

DK 530345

BA_TH1315

Université Montpellier II
Sciences et Techniques du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34095 MONTPELLIER Cedex 5

CIRAD-EMVT
Campus International de Baillarguet
TA 30 / B
34398 MONTPELLIER Cedex 5

**DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

Année 2004-2005

RAPPORT DE STAGE

**UTILISATION DU MAÏS GRAIN HUMIDE
DANS L'ALIMENTAION DES
VOLAILLES (France)**

Par

Moussa KOMARA

Le 14 octobre 2005

**CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet**

**BA
TH1315**

Laboratoire d'accueil : ARVALIS – Institut du végétal

Responsable de stage: Madame VILARIÑO Maria



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

RESUME ET MOTS CLES

ABREVIATIONS

INTRODUCTION	1
I. PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL	2
I.1- ARVALIS -Institut du végétal	2
I.2- Service évaluation, amélioration et gestion de la qualité des produits	3
I.3- Station expérimentale d'ARVALIS Pouline (Villérable 41)	4
II. UTILISATION DU MAÏS GRAIN DANS LE MONDE ET EN FRANCE	7
II.1- Synthèse bibliographique	7
II.2- Compte rendu de la rencontre avec des professionnels	24
II.3- Témoignages d'agriculteurs-éleveurs pratiquant la technique du maïs grain humide	25
III. ESSAI DE DIGESTIBILITE CHEZ LE COQ ADULTE	30
III.1- Matériel et méthodes	30
III.2- Résultats	34
IV. DISCUSSION	37
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE	40

ANNEXES

Annexe1 : Plan de la station expérimentale d'ARVALIS à pouline (Villérable 41)

Annexe2 : Organigramme de la station expérimentale d'ARVALIS à Pouline (Villérable 41)

Annexe3 : Superficie, production et rendement du maïs en 2004 par région en France

Annexe4 : Descriptif de l'essai de digestibilité chez le coq adulte (COQ 61)

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement Monsieur F. GATEL, responsable du Service évaluation, amélioration et gestion de la qualité des produits d'ARVALIS - Institut du végétal pour m'avoir accueillie dans son service.

J'adresse mes remerciements sincères à Madame M. VILARIÑO, responsable de la station ARVALIS de Pouline (Villérable 41) pour m'avoir suivie et encadrée tout au long de ce stage.

Je renouvelle ces sincères remerciements à Monsieur F. SKIBA, responsable du pôle « Valeur Nutritionnelle » et, P. BRINET, J.