) et plus particulièrement aux AGPI n-3, en raison de leur effet bénéfique sur l'immunité et les maladies inflammatoires mais aussi sur l'intégrité des membranes cellulaires, la compétence immunitaire, la fertilité et le développement embryonnaire.

On a démontré que la composition en acides gras du régime maternel affectait la composition en acides gras du jaune, et peut avoir un effet sur l'éclosabilité et la qualité de la descendance (Vilchez et al., 1990). Complémenter le régime alimentaire des mâles avec de l'huile modifiera partiellement le profil des acides gras phospholipidiques des spermatozoïdes. La capacité fertilisante du sperme est améliorée par un régime complémenté avec des AGPI à longue chaîne de la série n-3 (Blesbois et al., 1997).

Les AGPI étant très sensibles à la peroxydation (Oarada et al ; 2008), complémenter l'alimentation des parentales avec des antioxydants (se référer plus loin à la section sur les effets antioxydants dans le jaune d'œuf, les spermatozoïdes et l'embryon) a un effet bénéfique sur la protection contre l'oxydation du sperme, du jaune d'œuf et du poussin d'un jour.

# BESOINS EN PROTÉINES ET ACIDES AMINÉS

Les protéines sont des composants structurels des tissus comme les plumes et les muscles. Les volailles utilisent les acides aminés qui sont les constituants élémentaires des protéines. Une protéine brute donne peu d'information sur la composition en acides aminés et/ou leur disponibilité.

## ❖ Niveaux minimum en protéines brutes

Certains aliments du commerce sont toujours formulés avec un taux minimum de protéine brute (PB) assez élevé. En conséquence, ces aliments, à l'exception de la méthionine et de la cystine (AAS) ont des taux d'acides aminés significativement trop élevés. Par exemple, une formulation maïs/soja basée sur un taux de protéines brutes peut être excédentaire en lysine (jusqu'à 30 % au-dessus des besoins) et en isoleucine qui peut ainsi entraîner un plus grand dépôt de muscle du bréchet et une plus faible fertilité (Coon et al, 2006).

Bien que les tableaux d'alimentation Hubbard donnent des taux de PB minimum, il est fortement recommandé de formuler sur les taux d'acides aminés. Cependant, lorsque la teneur minimale en protéine brute n'est pas spécifiée dans la formulation, il faut prendre en compte la teneur de tous les *acides aminés essentiels* afin d'éviter des carences. Si l'on utilise des acides aminés synthétiques pour les acides aminés majeurs tels que la lysine, la méthionine (plus cystine) et la thréonine, les acides aminés limitants dans la plupart des régimes alimentaires peuvent être le tryptophane, l'arginine, la valine ou l'isoleucine. Par conséquent, si l'on prend en considération les acides aminés essentiels comme la méthionine (plus cystine), la lysine et la thréonine, il est nécessaire de spécifier une teneur minimale en protéine brute afin d'éviter des carences pour les autres acides aminés.

La teneur en protéine brute peut également être utilisée pour le contrôle de la qualité des mélanges de matières premières des aliments.

## ❖ Acides aminés digestibles

Les besoins totaux en acides aminés d'une poule reproductrice comprennent trois composantes: les besoins d'entretien, les besoins pour l'accrétion de protéines sur le tissu musculaire et les besoins pour la production d'œufs.

Une part (généralement 10–15%) des acides aminés contenus dans le régime alimentaire n'est pas digérée. Les acides aminés sont alors excrétés : ce qui élève le taux d'azote dans les fèces. Une forte excrétion d'azote dans la litière peut conduire à des lésions de la voûte plantaire et à un excès d'ammoniac qui peut irriter les yeux et l'appareil respiratoire.

Comme la partie indigestible varie considérablement d'un ingrédient à l'autre, il est recommandé de formuler sur des acides aminés digestibles. Par exemple, un tourteau de soja, de la viande et un tourteau de graines de coton contiennent à peu près les mêmes quantités de méthionine totale mais il existe de grandes différences quant à la digestibilité de leur méthionine.

Les régimes formulés sur les acides aminés totaux doivent intégrer des marges de sécurité importantes car les taux de digestibilité des acides aminés des différents ingrédients sont très variables. En formulant les régimes alimentaires sur la base des acides aminés digestibles, la marge de sécurité peut être réduite. Cette méthode donne une meilleure estimation de la biodisponibilité des acides aminés de l'aliment. Les régimes alimentaires modernes doivent donc être formulés uniquement sur la base d'acides aminés digestibles. Ce procédé plus exact, conduit à des régimes plus économiques et peut réduire l'impact sur l'environnement, comparativement à une formulation basée sur les acides aminés totaux ou sur les protéines brutes.

Les progrès faits dans l'analyse des matières premières et l'évaluation des acides aminés digestibles devraient permettre d'éviter les excès inutiles en protéine qui engendrent un risque pour l'éclosabilité et la qualité de la litière.

### ❖ Ratio protéines -acides aminés / énergie

Les teneurs en protéines et en acides aminés du régime alimentaire et leur ratio par rapport à la teneur en énergie ont une importance non seulement sur la performance des parents et l'éclosabilité mais aussi sur la qualité des poussins.

Les souches modernes plus conformées et moins grasses revalorisent mieux un régime riche en acides aminés car elles ont un potentiel de dépôt de masse musculaire du bréchet supérieur. Cette qualité est transmise à leurs descendants, mais pour une bonne production d'œufs, cette propension doit être contrôlée sur les troupeaux parentaux.

Lorsque des reproducteurs de souches conformées reçoivent des acides aminés en excès, le dépôt musculaire est trop important. Ce supplément de muscle augmente les besoins d'entretien et limite l'engraissement de la reproductrice.

De nombreux laboratoires ont étudié les niveaux d'incorporation des protéines et des acides aminés dans les aliments pour poulette de démarrage, croissance, pré-reproductrice et reproductrices. Les effets de niveau maximum de protéines ou d'acides aminés sur les performances ne peuvent pas être clairement établis en raison des différences de consommation d'aliment relevés dans les différentes études. Fisher (1998) et Fisher et Gous (2008) ont par exemple fait plusieurs tentatives pour déterminer et modéliser la relation entre l'ingestion d'acides aminés et la production d'œufs.

Cependant, plusieurs études mettent l'accent à la fois sur une trop grande et inadéquate ingestion de protéine. Whitehead et al. (1985) ont démontré qu'un ratio élevé de protéines par rapport à l'énergie faisait baisser les performances de reproduction et de qualité des poussins. Lopez and Leeson (1995) ont clairement illustré l'effet négatif sur la fertilité d'un excès de protéine brute.

Le ratio acides aminés / énergie des aliments pour reproducteurs chair est donc très important et doit faire l'objet d'une attention particulière de la part des techniciens en charges des reproducteurs et des fabricants d'aliment. La ration distribuée doit permettre de couvrir les besoins énergétiques sans excès d'acides aminés. La plupart des essais et expérimentations de terrain indiquent une valeur optimale assez importante de 54 à 56 g de protéine pour 1000 kcal pour les femelles conventionnelles et de 59 à 62 g de protéine par 1000 kcal pour les reproductrices naines. Pour un régime contenant 2750 Kcal, cela se traduit par une quantité optimale de 15.00 % en PB pour les reproductrices conventionnelles et approximativement 16.00 % en PB pour les reproductrices naines. Les notices d'élevage des reproducteurs Hubbard indiquent désormais ces niveaux de protéine et acides aminés par 1000 kcal.

## APPORTS NUTRITIONNELS EN MINERAUX ET VITAMINES

Les apports nutritionnels en vitamines et minéraux sont importants non seulement pour la performance des reproducteurs mais aussi pour la performance de la descendance.

Contrairement à la composition de l'œuf en énergie et protéine, la teneur en vitamines et minéraux dépend du régime alimentaire maternel. Par conséquent, des carences, excès ou déséquilibres peuvent affecter l'éclosabilité, la viabilité du poussin et la croissance du poulet de chair (Whitehead et al., 1985).

Le fait que la teneur en vitamines et minéraux de l'œuf puisse varier sur un intervalle plutôt large conduit à penser que les besoins d'entretien et de production des poules parentales ne correspondent pas à ceux de l'embryon. Il y a de plus en plus de preuves du rôle bénéfique que peuvent avoir des niveaux plus élevés en vitamines et minéraux dans l'alimentation maternelle sur les composants du système immunitaire des poulets de chair (Robel et al. 2004).

Lors de tests réalisés dans des conditions idéales, les effets des apports nutritionnels en vitamines et minéraux sur la productivité des reproducteurs et la performance de leur descendance peuvent être faibles ou avec des différences négligeables. Par contre, dans des conditions de stress terrain, sanitaire par exemple, les différences de réponses aux apports en vitamines et minéraux peuvent être plus apparentes.

En offrant une supplémentation appropriée en prémix avec des vitamines de qualité et des minéraux disponibles, on peut garantir de façon peu onéreuse une croissance osseuse optimale de l'embryon et le développement d'un système immunitaire lui permettant d'affronter les challenges du jeune âge.

Il est important de mélanger correctement les oligo-éléments et les vitamines avant de les ajouter aux autres matières premières de la formule. Il est suggéré que les prémix de minéraux et vitamines soient mélangés à un niveau minimum de 3 kg par tonne pour garantir ce bon mélange. Lorsque des micro-ingrédients doivent être ajoutés à des niveaux inférieurs à 3 Kg/T, il est nécessaire de les mélanger d'abord dans un plus petit mélangeur afin d'obtenir un macro-prémix à ajouter dans le mélangeur principal.

On peut vérifier que le bon fonctionnement de la mélangeuse en effectuant un dosage du Manganèse utilisé comme marqueur.

### ❖ Minéraux

Les minéraux principaux (calcium, phosphore, sodium, potassium, magnésium et chlorure) sont impliqués dans la formation de la coquille. Par ailleurs, nous savons qu'une amélioration globale de la qualité de la coquille conduit aussi à une meilleure qualité de l'œuf et du poussin.

Bon nombre de données probantes montrent également que les niveaux maternels en oligo-éléments comme le zinc, le manganèse, le cuivre et le sélénium ont un impact sur les niveaux présents dans l'œuf. La coquille doit être suffisamment solide pour fournir une protection physique au développement embryonnaire ; elle doit également être construite de façon à permettre des échanges gazeux efficaces entre l'intérieur et l'extérieur de l'œuf tout en bloquant l'entrée des bactéries.

#### ➤ Le métabolisme du calcium et du phosphore

Etant donné que de faibles niveaux de calcium augmentent l'excrétion de phosphore et qu'inversement de faibles niveaux de phosphore augmentent l'excrétion de calcium, il est impératif de toujours maintenir un ratio approprié de calcium et phosphore afin de satisfaire les besoins des poules pour chaque nutriment. S'il advient que les poules deviennent déficitaires en un des nutriments, calcium ou phosphore, l'excrétion de l'autre nutriment est alors augmentée au détriment du squelette.

Les besoins en calcium et phosphore sont critiques de la période pré-ponte jusqu'à la période post pic en raison des fortes demandes en calcium et en phosphore puis à nouveau après 40 semaines d'âge en raison d'un épuisement du squelette en calcium et d'une faible absorption du calcium.

Dans des conditions normales, les reproductrices Hubbard ne sont pas sujettes à une mortalité subite au début de la production. Elles montrent une bonne tolérance aux variations du ratio Ca/P dispo, qui doit être maintenu dans l'intervalle  $7 \leq \text{Ca/P dispo} \leq 8,5$  pour les aliments reproducteur N° I et  $8 \leq \text{Ca/P dispo} \leq 10$  pour les aliments reproducteur N° II distribués après 40/45 semaines d'âge.

La consommation journalière maximum de calcium doit se situer entre 4,8 et 5,2 g pour les reproductrices conventionnelles et entre 4,5 et 5,0 g pour les reproductrices naines ; 65 à 70% de ce calcium doit provenir de grosses particules de calcaire de 3-4 mm de diamètre. Lorsqu'on utilise des régimes alimentaires à basse énergie, il est important de prendre en considération cette contrainte liée à la grosseur des particules lors de la formulation.

Les travaux de recherche sur les apports maternels en phosphore n'a jusqu'à présent pas apporté d'éclaircissement précis sur la nutrition optimale en phosphore. En pratique, l'expérience suggère qu'utiliser des niveaux de phosphore relativement faibles dans les régimes alimentaires des reproductrices a un effet bénéfique sur la qualité des coquilles mais en revanche peut ne pas optimiser l'intégrité osseuse dans les premiers stades de croissance du poussin.

Le traitement thermique des aliments ou le recours trop fréquent à des sources de phosphate de mauvaise qualité peut conduire à une réduction de la disponibilité du phosphore alimentaire. Des problèmes de piquage peuvent en découler, particulièrement s'il y a de fortes restrictions de la consommation d'eau. Il est donc important de contrôler la qualité du phosphore minéral qui dans la plupart des cas fournit l'essentiel du phosphore disponible.

Le recours à la phytase et le choix des sources de phosphate minéral requierent de la prudence afin de ne pas surestimer la disponibilité réelle du phosphore (voir chapitre sur les enzymes exogènes).

### ➤ Chlorure, sodium, potassium

Le sodium, le potassium et le chlorure sont nécessaires au fonctionnement métabolique général et à la production optimale d'œufs.

Un accroissement des niveaux de sodium, potassium et magnésium se traduit par une augmentation de la consommation d'eau et de l'humidité des excréta, ce qui en climat froid ou tempéré peut rapidement conduire à des mauvaises conditions de litière. Les effets de ces cations sur la consommation d'eau et l'humidité des fientes augmentent avec l'âge et dépendent de la source d'anions.

Les effets du chlorure sur l'humidité des excréta sont moins prononcés mais un excès de chlorure conduit à des modifications de la qualité de la coquille d'œuf particulièrement si l'eau fournie aux volailles a une forte teneur en chlorure.

Le ratio Cl/Na doit se situer dans les limites suivantes:  $1,1 \leq \text{Cl/Na} \leq 1,3$ .

En période de chaleur, il est préférable d'apporter une partie du sodium sous forme de bicarbonate de sodium, qui contribue à maintenir l'équilibre acide/base.

Dans certaines conditions de formulation (disponibilité en soja limitée), le niveau de potassium peut être trop faible pour respecter le bon équilibre ionique:

$$180 < (\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}) < 220 \text{ (m.Eq/kg)}$$

Des corrections peuvent être apportées par apport de potassium minéral (carbonate de potassium).

Remarque: Il faut être prudent lorsqu'on formule des régimes alimentaires très faibles en sodium surtout lorsque l'on donne une valorisation sodium de l'enzyme phytase. En effet, lorsque la teneur en sodium alimentaire est inférieure à 0,14 %, le risque est alors d'apporter une quantité réelle de sodium inférieure à celle supposée.

## ➤ Oligo-élément

La détermination des besoins en oligo-élément n'a été qu'une préoccupation secondaire dans la nutrition des volailles et a souffert d'un manque de recherche récente concernant les aspects fondamentaux de la disponibilité des nutriments et les besoins des animaux en minéraux comparés à ceux des autres nutriments. Si l'on examine les données existantes, il est évident que les poulets de chair sont bien mieux représentés dans la littérature que les autres espèces aviaires mineures, incluant les pondeuses et reproducteurs. En raison de la non-existence de données spécifiques pour ces espèces mineures, on a souvent recours à des extrapolations à partir des données sur les poulets de chair pour établir leurs besoins en minéraux. Compte tenu du rôle clé de nombreux oligo-éléments essentiels sur le développement des tissus et la santé des animaux, un déficit peut conduire à des problèmes de production et complications sanitaires chez l'animal.

La recherche a cependant indiqué que de façon générale une fortification en minéraux des régimes alimentaires des parents peut engendrer une amélioration des performances de reproduction et influencer les teneurs en minéraux de l'œuf, qui à son tour, influence la performance de la descendance (Tableau 3).

Par exemple, on a pu établir une relation entre des carences en oligo-éléments Se, Zn et Mn et des problèmes au niveau de la fonction reproductive chez les animaux d'élevage mâles et femelles (Smith and Akinbamijo, 2000). La recherche a également montré que des apports en zinc inorganique et/ou organique conduisent à une augmentation des niveaux de Zn dans les os et une augmentation du poids des os (Kidd et al., 1992). En général, presque tous les minéraux jouent un rôle sur le système immunitaire en garantissant une immunité optimale. D'une manière générale, les minéraux jouent le rôle de cofacteurs de différents systèmes enzymatiques ou servent de composants des systèmes hormonaux responsables du maintien de l'intégrité des mécanismes de défense cellulaire et humorale.

Tableau 3: Résumé des effets des apports en minéraux inorganiques et/ou organiques dans le régime des reproducteurs, sur les performances de reproduction ou les performances de la descendance

	Performance de reproduction	Croissance de la descendance en début de vie	Viabilité de la descendance en début de vie	Fonction immunitaire	Développement du squelette
Sélénium	X	X	X	X	
Manganèse	X				X
Cuivre	X				
Zinc	X	X	X	X	X

Au cours des quarante dernières années, la recherche en nutrition minérale a donné lieu au développement de minéraux avec une meilleure biodisponibilité, et l'utilisation en volaille de plusieurs de ces nouvelles formes de minéraux a été approuvée. Cela inclut les minéraux dérivés des chélates (Cu, Fe, Mn et Zn) ainsi que le Se organique provenant de souches de levures spécifiques.

Bien que ces minéraux liés à des composés organiques aient été mis à la disposition de l'industrie de la volaille depuis plusieurs années, leur adoption dans les pratiques commerciales a été lente. Ceci est dû d'une part à la difficulté de faire la part des choses entre les différentes affirmations des fabricants mais aussi au manque de compréhension sur l'intérêt de ces produits en production avicole et plus particulièrement à l'étage de la reproduction.

Les recherches les plus récentes sur les minéraux chélatés et les complexes de sélénométhionines ont montré que leur utilisation conduisait à un accroissement du dépôt des minéraux dans l'œuf et une amélioration des transferts de minéraux aux tissus de la poule et de l'embryon. L'amélioration de l'éclosabilité est rapportée dans la plupart des cas, mais peu de ces tests comprennent une bonne évaluation des performances ultérieures des poulets de chair bien que les retours terrain en terme de qualité des poussins soient généralement positifs. Lorsque l'on ajoute des complexes d'acides aminés-manganèse et zinc-méthionine, on observe des améliorations de l'immunité et de la viabilité des poussins. Bien qu'il soit nécessaire de mener à bien plus de travaux de recherche pour totalement élucider ce que serait la consommation optimale de minéraux basée sur la prise de minéraux organiques, tout indique que grâce à ces sources minérales plus stables dans l'appareil digestif et présentant des caractéristiques d'absorption améliorées, nous avons l'opportunité de développer de nouvelles stratégies concernant les apports nutritionnels en oligo-élément et de réduire l'accumulation de ces derniers dans l'environnement.

Les niveaux conventionnels de compléments en oligo-éléments sont recommandés ci-dessous (Tableau 4).

Tableau 4: Recommandations pour l'ajout d'oligo-élément par kg

Manganèse	ppm	100
Zinc	ppm	100
Fer	ppm	50
Cuivre	ppm	10
Sélénium	ppm	0,30 – 0,40
Iode	ppm	2

#### Remarques:

- ❶ Ces recommandations peuvent être utilisées de 1 jour à la réforme des reproductrices. Il est cependant possible de réduire le niveau du prémix minéral de 20 % pendant le stade de croissance.
- ❷ On suppose ici des sources minérales inorganiques et organiques.
- ❸ Vérifier les réglementations locales pour la quantité maximum de sélénium autorisée.

## ❖ Vitamines ajoutées

Les vitamines sont des micronutriments essentiels, qui occupent un rôle central dans la plupart des processus métaboliques. Elles sont nécessaires pour maintenir un état de santé optimal et pour assurer les fonctions physiologiques normales telles que la croissance, le développement, l'entretien et la reproduction. Elles sont également essentielles au développement du fœtus et les régimes alimentaires des poules reproductrices adultes contiennent probablement les niveaux les plus élevés de compléments en vitamines de tous les aliments fabriqués par les usines d'aliments industrielles.

Dans la pratique commerciale, on relève peu de cas de sous dosages important en vitamines. On peut par contre plus fréquemment rencontrer des cas de carences marginales causées par une supplémentation faible, des sources de qualité et de disponibilité douteuses ou encore des animaux dominés consommant alors moins que les apports calculés dans les formules d'aliments.

On sait qu'une carence marquée dans une vitamine, quelle qu'elle soit, a un impact négatif sur la production d'œufs des parents, la fertilité, l'éclosabilité et les performances de la descendance car il y a de plus en plus de preuves que les effets des vitamines importantes sont transmis aux poussins. Avec un apport marginal en vitamines, la descendance ne montrera pas de véritable signe de carence mais les jeunes poussins pourront alors ne pas croître au niveau du potentiel génétique de la souche.

Malheureusement, ce que nous considérons comme les besoins optimaux en vitamines pour les reproducteurs est souvent remis en question comme trop élevé et trop cher en termes de coût par kilo d'aliments. En réalité, de faibles doses d'adjonction de vitamines dans l'aliment représentent in fine le scenario le plus coûteux pour la rentabilité d'une exploitation de reproducteurs ou d'une exploitation intégrée de poulet de chair. Comme les vitamines ne rentrent en ligne de compte que pour environ 4 % du coût du régime alimentaire des reproducteurs, économiser sur les apports de vitamines est rarement une option rentable.

## ➤ Besoins en vitamines

Les besoins des reproducteurs en vitamines sont généralement couverts en ajoutant des sources synthétiques pour toutes les vitamines. Toutes les matières premières habituellement utilisées dans les aliments pour animaux tels que le maïs, le blé et le tourteau de soja contiennent des sources naturelles de vitamines et dans certains cas, ils peuvent théoriquement satisfaire les besoins en vitamines des animaux. Cependant la concentration en vitamines des matières premières varie en fonction de la localisation de la récolte, l'utilisation des fertilisants, la génétique des plantes, les maladies des plantes ainsi que le climat. Les conditions de récolte jouent souvent un rôle majeur dans la teneur en vitamines de beaucoup de matières premières. La teneur en vitamines du maïs est drastiquement réduite lorsqu'il est récolté avant maturité. En plus de cette variabilité inhérente, s'ajoutent les effets que d'autres facteurs comme les toxines et mycotoxines naturelles des plantes peuvent avoir sur la disponibilité des vitamines.

Compte tenu de ces contraintes, on ne peut pas compter sur les matières premières habituelles des aliments pour atteindre un niveau de vitamines suffisant et par conséquent, nos recommandations en ce

qui concerne les prémix vitaminiques sont conçus pour fournir toutes les vitamines nécessaires aux reproducteurs.

Il est assez difficile de déterminer les besoins en vitamines des reproducteurs. Les recherches sur les poules reproductrices prennent beaucoup de temps pour arriver à terme et sont onéreuses. Les publications officielles les plus récents sur les besoins en vitamines sont celles de la NRC (USA -1994). Ces besoins peuvent être considérés comme les besoins absous pour éviter des déficiences cliniques. Dans la pratique, l'alimentation des reproducteurs ne vise pas seulement à prévenir les signes de carence en vitamines mais à obtenir un état de sanitaire optimal et à garantir une bonne production d'œufs, une bonne éclosabilité ainsi qu'une bonne vitalité des jeunes poussins.

La génétique et les techniques d'élevage des reproducteurs ont également considérablement évolué au cours des dernières années alors qu'il y a eu un certain manque d'information concernant l'utilisation des vitamines dans l'optimisation de l'éclosabilité et de la viabilité des poussins après éclosion, pendant leur première semaine de vie. Il en résulte des variations très importantes dans la supplémentation en vitamines à travers le monde.

Il existe également des variations importantes dans les recommandations en vitamines, en fonction des effets environnementaux (Ward, 1993) tels que les conditions et la gestion de la croissance, les maladies et les considérations liées au régime alimentaire et à la souche. Des niveaux plus élevés peuvent être recommandés lorsque les conditions d'élevage sont difficiles : fortes densité, forts niveaux de microbisme interne ou externe.

Nos recommandations (tableau 5) garantissent une distribution optimale de vitamines au reproducteur et à l'embryon en développement. Lorsque l'on ajoute ces teneurs en vitamines ajoutées à l'aliment, il n'est pas nécessaire de distribuer systématiquement d'autres vitamines dans l'eau. Cependant, en situations de stress dû à l'environnement, à des maladies, à une consommation insuffisante ou à des d'entérites cette règle peut être transgressée.

Tableau 5: Recommandations pour les vitamines ajoutées par kg

	Aliment standard	Aliment traité thermiquement	
		A base de blé	A base de maïs
Vitamine A	UI	13 000	12 000
Vitamine D3	UI	3 000	3 000
Vitamine E	UI	40 - 100	40 - 100
Vitamine K (ménadione)	Mg	3,0	3,0
Thiamine B1	Mg	3,0	3,0
Riboflavine B2	Mg	12	12
Acide pantothenique	Mg	12	14
Acide nicotinique	Mg	55	55
Pyridoxine B6	Mg	5,5	4,5
Acide folique B10	Mg	2,0	2,0
Cyanocobalalamine B12	Mg	0,030	0,030
Biotine Vit. H	Mg	0,30	0,25
Choline	Mg	500	750

Remarques:

- Ces recommandations peuvent être utilisées de 1 jour à la réforme. Il est cependant possible de réduire le niveau du prémix en vitamines de 20 % pendant le stade de croissance.
- Le niveau d'inclusion ci-dessus doit être augmenté d'environ 10% si l'on observe ou si l'on s'attend à ce que la consommation d'aliment soit inférieure à 135g/jour (reproductrices nanifiées).

## ➤ Effets des vitamines sur la descendance

L'influence de niveaux vitaminiques élevés en alimentation parentale, sur les performances de la descendance est un domaine d'étude et d'intérêt pour l'industrie avicole. Lorsque l'on accroît les teneurs en vitamines alimentaires au dessus des niveaux de vitamines habituellement recommandées, on augmente la teneur en vitamines de l'œuf (Naber, 1993 ; Mattila et al., 2004). Cependant, cela n'aboutit pas automatiquement à des concentrations plus élevées chez la descendance ou à un impact positif sur la croissance et la viabilité des jeunes poussins (Tableau 6).

Le début de la période de production est une phase critique pour la fertilité et la qualité des poussins: A ce stade, les nutriments ne sont pas efficacement transférés à l'œuf. Dans les conditions commerciales, l'étude de la descendance issue de jeunes troupeaux parentaux qui ont reçu des teneurs élevées en vitamines a montré une amélioration de la croissance dans les premiers stades de vie ainsi qu'une mortalité réduite.

Les poulets de chair issus de reproducteurs ayant reçu des niveaux accrus de vitamines et minéraux montrent un accroissement du nombre de leucocytes chez les poussins d'un jour (Rebel et al 2004) ce qui indique une stimulation du système immunitaire. Des découvertes telles que celles-ci confirment la nécessité de lancer de nouvelles recherches sur les besoins en vitamines des reproducteurs (plus particulièrement dans la première phase de production) et d'assurer des niveaux de vitamines adéquats dans l'aliment utilisé en montée de ponte.

Tableau 6: Effets des vitamines sur la descendance

A	Il a été démontré qu'une teneur élevée en vitamine A chez les poules diminuait la teneur en acéate de dl-alpha-tocophérol dans les jaunes d'œufs (Grobas et al., 2002). Augmentation de la vitamine A dans le foie des embryons et des poussins, mais diminution de la vitamine E, des caroténoïdes et de l'acide ascorbique (Surai et al., 1998). Besoin de recherche supplémentaire sur l'antagonisme avec la vitamine E en conditions réelles. Il est possible que des teneurs élevées en vitamine A puissent affecter l'utilisation de la vitamine D3 quand celle- ci est marginale.
Caroténoïdes	Une supplémentation maternelle élevée a donné des concentrations forte dans la descendance jusqu'à 7 jours (Karadas et al., 2005). Les caroténoïdes sont transférés de la poule au jaune mais ne sont pas bien absorbés par l'embryon et le poussin (Haq et Bailey – 1996). Pas d'impact positif sur la croissance des poussins, ni le développement des organes ni l'immunité humorale chez le poussin de cinq semaines (Haq et al., 1995).
D3	Une étude récente (Kidd, 2003) suggère qu'il faut des concentrations élevées de vitamine D dans les aliments reproducteurs pour obtenir une performance optimale contrairement à celles nécessaire pour la production d'œufs de consommation. Le gain de poids de la descendance est le plus élevé lorsqu'on a donné les plus hautes concentrations vitaminiques aux reproductrices chair ; la survenance de rachitisme et de dyschondroplasie tibiale est significativement réduite particulièrement chez les jeunes poulets de chair (Atencio et al., 2005 ; Driver et al., 2006).
E	La vitamine E joue plusieurs rôles dont celui d'antioxydant liposoluble; elle agit également sur la stimulation du système immunitaire. Hossain et al (1998) obtiennent la meilleure éclosabilité avec 50 mg/kg à 52 semaines mais dans certaines études, la réponse immunitaire de la descendance a continué à augmenter jusqu'à 100 mg/kg. Dans d'autres études, lorsque l'on donne du sélénium en association avec de la vitamine E aux poulets de chair, on observe une baisse de la peroxydation lipidique dans tous les tissus de la descendance (Surai et al., 1999).
K3	On a montré que la vitamine K3 améliorait la qualité des os dans la descendance, en augmentant les niveaux d'acide glutamique dans le tibia (Lavelle et al., 1994).
B1	Un apport en thiamine alimentaire dans l'alimentation de la poule a augmenté les niveaux de thiamine dans le sang et la fonction cardiaque de la descendance. Les effets de la supplémentation du poulet de chair en thiamine étaient indépendants des effets chez la poule (Olkowski & Classen, 1999).

B2	La riboflavine est une vitamine critique pour le développement embryonnaire ; de façon intéressante, elle est également nécessaire à l'établissement des réserves vitellines (foie du poussin et vitellus) servant à assurer la viabilité du poussin après éclosion (Squires and Naber, 1993).
B6	Les besoins en pyridoxine de la poule pour assurer la reproduction et l'éclosabilité des œufs étaient très inférieurs aux quantités requises pour optimiser les teneurs des tissus et la performance de la descendance ; en donnant un aliment contenant des teneurs adéquates en pyridoxine aux poussins, on a pu compenser les carences maternelles (Abend et al., 1977).
B12	Des études ont montré que si la cobalamine ne faisait pas partie du prémix, on observait des effets à long terme sur la production d'œufs (supérieur à 4 sem.). On peut toujours observer ces effets après avoir rajouté la vitamine B12 au prémix (Leeson et al., 1979).
Niacine	Les carences (Leeson et al., 1979) et les excès (Romanoff et Romanoff, 1972) de nicotinamide ont un effet sur l'éclosabilité et sur les embryons.
Panthotène	Le Panthotène améliore la viabilité de la descendance (Utno et Kliest, 1971).
Biotine	La biotine accroît la teneur en biotine du jaune d'œuf et du plasma du poussin (Whitehead, 1984).
C	Un régime basé sur 75 mg d'acide ascorbique/kg n'a pas eu d'effet sur la production d'œufs, la porosité des coquilles, la fertilité, l'éclosabilité ou la teneur du plasma en acide ascorbique (Creel et al., 2001). L'addition de 3 mg, mais pas de 12 mg, de vitamine C a amélioré l'éclosabilité et le poids des poussins lorsqu'ils ont été injectés dans l'œuf (injection in ovo) aux jours 11 et 15, mais pas 19 (Zakaria et al-Anezi, 1996).
Choline	Lorsque l'on donne 440 mg/kg de choline à des poules pondeuses dont le régime alimentaire est très légèrement déficient en Méthionine, on améliore la production d'œufs (Harms et al., 1990). Lorsque l'on donne 760 mg/kg de choline à des reproductrices chair, on constate une baisse de la teneur en graisse du foie des poules (Rama Rao et al., 2001).

### ➤ Perte d'activité des vitamines

Une autre raison de fortifier le régime en vitamines par rapport aux besoins publiés par NRC est la perte d'activité des vitamines entre la fabrication des aliments et leur consommation par les volailles. La sensibilité des différentes vitamines aux conditions extérieures varie (tableau 7) mais de manière générale, on peut affirmer que les causes principales de dégradation de l'activité des vitamines sont le temps, la température et l'humidité du lieu de stockage du prémix avant mélange et de l'aliment après mélange.

Tableau 7: Sensibilité des vitamines aux conditions environnementales

	Température	Oxygène	Humidité	Lumière	pH 5 – 5	pH 6 – 7,5
A	XX	XX	X	X	X	O
D3	X	XX	X	X	X	O
E	O	X	O	O	X	XX
K3	XXX	X	XX	XX	XX	O
B1	X	X	X	O	O	XX
B2	O	O	X	X	O	O
B6	XX	O	X	X	X	O
B12	XX	X	X	X	O	O
Panthotène	X	O	X	O	O	O
Beta-carot.	XX	XX	X	XX	X	O
Niacine	O	O	O	O	O	O
Biotine	X	O	O	O	O	O
Acide folique	XX	O	X	XX	XX	O
Choline	XX	XX	XX	X	X	X
O Stable	X Sensible		XX Très sensible		XXX Extrêmement sensible	

Le fait de pré-mélanger les vitamines avec des minéraux et du chlorure de choline, de stocker ce pré mélange pendant une période de temps variable avant la fabrication de l'aliment constitue également une source majeure de perte d'activité des vitamines (tableau 8). D'autres facteurs entrant en jeu lors du mélange du prémix et de l'aliment peuvent également causer une perte d'activité : certaines vitamines sont par exemple acides alors que d'autres se détériorent en milieu acide.

Tableau 8: Pourcentage de pertes mensuelles en vitamines (prémix 0,5 % incluant de la choline)

	Chumachenko 1978	Boha 1983	Jaskiewicz 1998	F.Stuffs Oct. 1996	F.Stuffs Oct. 1996	RPNA 1	RPNA 2	Moyenne
A	9,0	5,0	6,0	9	3,0	6,6	6,6	6,5
D3				4,5	3,4	6,0	5,0	4,7
E		5,0	2,0	1,1	2,4	6,6		3,4
K3 MPB				10,1	13,0	7,0	20,0	12,5
B1				7,9	6,0	5,0	8,3	6,8
B2		2,0		2,7	3,8	1,7		2,6
B6				8,6	4,5	10,0		7,7
B12	4			5,4	2,0	11,0		3,2
Ca Panthot.				0,0	5,5	3,3		2,9
Niacine				3,2	4,0	1,7		3,0
Biotine				2,9	4,5	6,6		4,7
Acide Folique				5,6	8,5	13,0		9,0
Choline				4,9				4,9

Les fabricants de vitamines peuvent fournir des informations sur les facteurs pouvant affecter l'activité de leurs produits vitaminés. Armé de cette connaissance couplée avec les conditions que l'on peut anticiper sur le terrain, il est possible de prédire quels sont les niveaux de sécurité nécessaires à la garantie des performances des reproducteurs.

Il est aussi important de ne pas oublier un facteur essentiel ayant un effet sur la stabilité des vitamines. En effet, dans bien des cas aujourd'hui, l'aliment des reproducteurs subit un traitement thermique (traitement thermique des aliments sous forme de farine et/ou granulation) au cours duquel on peut observer une dégradation des vitamines sous la combinaison des effets de température, pression et humidité. Des recommandations pour les aliments ayant ou non subi un traitement thermique sont données dans le tableau 5.

#### ❖ Effets antioxydants dans le jaune d'œuf, les spermatozoïdes et l'embryon

La composition chimique des œufs est approximativement de 11% de lipides, situés essentiellement dans le jaune (33%). Les lipides présents dans le jaune jouent un rôle important dans le développement de l'embryon; ils servent de source d'énergie, d'acides gras et de vitamines liposolubles. Ces lipides subissent des transformations métaboliques supplémentaires dans le foie de l'embryon pour former de longues chaînes d'acides gras polyinsaturées (AGPI).

Les spermatozoïdes des coqs sont uniques de par leur structure et leur composition chimique. La caractéristique la plus importante de la composition lipidique du sperme aviaire est la proportion extrêmement élevée d'AGPI à longue chaîne dans la fraction phospholipidique du spermatozoïde. Cette forte proportion d'AGPI est nécessaire pour conserver les propriétés spécifiques des membranes (fluidité, flexibilité, etc.).

La réaction des radicaux libres avec les AGPI lance un processus de réaction en chaîne connu sous le nom de peroxydation lipidique dans les systèmes vivants, conduisant à la formation de produits toxiques. Des concentrations élevées en AGPI dans toute membrane cellulaire comme celles des spermatozoïdes ou de l'embryon accroissent leur prédisposition à la peroxydation (Surai, 1999). Les dommages potentiels causés par les radicaux libres dépendent de leurs niveaux de production et de l'efficacité des antioxydants naturels. On considère que ce système antioxydant intégré dans les tissus est un élément clé de la

préservation de la qualité du sperme et de l'embryon. Il a été suggéré que ce système antioxydant soit basé sur l'interaction de nombreux antioxydants.

L'utilisation d'antioxydants dans les régimes alimentaires des parentales chair améliore le statut oxydatif des poussins : la vitamine E ayant probablement l'impact le plus important sur la motilité du sperme et sur la descendance (tableau 6). Lorsque la vitamine E a été découverte en 1922, on a supposé qu'elle était la "vitamine de la reproduction". Beaucoup d'études montrent que la vitamine E a une activité antioxydante dans le vitellus en protégeant les tissus embryonnaires efficacement pendant l'incubation et les premiers jours de vie du poussin. Ceci est encore plus important chez les reproducteurs plus âgés car les protections antioxydantes naturelles baissent avec l'âge. En général, il apparaît justifié de supplémenter en pratique les aliments pour reproducteurs avec 100 mg/kg de vitamines et plus particulièrement lorsque ces régimes alimentaires pour reproducteurs contiennent une huile insaturée.

Les autres antioxydants naturels bénéfiques pour la santé agissant en synergie avec la vitamine E sont:

- ⦿ Les antioxydants liposolubles naturels tels que les caroténoïdes.
- ⦿ Les antioxydants solubles dans l'eau tels que l'acide ascorbique.
- ⦿ La supplémentation en Se qui est reconnue pour ses effets sur le système de défense antioxydant (Surai et al., 1998).
- ⦿ Le zinc, le cuivre, le fer et le manganèse qui participent au système de défense antioxydant.

Par exemple, on a montré qu'une supplémentation en sélénométhionine améliorait le statut antioxydant des œufs, embryons et poussins jusqu'à l'âge de 10 jours.

## MATIERES PREMIERES ET CONTROLE QUALITE

De nombreuses matières premières utilisés dans les aliments sont appropriés à l'alimentation des troupeaux de volailles reproductrices. Le choix des ingrédients sera donc déterminé par la disponibilité, le prix et la qualité. La plupart des pays ont un choix d'ingrédients de base limité, peu bénéficient d'une large gamme.

Les matières premières doivent être de bonne qualité et avoir des valeurs nutritionnelles prévisibles et uniformes sur l'ensemble des livraisons. La qualité d'une matière première contenue dans un aliment est déterminée par sa composition en nutriments ainsi que par l'efficacité avec laquelle cette matière première est digérée et les nutriments libérés pour être absorbés et utilisés par les volailles.

Les nutritionnistes font constamment des choix concernant la marge de sécurité lorsqu'ils formulent des aliments volaille, et plus particulièrement pour les reproducteurs de grande valeur. Plusieurs facteurs influent négativement ou positivement sur cette marge de sécurité. Pour pouvoir minimiser sa marge de sécurité dans une formulation alimentaire, il est nécessaire d'établir un plan d'assurance qualité permettant d'estimer le contenu nutritionnel et l'uniformité des valeurs nutritionnelles sur l'ensemble des lots de matières premières.

Les ingrédients de la formule ne doivent pas être contaminés par des résidus chimiques, des toxines microbiennes et des agents pathogènes. Ils doivent être issues d'une récolte aussi récente que possible et doivent être stockés dans de bonnes conditions. Les installations de stockage doivent être protégées contre les contaminations par les insectes, les rongeurs et plus particulièrement les oiseaux sauvages; tous étant des vecteurs potentiels de maladie. Dans de nombreux pays, ces aspects du processus de fabrication sont communément surveillés et gérés grâce à une démarche HACCP.

### ❖ Céréales et coproduits

Le maïs est une des matières premières préférée entrant dans l'alimentation des volailles. Cependant les prix de marché du maïs ont subi une augmentation drastique au cours des dernières années en raison d'une forte demande au niveau mondial et d'un accroissement de l'utilisation du maïs pour la production de bioénergie dans certains pays. Dans d'autres pays, d'autres types de céréales comme le blé, l'orge, l'avoine, le sorgho et le riz en brisure sont utilisés avec succès. De plus, dans la plus grande partie du monde, des coproduits de céréales tels que les sons de blé ou de riz sont d'autres matières premières disponibles et intéressantes. Cependant, leur utilisation efficace dans les régimes alimentaires des animaux monogastriques est souvent remise en cause par la présence de teneurs élevées en polysaccharides non amylocés (PNA) et phytate.

#### ➤ Maïs

On n'observe que de petites différences de composition du maïs en fonction des conditions de culture, des variétés et du traitement du maïs (protéine +/- 2,0 %, lipides +/- 0,8 %, amidon +/- 2,0 %). Néanmoins, comme le maïs est généralement le plus grand composant des rations des reproducteurs, de petites variations de sa qualité ont un impact important sur la variabilité en nutriments de l'aliment fini. Une analyse proximale peut déterminer la composition chimique et les valeurs attendues des nutriments mais cette seule analyse rapide ne peut pas déterminer la qualité de l'amidon ni celle de la fraction protéique. Des études récentes indiquent que la digestibilité des protéines et la qualité de l'amidon (quantité d'amylase et d'amylopectine) varient d'un lot à l'autre et ont des effets inconsistants sur la valeur nutritive et la performance des animaux.

Le maïs récolté pendant la saison des pluies ou dans des conditions humides présente plus de risques de contamination en mycotoxine que le maïs récolté en période sèche. Stocker de façon prolongée du maïs à forte teneur d'humidité avant séchage, accroît également le risque d'infestation fongique conduisant à une production accrue de mycotoxine.

## ➤ Blé

Que ce soit sur l'ensemble de l'année dans certains pays, ou à certaines périodes dans d'autres zones géographiques, le blé est souvent la céréale la plus intéressante économiquement comme alternative au maïs. Les formulations à base de blé ont ainsi donné, sur le terrain, de bons résultats en alimentation des reproducteurs.

Il faut cependant prendre en compte un certain nombre de facteurs lorsque l'on utilise du blé:

- ❶ L'ensemble des principaux pays producteurs de blé signalent une variabilité de la teneur en EM du blé. La raison principale en est la teneur en polysaccharides non amylosés (PNA). Ces PNA sont en effet faiblement digérés par les volailles et interfèrent avec la digestibilité des autres composants de l'aliment. La teneur en PNA du blé varie de 1 à 10 % ou plus et est corrélée négativement avec la teneur en EM – plus la teneur en PNA est haute, plus la teneur en EM est faible. Les fabricants d'aliment, malheureusement, ne disposent pas à l'heure actuelle de test rapide et facile pour mesurer la teneur en PNA du blé. Ils peuvent utiliser un mélange d'enzyme (xylanase, bêtaglucanase et pectinase) qui en cassant les polysaccharides complexes dans l'intestin des poulets conduit à une meilleure utilisation de l'énergie et à une teneur en EM plus élevée du blé (se référer à la section sur les enzymes exogènes).
- ❷ Un des atouts du blé est sa teneur en protéine brute de 10 – 13 % contre 7,5 – 9,0 % pour le maïs. Par conséquent, les régimes alimentaires à base de blé dépendent dans une moindre mesure de sources de protéines onéreuses pour atteindre les teneurs en acides aminés souhaitées dans l'aliment complet.
- ❸ Lors de la fabrication d'aliments sous forme de granulés ou de miettes, on observe une meilleure agglomération des formulations contenant au moins 10% de blé donnant ainsi des granulés dont la qualité et la durabilité sont améliorées.
- ❹ La disponibilité de certaines vitamines telle que la biotine est plus faible dans les régimes à base de blé (voir Tableau 5).

## ➤ Orge

Ayant un taux de protéines plus élevé que celui du maïs et commercialisée à un prix souvent inférieur, l'orge a un intérêt certain en aviculture. La teneur énergétique de l'orge est l'une des moins élevées parmi les céréales usuelles. La faible teneur en matières grasses et le taux de fibres élevé des graines de cette céréale contribue à leur faible valeur énergétique. Ceci ne limite souvent pas l'intérêt de l'orge lorsque les niveaux d'EM des aliments complets sont plutôt bas comme cela est souvent le cas en alimentation des reproducteurs.

Les principaux facteurs anti-nutritionnels des orges sont les bêtaglucanes, polyosides solubles non amylosés, encourageant la formation de gels visqueux par solubilité et augmentant leur indigestibilité. L'orge peut être incorporée dans les aliments pour reproducteurs aviaires à hauteurs de 5 à 12% si ses caractéristiques nutritionnelles sont améliorées par l'addition d'enzymes permettant de réduire l'influence des facteurs antinutritionnels présents dans la graine. On limitera cependant l'orge à un niveau plus faible dans l'aliment démarrage (Tableau 10).

## ➤ Avoine

Matière première très cellulosa, l'avoine présente un intérêt dans les aliments croissance et males où les niveaux d'énergie demandés sont relativement bas.

## ➤ Coproduits du blé

La composition des coproduits de meunerie du blé (remoulage, son, farine basse, ...) varie de façon très nette à l'intérieur d'une même zone géographique, entre différentes zones et entre fournisseurs. Si la teneur en protéine contenue dans des échantillons de coproduits de blé peut-être facilement déterminée, il n'est pas de même pour les teneurs en EM. L'analyse rapide des composants utilisés comme prédicteurs d'EM tel la fibre brute (FB) ou les fibres insolubles (NDF) sont corrélés de façon significative avec la teneur en EM.

## ➤ Coproduits du riz

Le son de riz et les résidus de polissage sont les deux coproduits du riz utilisés dans la plupart des cas pour nourrir les volailles. Ce sont de bonnes sources de protéines, d'énergie, de vitamines et de minéraux (Saunders, 1990). Ils ont également un meilleur équilibre en acides aminés, en particulier pour la lysine et la méthionine que d'autres céréales.

On sait que la composition du son de riz est extrêmement variable en ce qui concerne les teneurs en huile et en fibre brute. Elles dépendent en effet de la sévérité avec laquelle le riz est battu, de la quantité d'huile extraite (Daghir, 1995) et de la quantité d'enveloppe moulue mélangée au lot (Ichhponani et al 1980) qui est indiquée par la présence de sable/silice dans les échantillons. Le son de riz gras contient 15 à 23% d'huile, en fonction de la technique de traitement et contient des quantités significatives d'acide gras linoléique essentiel.

La valeur nutritive des résidus de polissage de riz dépend du degré de polissage auquel on a soumis les grains de riz. Les valeurs typiques vont de 11 à 13 % pour les protéines brutes et de 12 à 15 % pour l'huile.

Outre les variations de leur composition chimique, des problèmes de teneur en humidité élevée, de développement de moisissures et de rancidité sont souvent associés à la qualité de conservation des coproduits du riz.

Le son de riz et les résidus de polissage de riz peuvent tous deux être utilisés dans les rations des reproducteurs à des niveaux assez élevés à condition que l'analyse du lot soit bien définie et que leur composant huileux puisse être stabilisé par un antioxydant afin d'éviter une perte de leur valeur d'EM par un processus de dégradation oxydative.

## ➤ Drêches de distilleries

La drêche de distillerie de maïs séchée avec solubles (DDGS) ainsi que les drêches de blé sont des coproduits de la fermentation alcoolique des céréales broyées pour produire de l'éthanol par l'action des levures et d'enzymes sélectionnées. On a démontré la valeur des drêches pour les volailles comme source d'énergie, de protéines, de vitamines solubles dans l'eau et de minéraux (Jensen, 1978, 1981 ; Wang et al., 2007).

Cependant l'utilisation des DDGS dans les régimes alimentaires des volailles reproductrices a été historiquement faible en raison de limitations de l'offre et du prix du produit (Waldroup et al., 1981), la grande variabilité des teneurs en nutriments et leur digestibilité (Noll et al., 2001) ainsi que des problèmes de manutention lors du stockage et du transport.

Des préoccupations ont également été exprimées quant au niveau de mycotoxines comme la Fumonisine, l'Aflatoxine et la Déoxynivalénole (DON) dans les drêches. Ces résidus de la production d'éthanol concentrent en effet les enveloppes des graines dans lesquelles sont localisées les mycotoxines de tout le grain. Les DDGS représentent par conséquent une source concentrée de toute la contamination originelle par les mycotoxines du grain entier.

## ❖ Sources de protéines végétales

Outre le soja, il existe d'autres matières premières ayant une forte teneur en protéines comme les tourteaux de colza ou de tournesol.

## ➤ Tourteaux de soja

Le tourteau de soja est une source de protéine bien établie et relativement peu chère pour les aliments volailles et notamment pour les reproducteurs. Cependant, les rapports concernant l'utilisation des tourteaux de soja dans les régimes alimentaires des volailles ne sont pas toujours consistants. Il est possible que la récolte et le transport vers des unités de stockage ou de traitement ait un effet sur la valeur nutritionnelle des tourteaux de soja, et plus particulièrement sur la digestibilité de leurs acides aminés. Les conditions de traitement des graines de soja pour produire de l'huile et des tourteaux sont peut-être le facteur le mieux compris parmi les facteurs influençant la qualité des tourteaux de soja.

Si le tourteau de soja n'est pas suffisamment traité par la chaleur, il peut contenir des niveaux trop élevés d'inhibiteur de trypsine et si le chauffage a vraiment été insuffisant, il peut aussi y avoir des niveaux excessifs de lectine.

La qualité des traitements effectués sur les tourteaux de soja peut être mesuré de la façon suivante:

- ⦿ Valeurs pour l'inhibiteur de trypsine de 1,8 à 2 mg/g de tourteau de soja (max. 3,5)
- ⦿ Ou exprimées en indice d'uréase, 0,00 à moins de 0,10 unités pH.

Un traitement par la chaleur trop poussé résulte en la détérioration de la qualité des protéines. Il existe au moins deux méthodes de laboratoire disponibles pour déterminer si un tourteau de soja a été trop chauffé:

- ⦿ Solubilité dans une solution d'hydroxyde de potassium à 0,2% (KOH-PS) avec un objectif de solubilité des protéines dans une solution de KOH de 80 à 85%.
- ⦿ La microscopie NIR utilise le spectre lumineux pour déterminer la teneur en acides aminés digestibles d'un échantillon spécifique de tourteau de soja. Ceci permet de corriger en temps réel les acides aminés qui ont été éventuellement dégradés par un chauffage excessif.

## ➤ Tourteau de tournesol

Le tourteau de tournesol est une bonne source de protéine végétale avec une digestibilité en acides aminés similaire à celle du tourteau de soja et bien supérieure à celles des tourteaux de coton ou de colza. Sa teneur en lysine est relativement faible mais sa teneur en méthionine en fait un ingrédient approprié pour les régimes alimentaires des reproducteurs en complément des tourteaux de soja.

La teneur en fibre du tourteau de tournesol est généralement élevée mais varie en fonction de processus de décorticage de la graine en vue de l'extraction d'huile. Ceci en fait un ingrédient de choix pour les aliments utilisés dans les régimes alimentaires dilués et basse énergie en raison de leur forte teneur en fibre insoluble (se référer ci-dessus au chapitre sur le niveau énergétique et les avantages d'un régime riche en fibre insoluble).

Une autre caractéristique du tourteau de tournesol est qu'il ne possède pas les facteurs antinutritionnels que l'on trouve dans les tourteaux de soja, de coton ou de colza. Le tournesol peut être introduit avec succès dans les régimes des reproducteurs chair en remplacement de 50 à 100 % des tourteaux de soja, et ceci plus particulièrement pour les aliments croissance et mâle.

## ➤ Tourteau de colza

Le tourteau de colza est une bonne solution économique pour les aliments reproducteurs en raison de sa faible teneur en EM. Pour utiliser le tourteau de colza, il est important d'en connaître l'origine et notamment sa teneur en glucosinolates. Seuls les tourteaux issus de colza double zéro sans glucosinolates peuvent être utilisés afin d'éviter les risques de foie hémorragiques ou de réduction des tailles d'œufs. Tous ces problèmes peuvent être gérés efficacement, une fois que certains points clés concernant la digestibilité en acides aminés, la teneur en glucosinolates et l'équilibre alimentaire en minéraux ont été compris.

Si l'on a un approvisionnement approprié (tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates) et si l'on utilise des techniques de formulation d'aliment adéquates (digestibilité en acides aminés et équilibre

cation-anion), les niveaux d'inclusion de tourteaux de colza dans l'alimentation des reproducteurs peuvent atteindre 5 % pour les reproducteurs en croissance et 3 % pour les reproducteurs en période de ponte.

## ❖ Huiles ajoutées

L'inclusion de matières premières (céréales et coproduits) ayant une faible teneur en EM génère une demande en huile dans les régimes alimentaires des reproducteurs.

Les huiles et les graisses ne sont pas simplement une source d'énergie, elles ont aussi un rôle important dans de nombreuses fonctions physiologiques (se référer à la section sur les bienfaits des matières grasses). Il est essentiel de connaître le profil en acides gras (particulièrement la teneur en acide linoléique) quand on utilise de la graisse et de l'huile comme matière première dans les régimes alimentaires des reproducteurs (Tableau 9). Augmenter ou baisser la teneur en acide linoléique d'un régime alimentaire est une méthode bien connue pour ajuster le poids des œufs, plus particulièrement en début de ponte.

Tableau 9: Profil en acides gras (%) de plusieurs huiles végétales.

Huile	Acide myristique C14:0	Acide palmitique C16:0	Acide stéarique C18:0	Acide oléique C18:1	Acide linoléique C18:2	Acide alpha-linoléique C18:3	Insat. /Sat.
Huile de canola	-	4	2	62	22	10	15,7
Huile de coco	18	9	3	6	2	-	0,1
Huile de graine de coton	1	22	3	19	54	1	2,8
Huile de palme	1	45	4	40	10	-	1
Huile de colza	-	4	2	62	22	10	15,7
Huile de sésame	-	9	4	41	45	-	6,6
Huile de soja	-	11	4	24	54	7	5,7
Huile de tournesol	-	7	5	19	68	1	7,3

Dans les aliments reproducteurs, le niveau de matière grasse rajouté varie entre 1 et 3%. De nombreuses études montrent que les huiles végétales insaturées sont les plus satisfaisantes pour couvrir les besoins des reproducteurs.

Les produits issus de l'oxydation des graisses et les acides gras trans des huiles végétales sont tous des produits indésirables dans l'alimentation des troupeaux parentaux.

Tableau 10: Contraintes principales concernant les ingrédients pour reproducteurs chair (%)

	Pré-démarrage & démarrage		croissance et mâles		Pré-ponte et reproducteur	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
Maïs	0	70	0	70	0	70
Sorgho	0	5	0	20	0	15
Blé	0	50	0	50	0	50
Orge	0	5	0	10	0	8
Avoine	0	4	0	6	0	4
Coproduits du blé	0	10	0	15	0	10
Brisures de riz	0	15	0	15	0	15
Coproduits du riz	0	10	0	15	0	10
Tourteau de soja	10	30	0	25	10	30
Soja graine entière	0	10	0	10	0	10
Tourteau de tournesol	0	8	0	15	0	10
Tourteau de coton	0	3	0	4	0	3
Tourteau d'arachide	0	2	0	2	0	2
Drèches de distillerie	0	3	0	5	0	3
Tourteau de colza 00	0	2	0	3	0	3
Farine de poisson	0	4	0	3	0	4
Huile veg. (Saturée)	0	0,5	0	0,5	0	0,5
Huile veg. (Insaturée)	0,5	2	0,5	2	0,5	2
Tourteau de palme	0	0	0	2	0	0
Bale d'avoine	0	0	0	3	0	2
Pulpe de betterave à sucre	0	0	0	3	0	2
Mélasse	0	1	0	2	0	1
Carbonate de Ca (granulaire)	0	0	0	1	4	6
Carbonate de Ca (poudre)	0	2	0	2	2	4

### ❖ Utilisation d'enzymes exogènes

Les enzymes produites de façon endogène par les volailles ne digèrent que 5 à 20 % des PNA (polysaccharides non amyloacés) présents dans l'aliment.

Suite aux travaux de recherche menés ces vingt dernières années, aux progrès réalisés dans la technologie de production de certaines enzymes et à leur moindre coût, l'emploi des enzymes exogènes s'est généralisé dans alimentation des volailles y compris des reproducteurs aviaires.

Par exemple, la phytase peut être utilisée efficacement pour augmenter la concentration du phosphore digestible dans les rations pour animaux monogastriques. Les carbohydrases, comme la xylanase, la bêta-glucanase, augmentent efficacement la digestibilité de l'énergie d'un régime contenant des ingrédients à forte teneur en PNA (blé, orge, etc.).

Pour maximiser l'action des enzymes rajoutées dans une formule, il faut choisir l'enzyme en fonction de la composition de l'aliment. En un mot, l'enzyme doit correspondre au substrat. Ainsi, on peut générer une carence en phosphore si on ne prend pas suffisamment en compte la teneur en phytate d'une formule pour estimer la valorisation d'une phytase, cette carence pouvant se traduire par une faible production d'œufs, de l'ostéomalacie et de la goutte. De même, pour l'action des carbohydrases, si les niveaux et la nature des PNA ne sont pas bien évalués, on peut se tromper dans les estimations des valorisations énergétiques et ainsi distribuer des rations d'aliment incorrectes ayant un effet négatif sur la croissance, le taux de ponte et le poids moyens des œufs.

Comme les enzymes sont des protéines, leur structure est essentielle à leur activité. Le pH, la chaleur ou certains solvants organiques peuvent altérer la structure d'une enzyme. Ces modifications de structure protéique peuvent faire baisser ou annuler l'activité de l'enzyme. Lors de la granulation ou du traitement

par la chaleur, les aliments sont exposés à des températures allant de 60 à 90°C dans des conditions normales. Or, des études récentes révèlent que des températures supérieures à 80°C et certaines pressions peuvent générer une perte d'activité des enzymes endogènes ou exogènes à l'aliment.

Il est recommandé de consulter le fournisseur d'enzyme ou un nutritionniste pour s'assurer que la matrice de matières premières et les spécifications de l'aliment en EM et acides aminés sont correctement ajustées en fonction de l'enzyme choisie et des conditions dans lesquelles l'enzyme est utilisée. On doit également prendre en considération le phosphore, le calcium, le sodium et les autres minéraux en s'assurant que des valorisations correctes ont été attribuées au produit.

Il est probable que dans le futur, les progrès de la technologie des enzymes vont se focaliser sur des préparations enzymatiques plus tolérantes à la chaleur, un spectre d'activité enzymatique plus large et une meilleure tolérance à un pH gastrique bas. En outre, plus la nature chimique des matières premières sera connue, plus les méthodes pour dégrader ces composés seront appropriées.

### ➤ Phytase et phytate

Les phytases sont utilisées par l'industrie de l'alimentation animale depuis près de vingt ans. Au cours de cette période, le nombre de produits a augmenté et leur mode d'utilisation a changé. Néanmoins, en dépit de plusieurs milliers d'articles scientifiques et d'un marché en rapide expansion, l'utilisation de phytase et l'importance du phytate dans l'alimentation des volailles présentent encore des zones d'ombre. Au départ, les phytases étaient présentées comme un moyen d'améliorer la biodisponibilité du phosphore dans les matières premières contenant des phytates. On a compris au fur et à mesure de leur utilisation que la digestibilité des minéraux (notamment du calcium et du sodium), des glucides et des acides aminés était aussi influencée de façon variable par l'action des phytases. Les mécanismes mis en jeu ne sont pas encore totalement clairs, mais des découvertes récentes suggèrent que les phytates sont des facteurs anti-nutritionnels, et qu'en plus de leurs effets sur le phosphore digestible, ils influencent également les processus d'absorption des nutriments dans l'intestin.

La plupart des phytases utilisées dans le commerce ne possédaient pas une stabilité suffisante pour résister à la chaleur et aux conditions difficiles rencontrées lorsque l'aliment est thermisé et/ou granulé. Deux approches ont été utilisées pour contourner ce problème: soit une modification génétique, soit un enrobage de l'enzyme. L'autre alternative est la pulvérisation de l'enzyme sur l'aliment après la thermisation et/ou la granulation. A ce jour, l'efficacité des ces solutions reste limitée: les produits génétiquement modifiés sont suffisamment stables pour la plupart des températures de vapeur, mais pas pour toutes ; il est possible que l'utilisation de produits enrobés délaisse la libération de la phytase ; enfin, il est difficile de garantir la précision de la pulvérisation d'enzyme après traitement thermique.

L'utilisation commerciale de phytase est basée sur la valeur d'une matrice de nutriments pour une dose d'enzyme donnée. Néanmoins, il existe des différences de libération des nutriments, de stabilité et de méthode d'application entre les diverses phytases commerciales. Ces facteurs qui influencent l'étendue et la consistance des effets de la phytase doivent être considérés avec attention lors de la formulation des régimes alimentaires des volailles, et plus particulièrement pour les rations des parentales aviaires. Pour cette raison, il est essentiel d'établir un programme permettant de mesurer fréquemment le taux de recouvrement des phytases après le traitement thermique des aliments.

### ➤ Les cocktails enzymatiques

Il est bien connu que les PNA peuvent exercer une activité anti-nutritionnelle chez les animaux monogastriques. Les PNA de l'orge, du blé et du seigle (béta-glucane, arabinoxylane ou pentosane) sont les plus étudiés. L'ingestion de PNA par des animaux monogastriques conduit à une augmentation de la viscosité du digestat (Burnett, 1966 ; Antoniou et Marquardt, 1983). Cet accroissement de la viscosité diminue le temps de passage de l'aliment entraînant une réduction globale des performances, des déjections collantes et des œufs sales. L'addition d'enzymes dans le régime alimentaire pour résoudre les problèmes de viscosité dus au PNA peut accroître l'efficacité de l'aliment, améliorer la qualité des litières et promouvoir l'utilisation de matières premières ingrédients moins onéreuses.

Les cocktails d'enzymes ont une efficacité supérieure à celle d'une enzyme pure, mais la différence de coût doit être prise en considération. Ceci est dû au fait que les aliments sont des composés complexes contenant des protéines, des matières grasses, des fibres et des glucides complexes. Si l'on ne cible qu'un type de substrat comme le bêta-glucane, on n'obtiendra pas de retombées maximales car des strates d'autres substrats peuvent naturellement protéger une partie du bêta-glucane. Les bêta-glucanes et les arabinoxylanes peuvent par exemple être liés à des peptides ou à des protéines de la paroi cellulaire de l'aliment. Par conséquent, des enzymes capables d'hydrolyser les protéines peuvent accroître l'activité des pentosanases et des bêta-glucanases.

Une des conséquences du mode d'action des enzymes hydrolysant les PNA est l'augmentation de l'EM de l'aliment. Il existe de nombreuses communications sur l'effet positif de l'utilisation d'enzymes et l'augmentation des valeurs d'EM induites sur les matières premières ou les aliments. Le nutritionniste peut alors être tenté de surévaluer l'action des enzymes sur la digestibilité des acides aminés et donc de trop baisser les niveaux de protéines et d'acides aminés des aliments. En raison de la variation de la digestibilité des acides aminés pris individuellement, il est néanmoins conseillé d'être prudent afin de garantir que des niveaux adéquats d'acides aminés limitants sont apportés par l'aliment.

Les enzymes permettent par conséquent de reformuler les régimes alimentaires afin de réduire les coûts tout en maintenant la performance ou d'être ajoutées comme un composant supplémentaire afin de réduire les variabilités de digestibilité des matières premières et d'augmenter la performance.

## ❖ Programmes de contrôle qualité

Les programmes de contrôle qualité en alimentation animale ont pour but de garantir les niveaux de nutriments formulés et cela sous forme disponible tout en minimisant les teneurs en substances toxiques.

### ➤ Contrôle qualité des matières premières

Il est important de faire attention à la qualité des ingrédients d'un point de vue économique ainsi que technique. En faisant l'hypothèse d'une bonne qualité de fabrication, de dosage et de mélange d'un aliment, il est possible d'expliquer en majeure partie l'origine des variations des teneurs en nutriments par la variabilité des ingrédients.

Les ingrédients doivent être décrits en termes de valeurs analytiques et physiques et/ou de caractéristiques sensorielles. L'évaluation d'un ingrédient par la couleur (dommages causés par la chaleur), l'odeur, les contaminants et la texture est certes importante mais ne permet pas d'identifier l'essentiel des variations de qualité de l'ingrédient. Tout programme de contrôle qualité doit inclure une combinaison de tests rapides et appropriés qui seront exécutés au niveau de l'usine d'aliment (par exemple humidité, poids spécifique, rancidité, etc.) et complété par un échantillonnage périodique pour les analyses chimiques effectuées dans un laboratoire accrédité. La fréquence des ces analyses est souvent liée à la variabilité de chaque matière première en particulier.

Une analyse rapide sur site pouvant conduire au rejet de certaines livraisons jugées déficientes, permet également de bien démontrer aux fournisseurs de matières premières, l'engagement qualité du fabricant d'aliment.

Si une inspection rapide et sur site, des principales matières premières suggère qu'il y a un risque d'avoir une mauvaise qualité, et sans attendre d'autre mesures chimiques, il est alors possible de mettre en place une marge de sécurité pour l'énergie (EM), les protéines, etc., et ainsi anticiper une moindre digestibilité:

- Pour le maïs en conditions normales, EM 3360 – si qualité médiocre utiliser alors 3200 kcal/kg;
- Pour le soja en conditions normales, protéine brute 47%, si médiocre utiliser 45% (ou moins);
- Pour le soja en conditions normales, protéine brute 43%, si médiocre utiliser 42%.

Les nutriments de base qui doivent être analysés régulièrement sont les protéines brutes, l'amidon, les fibres brutes, la matière grasse et les principaux minéraux tels que le calcium, le phosphore, le sodium et le chlore. Cependant, il est bon d'analyser également les acides aminés tels que la lysine, la méthionine et la thréonine lorsque cela est possible. Il s'agit ici des nutriments qui doivent être listés pour chaque

matière première afin de construire sa matrice. Cette matrice de valeurs doit être ajustée de façon régulière en fonction des informations concernant les ingrédients utilisés dans l'usine même. Il est absolument impossible de construire une matrice valide dans son propre contexte en se basant uniquement sur les tableaux publiés par les sources de référence ou trouvées sur internet. Bien que ce simple fait paraisse évident, il est souvent oublié en pratique.

L'échantillonnage est un point essentiel de tout programme d'assurance qualité. Un processus comprenant différentes étapes doit être suivi pour obtenir un échantillon représentatif: suivre un plan d'échantillonnage, prélever différents échantillons pour garantir leur représentativité, utiliser l'équipement de collecte d'échantillons représentatifs et suivre la procédure de collecte appropriée, inspecter l'échantillon pour évaluer ses caractéristiques sensorielles et finalement, mélanger les échantillons et les sous-échantillons en vue de l'analyse de laboratoire. Il est préférable de toujours garder une portion des sous-échantillons pour une possible analyse ultérieure.

Chaque nouveau lot de céréales ou de coproduits de céréales doit être échantillonné car les teneurs en nutriments des céréales ont tendance à être variables selon leur provenance. Quand les fournisseurs sont obligés, par la réglementation locale, à étiqueter leurs matières premières et à spécifier sur ces étiquettes les niveaux garantis de certains nutriments contenus dans le produit, le fabricant d'aliment peut ne pas analyser aussi souvent certaines matières premières comme le tourteau de soja.

Si les prémix sont achetés à des sociétés réputées, il n'est pas nécessaire d'envoyer en routine des échantillons pour une analyse coûteuse. On recommande cependant d'effectuer un échantillonnage de chaque livraison de prémix et de stocker ces échantillons dans un congélateur. Cela rendra possible des analyses ultérieures si l'on suspecte un problème avec ces prémix.

## ➤ Contrôle du processus

Le processus par lequel des matières premières de premier choix sont transformés en aliments de qualité met en jeu trois composantes de l'usine de fabrication: le personnel, l'équipement et les procédures.

L'engagement qualité de la société doit être soutenu par tous, de la direction à l'ensemble des employés de l'usine de production. Tout employé qui découvre un problème sur un lot d'ingrédient doit être reconnu pour son engagement.

Toutes les activités liées aux équipements comme leur sélection, leur utilisation, leur réparation et la résolution de problèmes peuvent faire partie d'un processus très complexe qui ne peut pas être détaillé dans ce guide. Cependant, vu les caractéristiques spécifiques des aliments reproducteurs, il est important de mettre l'accent sur les points suivants:

- Vérification de la propreté des équipements incluant le camion de livraison (se référer au chapitre sur les contaminants et l'hygiène des aliments).
- Compteurs et balances: les balances servant à peser les intrants majeurs doivent être inspectées au moins une fois par mois, tandis que les balances et les procédures pour les micro-ingrédients doivent être vérifiées chaque semaine.
- Broyage et mouture de l'aliment (se référer au chapitre sur la présentation de l'aliment).
- Précision du mélange (ingrédients mineurs et matières premières principales) en relation avec les risques liés à un temps de mélange insuffisant (à vérifier deux fois par an). Les problèmes de mélange peuvent aussi survenir lorsque les mélangeuses sont utilisées au delà de la capacité pour laquelle elles ont été conçues ou lorsque les équipements utilisés sont usés, endommagés ou cassés.

Une attention particulière doit être portée à l'exactitude de l'adjonction de prémix et d'additifs alimentaires tels que la phytase dans l'aliment et on doit s'assurer que les minéraux, les vitamines et tous les additifs alimentaires sont mélangés dans l'aliment de façon homogène.

## ➤ Qualité de l'aliment fini

Un programme de surveillance de la qualité de l'aliment complet doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur d'aliment. Cela a pour but de minimiser les litiges et les réclamations. En effet, on doit s'assurer qu'une analyse d'un échantillon d'aliment est bien représentative du régime alimentaire

réellement fourni. Cet accord doit inclure la méthode d'échantillonnage, la fréquence d'échantillonnage, la procédure utilisée pour comparer les résultats de l'analyse de l'échantillon avec les spécifications du régime, les contrôles de contamination, le statut microbiologique et enfin les conditions de stockage des échantillons. Une analyse de routine en laboratoire de l'aliment fini doit être réalisée tous les deux mois au minimum.

Il est recommandé de garder les échantillons de tous les aliments livrés à la ferme pour au moins trois mois et de préférence pendant la durée de vie de chaque troupeau afin de servir au diagnostic de tout futur problème de performance, sans oublier que ces échantillons peuvent jouer un rôle important dans la compréhension de problèmes microbiologiques comme une contamination par des salmonelles.

Les difficultés pratiques à réaliser un contrôle précis de la composition de l'aliment soulignent l'importance d'effectuer une surveillance en continu des performances du troupeau comme décrit dans les guides d'élevage des reproducteurs Hubbard.

Remarque: Le temps écoulé entre le moment où l'aliment est fabriqué et celui où il est donné aux volailles doit être le plus court possible. Ceci est d'autant plus important que les conditions de température et d'humidité sont élevées. En effet, les pertes en vitamines ainsi que d'autres type de dégradations sont alors accélérées dans ces conditions difficiles.

# CONTAMINANTS ET HYGIENE DES ALIMENTS

Tout aliment doit être considéré comme une source potentielle d'infection bactérienne: Coliformes et Salmonelles notamment. Les aliments reproducteurs doivent être décontaminés s'il apparaît nécessaire de maîtriser les agents pathogènes microbiens.

La croissance des moisissures sur les aliments (céréales, aliments complets) et l'élaboration de toxines par ces moisissures (mycotoxines) est un problème majeur en raison de leur effet néfaste sur les performances des volailles et des reproducteurs. Selon certaines estimations, les mycotoxines affectent, chaque année, jusqu'à 25 à 40 % des récoltes mondiales.

## ❖ Moisissures et Mycotoxines

On s'intéresse énormément à ces composés chimiques d'origine naturelle en raison de leur effet négatif, des signes cliniques non spécifiques induits et des pertes économiques plus ou moins sévères engendrées.

L'identification d'une contamination par les mycotoxines est difficile car les symptômes sont souvent vagues et peuvent être associés à d'autres maladies. La liste ci-dessous présente quelques uns des problèmes associés à une mycotoxicose chez les volailles reproductrices:

- ⦿ Croissance moindre et baisse de l'uniformité en élevage. Augmentation des temps de consommation.
- ⦿ Baisse de la teneur en protéines du sérum. Augmentation du poids du foie et des reins. Lésions au niveau du foie et des reins.
- ⦿ Immunosuppression.
- ⦿ Qualité du plumage altérée.
- ⦿ Baisse de la production d'œufs, de la fertilité et de l'éclosabilité. Poussins d'un jour plus petits.

## ➤ Croissance des moisissures

La contamination fongique des céréales et des aliments pour volailles est diverse et omniprésente. On trouve communément des spores de moisissures dans la terre sur les débris de plantes en cours de dégradation. Ces spores sont transportées sur les plantes par les vents, les mouvements d'eau et les insectes. La contamination peut commencer dans le champ, ou après récolte lors du transport et stockage. Des facteurs environnementaux tels que la teneur en humidité (> 14%), la température optimale et les insectes ont une influence majeure sur l'activité des moisissures.

Qu'ils soient issus des champs ou du stockage, ces micro-organismes ont besoin de nutriments pour croître. La présence de moisissures sur les céréales ou l'aliment réduira par conséquent leur teneur en nutriments disponibles. Les carences nutritionnelles associées au développement de moisissures sur les céréales ou l'aliment comprennent une baisse des valeurs d'énergie (Bartov et al, 1982), une dégradation du profil en acides aminés et des niveaux réduits de vitamines. Ceci se traduit par une baisse de la performance des animaux alliée à un refus de consommation de l'aliment (le goût et l'odeur sont modifiés) ainsi qu'à des pathologies plus ou moins spécifiques (entérite).

## ➤ Contamination par les mycotoxines

Plus de 300 mycotoxines parmi les milliers existants (USDA, 1999) sont actuellement identifiées. Aflatoxines, ochratoxines, trichothécènes, fumonisines et zéaralénones sont les mycotoxines les plus importantes et les plus étudiées. Ces agents toxiques sont distribués de façon omniprésente et ont été isolés à partir d'une large variété de céréales, graines oléagineuses et aliments.

La réponse d'une volaille reproductrice lorsqu'elle reçoit des mycotoxines par son alimentation dépendra de nombreux facteurs. Ces facteurs incluent le poids, l'âge, le stade physiologique et l'état de santé de

l'animal, les effets combinés de plusieurs mycotoxines (effet synergétique) et surtout, la dose couplée avec la durée pendant laquelle cette dose a été donnée (= quantité consommée).

Il faut se rappeler qu'une dose seuil doit être atteinte (tableau 11) avant qu'une réponse à la mycotoxine d'origine alimentaire ne soit observée.

Tableau 11: Niveaux minimum estimés pour que les mycotoxines principales affectent les performances des reproductrices.

Toxine (ppb)	Poulettes reproductrices	Reproductrices en période de ponte
Aflatoxine (B1)	50	20
Fumonisine (B1+B2)	1 000	750
Ochratoxine	20	10
Toxine T2	200	50
Vomitoxine (DON)	800	400
Zéaralénone	100	80

Source: bibliographie

En contrepartie, si le niveau de contamination est élevé, les effets pathologiques se manifestent rapidement et avec sévérité. Les mycotoxicoses aiguës sont cependant relativement rares dans les élevages modernes et contrôlés. Le plus souvent, de faibles doses de mycotoxines difficilement détectables sont à l'origine d'effets subchroniques et non-spécifiques qui se traduisent par une baisse d'efficacité de la production et une plus grande susceptibilité à d'autres maladies infectieuses, particulièrement quand les cycles de production sont longs comme ceux des volailles reproductrices.

### ➤ Maîtrise des moisissures et mycotoxines

La mesure prophylactique la plus économique pour protéger les céréales, les aliments et les performances des animaux est un programme global de gestion des risques qui commence par le séchage adéquat des céréales après la récolte. Il est également important d'éviter toute condensation sur les parois des silos et d'éliminer les animaux et insectes nuisibles. On effectuera également des contrôles d'humidité sur un échantillon représentatif.

Les grains à risque peuvent être mélangés avec des grains indemnes et/ou être donnés à des espèces d'animaux moins sensibles aux mycotoxines comme les poulets de chair de plus de 20 jours plutôt qu'aux reproducteurs à forte valeur économique.

Les aliments complets pour reproducteurs doivent être traités avec un inhibiteur de moisissures. Plusieurs produits sont disponibles dans le commerce. Ce sont généralement des mélanges d'acides organiques (acide acétique, acide sorbique et acide propionique par exemple) qui combinés, empêchent la croissance d'une large variété de moisissures. Si l'on suspecte que les matières premières qui ont été livrées sont de mauvaise qualité (par exemple, si le maïs contient beaucoup de grains brisés ou moisis ou s'il a une odeur de moisir), on doit alors également traiter ces ingrédients avec un inhibiteur de moisissures avant de les introduire dans l'aliment. Ceci permettra d'endiguer le développement des moisissures mais n'annulera pas la destruction de nutriments qui a déjà eu lieu en raison du développement antérieur de ces moisissures. Ce traitement n'éliminera pas non plus les mycotoxines qui ont déjà été produites.

La détection de mycotoxines est difficile à réaliser et les méthodes d'échantillonnage n'apportent pas de résultats très fiables. Il est en effet nécessaire d'utiliser des équipements de laboratoires spécifiques et de recourir à des techniciens qualifiés.

L'utilisation d'additifs alimentaires spécifiques, connus sous le nom d'adsorbants organiques ou inhibiteurs de mycotoxines, représente l'approche la plus commune pour prévenir la mycotoxicose chez l'animal. On pense que les liants s'attachent aux mycotoxines, empêchant ainsi leur absorption. Les mycotoxines et le liant sont alors excrétés dans les fientes. Il faut faire attention car ces inhibiteurs ne sont pas tous aussi efficaces. Beaucoup peuvent faire diminuer la digestibilité des nutriments et certains ne sont commercialisés que sur la seule base de données in-vitro.

Lorsque l'on fait face à des toxines de type trichothécènes (T-2, DON), l'addition dans les aliments d'adsorbants/inhibiteurs de toxines, peut être complétée par un traitement hépato-protecteur du foie qui est le principal organe agissant sur la détoxicification des toxines et des métabolites.

### ❖ Contamination microbienne endogène: **Salmonelle**

Les aliments seraient responsables de 15% des contaminations des viandes de volailles par les *Salmonelles*. Le contrôle des salmonelles dans les aliments des volailles reproductrices est un défi majeur pour la maîtrise de ce risque dans la chaîne de production. C'est une demande qui a été formulée de longue date par les accouveurs car les consommateurs exigent et attendent des produits alimentaires indemnes de Salmonelles.

On ne s'est intéressé aux zoonoses que depuis quelques années. Il est généralement reconnu que la Salmonellose est l'une des plus importantes zoonoses transmises par la viande et les œufs. Il est impossible d'éradiquer totalement les Salmonelles mais on peut les contrôler. On considère ainsi que des troupeaux de reproducteurs exempts de salmonelles est un des pré-requis essentiels pour un meilleur contrôle des Salmonelles au niveau de la filière poulet de chair.

Une large gamme de Salmonelles peut être isolée à partir des volailles; néanmoins, les plus pertinentes pour l'industrie de la volaille sont les 2 sérovars multi-espèces Enteritidis (SE) et Typhimurium (ST) ainsi et les sérovars Pullorum et Gallinarum spécifiques de l'espèce volaille. Les autres sérotypes étant à l'origine des 10 premières causes de cas de salmonellose humaine et qui sont typiquement associées à la viande de poulet de chair incluent Infantis, Hadar et Virchow.

On a essayé et testé de nombreuses stratégies pour maîtriser les Salmonelles dans l'industrie de la volaille telles que l'utilisation d'antibiotiques intégrés dans l'aliment ou de vaccins mais aucune de ces stratégies n'a jamais été totalement concluante. Le contrôle des Salmonelles doit faire partie d'une approche intégrée combinant une amélioration de l'hygiène, de la biosécurité ainsi que des techniques d'élevage particulières associées à des choix technologique en matière de nutrition.

Traditionnellement, l'aliment n'était pas considéré comme une source majeure de SE pour les troupeaux de reproducteurs s'il ne contenait pas de protéine animale. Néanmoins, des coproduits utilisés dans l'alimentation des reproducteurs peuvent contenir divers types de Salmonelles. Des tests de surveillance ont montré que des matières premières végétales peuvent avoir des niveaux de contamination par des Salmonelles similaires à ceux de sources animales. On a trouvé que les matières premières végétales les plus communément contaminées sont les graines oléo-protéagineuses tels que le tournesol, le colza, le palmiste et le soja.

Les bactéries *Salmonella* sont modérément résistantes à l'environnement et sont inactivées par la plupart des désinfectants, le gaz formaldéhyde, la chaleur et les pH extrêmes.

#### ➤ **Le taux d'Entérobactéries comme indicateur de contamination par des Salmonelles.**

Les entérobactéries (Enterobacteriaceae) constituent une famille de bactéries gram-négatives, non-sporulées qui inclut *Salmonella*, *Escherichia coli* et d'autres bactéries entériques. Le taux d'entérobactéries d'un aliment constitue un très bon indicateur de la qualité microbienne de l'aliment et donc, le taux d'entérobactéries d'un aliment est considéré comme un indicateur fiable de la qualité des matières premières et de l'aliment.

Quand les taux d'entérobactéries sont élevés, la probabilité de contamination par des Salmonelles est aussi élevée et inversement.

Les taux d'entérobactéries maximum "acceptables" qui déterminent le moment où l'on doit agir, n'ont pas encore été bien déterminés pour chaque aliment ou chaque ingrédient le composant. En Europe cependant, on a établi une limite maximum pour les entérobactéries. Ainsi pour les aliments destinés aux

reproducteurs, le taux d'entérobactéries maximum acceptable est de 100 cfu/g avec un taux cible à 0 cfu/g.

Pour atteindre cette cible, il est recommandé d'établir un programme de contrôle de l'aliment très strict incluant le traitement thermique de l'aliment composé, l'utilisation d'additifs alimentaires et des vérifications régulières à des points de contrôle critiques (PCC) définis au niveau des usines.

### ➤ Points de Contrôle Critiques

Afin d'identifier efficacement les problèmes fréquents de contaminations des matières prélières ou de contamination après transformation, les PCC suivants ont été identifiés et indiquent où l'on doit prélever les échantillons de contrôle dans les usines:

- ❶ Poussières provenant des vis de reprise des matières premières, sous ou derrière la fosse de déchargement.
- ❷ Poussières provenant des rebords à l'intérieur et en haut des silos de matières premières et des cellules. Ou si les cellules ne sont pas accessibles, les poussières localisées au niveau des tamis utilisés pour les matières premières ainsi que les projections au niveau des vis de reprise des matières premières.
- ❸ Prélèvements à l'intérieur et sous les refroidisseurs, ou sur la structure qui peut y être associée comme l'émetteur. Pour les lignes de fabrication d'aliment farine, la poussière peut être prélevée au niveau des vis de reprise et des cellules de produits finis.
- ❹ Poussières provenant des rebords des cellules de stockage de l'aliment.

L'équipement de traitement des usines de fabrication d'aliment doit être conçu de façon à permettre un nettoyage facile et efficace. On devra porter une attention toute particulière à l'hygiène de toute l'installation pendant les périodes de maintenance et d'arrêt de l'usine.

Pour une production d'aliment de plus de 10 000 T par an, on requiert au minimum un échantillonnage mensuel à chacun des PCC listés ci-dessus. Si l'on prépare des aliments pour reproducteurs grand-parentaux, la fréquence d'échantillonnage au niveau de chaque PCC doit être augmentée à 1 fois / 150 T produites.

Si on obtient un résultat à plus de 1000 entérobactéries cfu/g, les actions suivantes doivent être entreprises:

- ❶ Ré-échantillonnage au niveau des PCC et nouvelles analyses ;
- ❷ Sérotypage de tous les échantillons positifs;
- ❸ Mettre en œuvre le programme de nettoyage et de désinfection nécessaires.
- ❹ Faire une enquête complémentaire prenant en compte l'évaluation des matières premières;
- ❺ Informer le fournisseur de matière première des résultats si un ingrédient spécifique est responsable de la contamination.

### ➤ Ligne de traitement thermique dédiée

Traditionnellement, le contrôle des salmonelles se fait par la granulation dans les aliments reproducteurs. Il est cependant peu probable d'obtenir une décontamination totale aux températures de granulation usuelles (65-70°C). Enfin, une multiplication ultérieure des Salmonelles résiduelles peut se produire en aval de la granulation et particulièrement dans le système de refroidissement.

Pour une décontamination efficace, le meilleur procédé consiste à dédier une ligne de traitement thermique spécifique (thermisation) pour les aliments reproducteurs en farine et complété par une presse et un émetteur pour les aliments miettes ou granulés. L'établissement de ligne dédiée commence avant la thermisation ; elle doit inclure tous les circuits de transfert du traitement thermique, se poursuivre dans les cellules réservées aux aliments thermisés, et se terminer par un poste de chargement spécifique pour les véhicules de livraison de produits en vrac réservés aux aliments reproducteurs.

Le traitement thermique est conçu à partir de 2 équipements spécifiques :

Le traitement thermique (thermiseur) proprement dit est un appareil qui amène l'aliment farine à une température et une humidité données pendant une durée déterminée (ces paramètres sont spécifiques pour chaque type de matériel). En sortie du thermiseur l'aliment peut être granulé et/ou émiellé ou maintenu en farine.

Le refroidisseur par air ramène l'aliment, si possible, aux niveaux de température et humidité antérieurs au traitement. Pour éviter les recontaminations, l'air utilisé dans le refroidisseur est filtré. Le local de refroidissement fermé est en pression positive par rapport à celle de l'usine.

La maintenance, la fréquence des nettoyages manuels par du personnel spécifique, la décontamination des circuits par air chaud (70-80°) et les contrôles bactériologiques sont également des facteurs très importants de la réussite de cette technique.

L'avantage de ce concept est de fournir aux reproducteurs une alimentation sous forme farine ; ce qui augmente le temps de consommation de leur ration en phase de rationnement intense (se référer au chapitre sur la présentation de l'aliment).

### ➤ Utilisation d'additifs alimentaires pour contrôler les Salmonelles

Il existe des additifs alimentaires permettant de contrôler les salmonelles dans les aliments. A ce jour, un certain nombre de produits ont été acceptés et commercialisés avec succès comme les acides gras à courte chaîne (acides formiques, acétiques, propioniques et butyriques) et le formaldéhyde. Tous montrent des propriétés anti-salmonelles.

Les acides gras à chaîne moyenne (C6 à C12 ; acides caproïques, capryliques, capriques et lauriques), les huiles essentielles, les probiotiques, les prébiotiques et les glycane ont également été listés. Ces produits limiteront la colonisation de l'intestin par *Salmonella* mais peuvent ne pas présenter suffisamment de propriétés bactéricides.

Le développement de tels additifs alimentaires a été quelque peu empirique et les concentrations utilisées dans les installations commerciales sont plus souvent déterminées par le coût d'addition de l'additif que par une concentration d'inhibition déterminée de façon scientifique et donnée par le fournisseur.

Les activités antibactériennes des acides organiques sont également dépendantes de la température, l'humidité, la dose d'acides et le temps entre l'addition d'acides et la consommation de l'aliment par les volailles. Les actions des acides sont relativement lentes et une exposition de 48 heures semble être un minimum pour une meilleure efficacité.

Il faut noter que certains produits acides du commerce peuvent être corrosifs pour les équipements de l'installation.

Ces produits à base d'acides organiques ou de formaldéhyde peuvent aussi aider à la prévention d'une éventuelle recontamination lors de la manutention, du stockage et du transport des aliments.

### ➤ Risque de recontamination

Une des plus grandes difficultés rencontrée lorsque l'on cherche à produire des aliments exempts de salmonelles consiste à éviter toute recontamination pendant le refroidissement, la livraison et le stockage de l'aliment. La recontamination se produit par des poussières et des résidus dans l'unité de refroidissement, dans les circuits de transfert de l'aliment à l'intérieur de l'usine, dans les camions transportant l'aliment, dans le stockage et le système d'alimentation au niveau de l'élevage. Les poussières et les résidus d'aliment sont des porteurs de moisissures et de bactéries, ce qui conduit en définitive à une augmentation des risques de contamination de l'aliment consommé.

Le risque de contamination le plus élevé est au niveau du refroidisseur car il s'agit d'une zone chaude et humide favorable au développement bactérien et fongique. Le refroidisseur doit être situé dans un local isolé pour éviter les condensations qui sont très dangereuses. Le fait d'avoir une surpression dans ce local évite les contaminations venant de l'usine.

Tous les véhicules utilisés pendant le transport de l'aliment reproducteur doivent être soumis à un programme de nettoyage et d'aseptisation qui garantit qu'ils sont maintenus en bon état de propreté sans accumulation de déchets. Idéalement, des véhicules doivent être dédiés au transport des aliments reproducteurs ; mais on peut comprendre que la limitation des ressources puisse ne pas le permettre. Par conséquent, si les véhicules sont utilisés pour le transport d'autres matériaux, ils doivent être nettoyés de façon appropriée, débarrassés de toute matière organique, aseptisés avec un désinfectant et séchés avant d'être utilisés pour le transport d'aliment reproducteurs. Comme les matières organiques réduisent l'efficacité des désinfectants, il est donc essentiel de bien gratter si nécessaire et d'ôter toutes les poussières à l'intérieur de chaque compartiment du camion.

Le planning des livraisons d'aliment doit donner la priorité à la ferme ayant le niveau d'hygiène le plus élevé afin que celle-ci soit la première d'une séquence de livraisons effectuées par un même camion.

Bien que des compléments comme les acides organiques soient très utiles pour prévenir une contamination de l'aliment par les salmonelles avant consommation par les volailles, le problème le plus important réside souvent dans le stockage et la manipulation de l'aliment au niveau des élevages.

### ❖ Contamination croisée

Les ingrédients des aliments et les prémix doivent respecter les normes acceptables et, si nécessaire, les normes fixées par la loi concernant les niveaux de pesticides et de substances indésirables. Des dosages excessifs, un usage inappropriate d'additifs alimentaires et une contamination croisée de l'aliment peuvent poser des risques sérieux pour les troupeaux de reproducteurs.

On reconnaît généralement que dans des conditions pratiques de fabrication, un certain pourcentage d'un lot d'aliment précédent reste dans les circuits de fabrication: ces quantités résiduelles d'aliment peuvent contaminer les lots d'aliment suivants et y compris les aliments reproducteur.

Des procédures de fabrication doivent être utilisées pour éviter de telles contaminations croisées (par exemple, dépoussiérage, séquençage des fabrications et grattage) entre les lots d'aliment et les matières premières qui contiennent des produits réglementés ou potentiellement nocifs tels que certaines farines d'origine animale et des médicaments vétérinaires. Ces procédures doivent également être utilisées pour réduire le risque de contamination croisée entre aliments médicamenteux, non-médicamenteux et d'autres aliments incompatibles. Dans les cas où les risques de contamination croisée sont élevés et où l'utilisation des méthodes adéquates de dépoussiérage et de nettoyage sont jugées insuffisantes, on se doit de mettre en place des lignes de production, de transfert, de stockage et de livraison totalement séparés pour les aliments destinés aux reproducteur.

Remarque:

- ⌚ Il n'est pas recommandé d'utiliser du Lasalocide (Avatec) pour les reproducteurs nanifiés.

## PRESENTATION DE L'ALIMENT

Les recommandations en nutriments sont publiées et adaptées à chaque souche et à leur évolution génétique. Cependant, les aspects physiques de l'aliment (taille des particules, uniformité et dureté) sont rarement définis précisément.

Les usines d'aliment ont amélioré les technologies de broyage et de tamisage et il est à présent possible d'obtenir une gamme précise de taille de particules en fonction de l'âge du troupeau. Ce n'est néanmoins pas une tâche facile.

La présentation de l'aliment dépend des matières premières utilisées ainsi que du type d'équipements disponible en usine. Par exemple, la teneur en matière grasse, protéine, amidon et fibre des céréales et des coproduits de céréales vont non seulement avoir une incidence sur la valeur nutritionnelle, mais aussi sur les caractéristiques de mouture de l'aliment.

### ❖ Aliments sous forme de granulés ou miettes

En théorie, le fait de présenter un régime sous forme de granulés ou de miettes contribue à une meilleure qualité bactériologique, à une réduction des temps de consommation ainsi à un moindre dé-mélange de l'aliment par rapport à la présentation farine.

Ceci suppose cependant que:

- ❶ Les lignes de production avant et après la granulation soient propres et entretenus (se référer au chapitre sur l'hygiène de l'aliment).
- ❷ Les systèmes d'alimentation en service et les matières premières utilisées permettent aux volailles de disposer de granulés ou de miettes de bonne qualité au niveau des mangeoires.

Les difficultés pour obtenir des granulés ou des miettes de bonne qualité sont très souvent responsables des problèmes techniques suivants:

- ❶ Désagrégation des granulés/miettes dans les systèmes de distribution des aliments et accumulation de fines particules dans les mangeoires ;
- ❷ Problèmes de qualité de coquille liés aux difficultés d'utilisation du calcaire particulaire;
- ❸ Plus de piquage de plumes en raison d'un temps d'alimentation trop court;
- ❹ Coûts de fabrication plus élevés.

Les deux principales qualités des granulés sont les suivantes :

- ❶ Dureté – Mesure de la résistance mécanique du granulé à l'écrasement (échelle de 1 à 10).
- ❷ Durabilité- Mesure de l'aptitude du granulé à durer malgré les chocs mécaniques rencontrés pendant le transport de l'usine d'aliment à la ferme et lors de la distribution de l'aliment à la ferme  
→ résistance à l'abrasion et aux chocs (exprimée en %)

### ❖ Aliments farine de bonne présentation

#### ➤ Les avantages des régimes à base de farine

Pendant la phase d'élevage, à l'exception des premières 3 ou 5 semaines pendant lesquelles le régime doit être offert sous forme de miettes, on préfère les aliments présentés sous forme de farine. Comme le degré de rationnement augmente souvent à cette période, il est alors préférable d'allonger le temps de consommation afin limiter la compétition et promouvoir une bonne uniformité du troupeau. Pour cette raison, on recherche un aliment présenté sous forme de farine régulière et uniforme avec de faibles teneurs en fines et grosses particules (Tableau 12).

Pendant la période de ponte, une formulation présentée sous forme de farine allongera également les temps de consommation. Néanmoins, il est préférable que l'aliment soit consommé assez rapidement (3-4 heures) afin d'aider les poules à organiser leurs activités d'alimentation, de ponte et d'accouplement tout au long de la journée. Il n'est pas souhaitable que le temps pris pour s'alimenter soit trop long (œufs pondus au sol, risque d'avoir les mâles s'alimentant avec les femelles et réduction des cochages l'après-midi). Dans le cas d'un temps de consommation trop long, il est important de distribuer une farine mais sous forme grossière. La partie contenant les minéraux et vitamines peut être présentée sous forme particulière en remplacement de la poudre fine normalement utilisée afin de réduire la quantité de fines particules et les risques de dé-mélange.

Tableau 12: Distribution des tailles de particules (pourcentage obtenus en utilisant des tamis standards)

Tamis standard (mm)	>3,15 %	3,15-2,0 %	2,0 -1,6 %	1,6-1,0 %	1,0-0,5 %	< 0,5 %
	% cum	% cum	% cum	% cum	% cum	% cum
Démarrage - Miettes	2 2	20 22	18 40	45 85	13 98	2 100
Démarrage - Farine	5 5	20 25	15 40	25 65	20 85	15 100
Croissance - Farine	5 5	20 25	15 40	25 65	20 85	15 100
Reproducteur - Farine	10 10	20 30	15 45	25 70	20 90	10 100

Pour les mâles, on parvient mieux à limiter le temps d'alimentation en améliorant le système de distribution de l'aliment plutôt qu'en améliorant la présentation de l'aliment lui-même.

La qualité d'une farine est évaluée en examinant la taille et l'uniformité de ses particules et il est essentiel d'obtenir une présentation homogène. En effet les volailles préfèrent les particules les plus grossières. En cas de farine hétérogène, les sujets dominants vont par conséquent manger très vite les particules de céréales les plus grosses, alors que le reste du groupe mangera les plus fines.

S'agissant de granivores, les volailles ont un appareil digestif conçu pour ingérer rapidement leurs rations. Les aliments ingérés sont alors stockés dans le jabot afin d'être « hydratés » et « acidifiés » par les sécrétions d'acide lactique avant de passer par le proventricule. Dans le proventricule, les sécrétions d'acide chlorhydrique, de pepsine et de mucus sont accrues lorsque les particules sont grossières. Le gésier réalise un broyage des particules de l'aliment, son imprégnation et sa prédigestion par les sécrétions issues du proventricule ainsi que la régulation du débit d'aliment entrant et sortant de la partie basse de l'appareil digestif. La motilité intestinale due à des mouvements péristaltiques ralentit le débit de l'aliment, permet une meilleure absorption des nutriments par les villosités intestinales et aide à stabiliser la flore intestinale.

Des particules alimentaires trop fines ne vont pas permettre au processus naturel décrit ci-dessus de se dérouler dans de bonnes conditions. En effet, ces fines particules ne resteront pas assez longtemps dans le jabot et ne conduiront pas à une prédigestion suffisante dans le gésier. Ceci se produit fréquemment lorsque des miettes ou des granulés fabriqués à partir d'une farine fine sont distribuées aux reproducteurs. Dans ce cas, la granulation est choisie prioritairement pour son effet thermique et sanitaire, mais pas pour sa qualité de durabilité ou de dureté. Il est donc préférable d'utiliser une farine grossière, qui après granulation, sera émiettée plus ou moins grossièrement en fonction de l'âge des reproducteurs.

Cependant un aliment farine peut être problématique car il peut présenter une offre en nutriments inconsistante causée par la ségrégation des ingrédients en particules légères ou grosses. Il est donc important de fournir aux reproducteurs un aliment sous forme de farine homogène.

### ➤ Technologie de broyage de l'aliment

Comme indiqué ci-dessus, une farine grossière et homogène est bien la meilleure présentation pour des aliments destinés aux reproducteurs. Ce type de farine peut même être utilisé pour fabriquer un granulé ou une miette et favoriser la régulation de la digestion de l'aliment. La taille des particules de l'aliment dépend principalement du broyage. Il existe deux types de broyeurs:

- Les broyeurs à cylindres cannelés ne sont pas conçus pour de larges volumes de production. Ils sont plus sensibles aux détériorations par des corps étrangers, mais consomment moins d'énergie et l'aliment produit à une taille de particule plus uniforme.

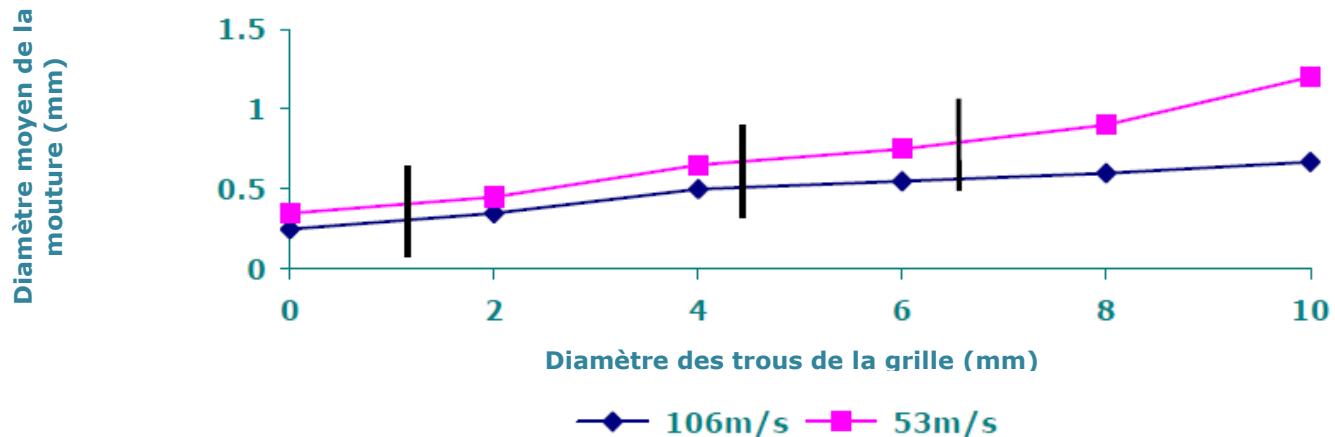
- Les broyeurs à marteaux sont les plus communément utilisés. Le broyage est obtenu à la fois par contact entre les particules de l'aliment et les marteaux et par l'effet abrasif des grilles. Par conséquent, le contrôle du broyage dépend des facteurs principaux suivants: la vitesse périphérique des marteaux, la taille des trous de la grille (Figure 1 et Tableau 13) et le pourcentage de trous de la grille. La vitesse périphérique des marteaux est une combinaison du diamètre du broyeur et de la vitesse de rotation. Pour une matière première donnée, plus la vitesse des marteaux est grande, plus la distribution de la taille des particules de l'aliment est large.

Exemple de calcul:

- Vitesse de rotation = 1500 RPM (Rotations Par Minute)
- Diamètre du broyeur = 0.7 m
- Vitesse périphérique des marteaux =  $0,7 \times 3,14 \times (1500/60) = 55\text{m/s}$

Si le broyeur tourne à 3000 RPM, la vitesse périphérique est de 110 m/s. Pour l'aliment destiné aux volailles reproductrices, 55 m/s est la vitesse la plus fréquemment utilisée. Les broyeurs à vitesse variable permettent d'adapter la vitesse aux matières premières et de cibler la taille des particules de l'aliment.

Figure 1: influence de la vitesse du marteau sur la taille de mouture du maïs.



Les deux critères importants à prendre en considération pour les grilles de broyeurs sont le diamètre des trous (de 2 à 10 mm) et le pourcentage de trous dans la grille (de 27 à 52 %). Plus ces valeurs sont hautes, plus la taille des particules sera grosse et plus on obtiendra une large distribution de la taille des particules.

Tableau 13: Taille moyenne des moutures de maïs (% cumulé) en utilisant des grilles standards

BROYEUR	GRILLE 6 mm		GRILLE 10 mm	
	VITESSE DES MARTEAUX		VITESSE DES MARTEAUX	
	1500 rpm	3000 rpm	1500 rpm	3000 rpm
<b>Diamètre du tamis en mm</b>	<b>En % cumulé</b>	<b>En % cumulé</b>	<b>En % cumulé</b>	<b>En % cumulé</b>
<b>3,15</b>	5,05	8,25	13,53	15,61
<b>2,00</b>	48,1	45,22	46,59	42,66
<b>1,00</b>	75,83	70,42	76,14	67,38
<b>0,5</b>	88,91	85,32	90,81	82,12
<b>Fin &lt; 0,5</b>	11,09	14,68	9,19	17,88
<b>3,15&lt;Standard&gt;0,5</b>	83,86	77,07	77,28	66,51
<b>Gros &gt; 3,15</b>	5,05	8,25	13,43	15,61

A noter que les grilles à maille carrée ont une plus large proportion de trous, un taux d'usure moins rapide et permettent de plus gros débits.

La taille des particules et leur distribution doivent être surveillées régulièrement. Une variation excessive est un signe d'usure de la grille ou des marteaux.

Quand les marteaux sont usés, la distance entre le marteau et la grille (normalement de 8 mm) est augmentée. La couche périphérique de particules d'aliment devient par conséquent plus épaisse et l'éjection des particules est ralentie. L'effet abrasif au niveau de la grille est augmenté. Le rendement du broyeur baisse et plus de fines particules sont produites.

De la même manière, des grilles usées auront tendance à rejeter les particules vers le broyeur au lieu de les laisser sortir.

Pour la plupart des espèces de volaille, la gamme appropriée de taille de particules de l'aliment est de 0,5 à 2 mm. Au dessous de 0,5 mm, les particules sont moins facilement ingérées, et sont essentiellement composées de vitamines et minéraux. Au dessus de 2 mm, ce sont principalement des particules de céréales, ce qui peut provoquer une sélection par les volailles.

Les broyeurs à vitesse variable améliorent l'uniformité de la taille des particules et diminuent la quantité de particules en dehors de la gamme désirée. Des broyeurs allant à la vitesse tangentielle de 55 m/s alliée à un tamisage après broyage pour ôter les particules de taille supérieure à 3 mm donnent de bons résultats quand on les associe avec des grilles de diamètre de trous plus large pour réduire la production de fines particules.

Les aliments démarrage, croissance, pré-ponte et reproducteur, lorsqu'ils sont sous forme de miettes ou de granulés, doivent être faits à partir d'une farine dont la taille des particules est égale à celle décrite dans le tableau 12.

Dans les climats chauds, une farine très grossière est mieux adaptée que des granulés à la fois pour des raisons de prix et de palatabilité. L'utilisation de ce type d'aliment permet également de rajouter des matières grasses supplémentaires, si nécessaire.

## PROGRAMME D'ALIMENTATION/ FORMULATION

Les troupeaux de reproducteurs ont besoin de recevoir une série de régimes équilibrés favorisant la croissance et le développement pendant la période d'élevage plus encourageant la production d'œufs pendant la période de reproduction, le tout afin de garantir une performance optimum (se référer au supplément spécifique à chaque produit Hubbard de reproducteur chair).

L'aliment destiné aux reproducteurs doit être consistant – physiquement et chimiquement – sinon le responsable d'élevage donnera aux volailles des niveaux variables de nutriments et ne pourra pas optimiser ou ajuster avec précision ses rations. Il est également souhaitable de ne pas changer trop souvent les formulations pour reproducteurs.

### ❖ Alimentation des animaux en pré-démarrage et démarrage

En favorisant une croissance optimale pendant les premières semaines de vie, il semble que l'on influence alors positivement les performances de ponte. Ceci est peut-être en relation avec le concept de programmation nutritionnelle discuté par un certain nombre d'équipes de recherche (Knight and Dibner, 1998 ; Giesen, 1998).

Une ingestion plus élevée, dès le plus jeune âge, de protéines et d'acides aminés augmentent la croissance musculaire, le développement du squelette et enfin l'uniformité du troupeau. Une hausse relativement faible de l'ingestion de la fraction protéique semble influencer positivement la production d'œufs jusqu'à la fin du pic de production et au-delà.

Lorsqu'il est difficile de parvenir à une ingestion cumulée minimum de 160g de protéine brute jusqu'à quatre semaines de vie pour tous les poussins (cas des poussins issus de jeunes reproducteurs ou lors d'un temps de transport des poussins très longs, etc.), il est alors conseillé de prévoir la mise en place d'un aliment pré-démarrage riche en protéine brute et en acides aminés et cela pour les 10 premiers jours de vie. Passer ensuite à l'aliment démarrage conventionnel (se référer aux notices d'élevage Hubbard).

On doit faire attention à ne pas présenter des particules d'aliment trop grossières aux poussins. Certains poussins choisiront ces particules en particulier au lieu des miettes et développeront par la suite des carences en nutriment (rachitisme par exemple). Il est préférable de donner l'aliment pré-démarrage et démarrage sous la forme de miettes tamisées.

### ❖ Alimentation des animaux en croissance

C'est la phase de rationnement la plus intense. Cependant, on ne doit pas trop rationner les poulettes reproductrices pendant la période d'élevage si l'on veut avoir une reproduction optimale (Lilburn et al., 1992). Il est devenu de plus en plus évident que l'ingéré cumulé de nutriments ainsi que le programme d'alimentation suivi pendant la période d'élevage et le début de la ponte peuvent avoir un effet sur le développement des reproducteurs et leur conformation: ceci affectera ainsi le poids des œufs, la viabilité, la fertilité ainsi que la performance de la descendance.

Les consommations cumulées minimum d'EM et de protéine brute (PB) jusqu'au moment de stimulation lumineuse (à 147 ou 154 jours) sont les suivantes (voir également les notices d'élevages):

- Femelles conventionnelles : 24 000 Kcal ME et ~ 1 300 g PB ;
- Femelles Feed Saver: 22 000 Kcal ME et ~ 1 200 g PB ;
- Femelles nanifiées et colorées: 20 500 Kcal ME et ~ 1 125 g PB ;

Ces minima exigent que la lysine totale, pour un régime croissance de bonne qualité, constitue 4,9 à 5,0 % de la PB et que le ratio méthionine + cystine/lysine soit de 83 %.

Lorsque cela est possible, un aliment croissance à basse énergie ( $\leq$  2650 Kcal) sous forme de farine uniforme est la solution à retenir. Ceci contribuera à un allongement du temps de consommation et donnera une meilleure opportunité à tous les individus de mieux s'alimenter. Un temps de consommation acceptable de 40 à 60 minutes peut être obtenu en utilisant un programme d'alimentation de type « 4 ou 5 jours d'alimentation par semaine », à condition que cela soit permis par la réglementation locale.

Dans certains systèmes d'élevage, telle que l'alimentation automatisée au sol (spin feeding), il est essentiel d'utiliser un aliment croissance sous forme de granulés de très bonne qualité en terme de durabilité.

### ❖ Transition de la croissance à la ponte

Traditionnellement (Brake 1985 par ex.), on considère que les poules ont besoin d'avoir une masse minimum de tissu maigre avant le début de ponte. Par conséquent, une consommation de protéine accrue est nécessaire pour stimuler la croissance de ces tissus avant le début de ponte. Cependant, pour les poules qui se situent au dessus du poids standard de la souche ou celles qui ont une consommation d'aliment accrue, augmenter les protéines et les acides aminés avant la production d'œufs peut augmenter le risque de prise de muscle excessive pour les souches modernes et lourdes.

Nous considérons l'aliment pré ponte comme une option. Dans les climats tempérés et si l'on dispose d'un aliment bien présenté, fait à partir d'ingrédients de bonne qualité, il est possible de continuer à utiliser l'aliment croissance jusqu'au début de la ponte. Il est cependant justifié d'augmenter les protéines et les acides aminés durant cette période pour les troupeaux n'ayant atteint que 90% (ou moins) de l'objectif de poids à 19 semaines ou si le dépôt de muscle au niveau du bréchet est insuffisante. En climat chaud ou lorsque la qualité des ingrédients est très variable, il peut être également conseillé d'utiliser un régime pré-ponte.

En terme de formulation et de présentation physique, le passage d'un aliment croissance à un aliment ponte doit se faire avec un minimum de variations. Il faut ainsi éviter toute variation brutale au niveau de la formulation (type de matières premières et niveaux) et de la présentation. Cela pourrait réduire, même de façon transitoire, la consommation d'aliment. Quand la différence de niveau d'EM entre l'aliment croissance et les aliments ponte est de plus de 100 Kcal/kg, il peut être intéressant de considérer un régime de "transition" ou "pré-ponte" avec une teneur d'EM de 50 à 100 Kcal plus élevée que celui de l'aliment croissance (plus d'huile quand cela est possible).

Comparé à l'aliment croissance, le niveau de calcium d'un aliment pré-ponte (1,25 à 1,40%) est légèrement plus élevé afin d'obtenir un équilibre minéral permettant d'éviter les dommages rénaux et la détérioration de la litière.

Afin de prévenir une prise de poids hebdomadaire excessive, l'aliment croissance peut être continué pour les mâles jusqu'à ce qu'ils soient mélangés avec les femelles, et même ultérieurement.

La supplémentation vitaminique (niveau similaire à celui de la phase de ponte) augmente les réserves vitaminiques des animaux avant les premiers œufs ce qui peut être bénéfique pour les premières éclosions. L'aliment ponte doit être commandé dès les premiers œufs. Il convient de s'assurer ainsi que cet aliment est effectivement distribué aux volailles au plus tard lorsqu'elles atteignent 5% de ponte journalière.

### ❖ Alimentation en période de ponte

Un programme d'alimentation qui n'utilise qu'un seul type d'aliment durant l'ensemble de la période de ponte sera simple et certainement facile à gérer. Les besoins journaliers en acides aminés qui sont légèrement réduits avec l'âge sont normalement ajustés par le retrait d'aliment après le pic de production et il est donc possible de maintenir la même teneur en acides aminés de l'aliment sur l'ensemble de la période de ponte.

Les besoins en calcium augmenteront pour les volailles plus âgées, mais ces besoins pourront alors être satisfaits en complémentant la ration par du calcium particulier distribué séparément sur la litière ou ajouté dans les trémies de distribution d'aliment.

Un tel régime unique doit néanmoins être conçu pour satisfaire les maximums de besoins nutritionnels à tout moment, et dans toutes les conditions (niveau de production, saison, etc.). L'aliment a alors une haute densité de nutriments afin de satisfaire les besoins élevés en énergie et acides aminés au moment du pic de ponte. Il en résulte la mise à disposition des poules d'un aliment couteux et trop riche pendant le reste du cycle de ponte.

Un programme d'alimentation en deux phases est utilisé dans la plupart des cas. Les teneurs en protéines et acides aminés comme celles des autres nutriments sont typiquement abaissées lorsque la poule vieillit ou quand la production d'œufs du troupeau baisse jusqu'à un certain pourcentage. Le taux de calcium est lui augmenté en raison de l'épuisement en calcium du squelette et de la faible absorption de calcium surtout après 50 semaines.

Dans des conditions chaudes ou si les troupeaux commencent leur période de ponte précocement (ce qu'une bonne gestion de l'élevage doit s'efforcer d'éviter), un régime spécifique pour la période de montée en ponte peut être recommandé. Dans un tel régime, on prend alors des précautions supplémentaires en augmentant de 10% les prémix vitaminiques et minéraux ainsi qu'en augmentant la teneur de l'aliment en acides aminés synthétiques et en acide linoléique (voir les notices d'élevage Hubbard).

### ❖ Alimentation des mâles

L'utilisation de rations spécifiques pour les mâles pendant la période de ponte s'est montrée bénéfique pour préserver la condition physiologique des mâles et leur fertilité. Cela dit, la pratique très répandue, consistant à donner le même aliment aux mâles qu'aux femelles, n'est pas forcément préjudiciable pour la performance des mâles. Cette pratique permet d'éviter des coûts supplémentaires (silos) et les inconvénients liés à des préparations séparées, au contrôle qualité et au stockage de deux aliments. Bien que nous proposions un aliment optionnel pour les mâles pour la période de production, l'objectif essentiel peut être atteint en limitant les quantités d'aliment distribuées et en surveillant strictement le poids corporel des mâles pour les maintenir au poids objectif.

La préoccupation la plus importante réside dans une consommation excessive de protéines et de calcium par les mâles. Un régime séparé contenant une plus faible densité en nutriments sera bénéfique dans les situations où les mâles tendent à développer trop de dépôt musculaire au niveau du bréchet ou si la maîtrise de l'uniformité du troupeau pose problème.

Un aliment spécifique, dilué, avec une forte teneur en fibres insolubles et une plus faible teneur en protéine et calcium améliorera le comportement des mâles vis-à-vis des femelles, favorisera l'uniformité du troupeau ainsi que la santé et l'activité des mâles.

Les huiles polyinsaturées et les antioxydants comme la vitamine E et le sélénium sont onéreux. Mais comme les AGPI et les antioxydants ont plusieurs fonctions biologiques ayant un impact sur les systèmes reproducteurs et la qualité du sperme (se référer au chapitre Effets antioxydants dans le jaune d'œuf, les spermatozoïdes et l'embryon), augmenter leurs teneurs dans les régimes alimentaires des mâles aura un effet certainement très bénéfique tandis que cette augmentation ne sera pas trop coûteuse si elle ne concerne que l'aliment mâle.

## QUESTIONS LES PLUS FREQUENTES

### ❖ Faut-il apporter une alimentation spécifique dans les climats chauds?

- ❶ S'assurer que l'aliment est constitué de particules grossières et homogènes. Utiliser un aliment plus attractif à base de farine à mouture grossière ou alors sous forme de granulés ou de miettes. Les volailles n'aiment pas manger un aliment fin ou poussiéreux surtout lorsqu'il fait chaud.
- ❷ Quand la consommation d'énergie et d'aliment baisse, il est important d'augmenter la densité en nutriments de la ration et en particulier les teneurs en acides aminés comme la lysine et la méthionine. Cela afin de maintenir le niveau d'ingéré journalier pour ces nutriments. Il ne faut cependant pas automatiquement et également augmenter la teneur en protéines brutes mais préférer un ajout d'acides aminés synthétiques (voir les notices d'élevage Hubbard et l'usage d'un aliment optionnel mais spécifiques pour la montée en ponte).
- ❸ Diminuer la teneur en amidon et augmenter les matières grasses brutes pour faire baisser la production de chaleur d'origine métabolique.
- ❹ Ajouter du bicarbonate de sodium.
- ❺ La vitamine C (acide ascorbique) qui joue un rôle important dans la formation du squelette et dans la lutte contre le stress causé par la chaleur peut ne pas être synthétisée en quantité suffisante par les volailles. Cette vitamine n'est pas considérée comme essentielle mais dans certaines circonstances, comme en conditions de stress ou sous un climat chaud, il peut être intéressant d'en ajouter (150 à 300g/tonne). La vitamine C est instable à haute température et doit être protégée si l'aliment est aggloméré sous forme de granulés ou s'il subit un traitement thermique.

### ❖ Comment prévenir et traiter le syndrome du foie gras chez les reproducteurs chair?

Le syndrome du foie gras est une condition métabolique caractérisée par l'accumulation d'excès de gras dans le foie et un foie hémorragique. Ce syndrome est associé à des sujets trop lourds au moment de la stimulation lumineuse et/ou à une alimentation en excès avant le début de la ponte. Les lésions consistent en un excès de croissance, des dépôts de gras abdominal, ainsi qu'un foie et un cœur trop gras.

#### Prévention:

- ❶ Evaluer la qualité de la distribution de l'aliment des poulettes et améliorer l'uniformité du troupeau.
- ❷ Evaluer le programme de dé-ratiornement des poules au début de la ponte afin d'éviter un surplus d'énergie en cours de ponte (Surveillance du poids corporel et respect du poids standard de la souche).
- ❸ Modification du régime: substitution d'une partie de la fraction glucidique par des matières grasses sans pour autant augmenter la teneur en énergie du régime. Une telle modification signifie vraisemblablement que le foie a moins besoin de synthétiser du gras pour la production du jaune.
- ❹ Ajouter du bicarbonate de sodium dans l'aliment.

#### Traitements:

- ❶ Des régimes à plus faible teneur en énergie et/ou un changement dans la gestion de la distribution de l'aliment.
- ❷ Utilisation d'agents lipotropiques comme la vitamine E, la vitamine B12 et les donneurs de méthyles (chlorure de choline, bêtaïne et méthionine).
- ❸ Utilisation de sulfate de potassium ou de carnitine dans l'eau.

## ❖ Quels sont les facteurs nutritionnels ayant un impact sur la qualité des coquilles?

Il y a plusieurs facteurs nutritionnels ayant un impact sur la qualité des coquilles. Bien que le calcium et le phosphore représentent les principaux facteurs nutritionnels, plusieurs autres facteurs tels que la teneur en vitamine D3 de l'aliment, l'absorption de vitamine D3, le chlorure, l'équilibre électrolytique ont également un impact sur la qualité des coquilles.

Les larges particules de calcium sont retenues dans l'appareil digestif supérieur et sont alors dissoutes plus lentement, apportant ainsi une libération du calcium plus importante et plus uniforme (Leeson and Summers). Le fait d'avoir de larges particules de calcium augmente également la rétention de calcium dans l'os médullaire (Rao and Roland, 1990).

Le métabolisme du calcium peut-être affecté par la disponibilité d'autres nutriments tels que la vitamine D3 et le phosphore dans le régime.

Le phosphore n'est pas directement utilisé dans la formation de la coquille mais il est essentiel pour le réapprovisionnement en calcium de l'os médullaire. Le niveau en phytate de phosphore dans le régime, une déficience de la fonction rénale causée par des complications virales font également baisser la rétention du phosphore et peuvent alors avoir un impact sur la qualité des os et de la coquille de l'œuf.

## NOTES



**AMERIQUES**

**HUBBARD LLC**

**195 Main Street - B.P. 415 - Walpole NH 03608 - ETATS-UNIS**

**TEL. +1-603.756.3311 - FAX +1-603.756.9034**

**[contact.americas@hubbardbreeders.com](mailto:contact.americas@hubbardbreeders.com)**

**E.M.O.A./Brésil**

**HUBBARD S.A.S.**

**Le Fœil - B.P. 169 - 22800 Quintin - FRANCE**

**TEL. +33-(0)2.96.79.63.70 - FAX +33-(0)2.96.74.04.71**

**[contact.emea@hubbardbreeders.com](mailto:contact.emea@hubbardbreeders.com)**

**ASIE**

**HUBBARD S.A.S.**

**Le Fœil - B.P. 169 - 22800 Quintin - FRANCE**

**TEL. +33-(0)2.96.79.63.70 - FAX +33-(0)2.96.74.04.71**

**[contact.asia@hubbardbreeders.com](mailto:contact.asia@hubbardbreeders.com)**

**[www.hubbardbreeders.com](http://www.hubbardbreeders.com)**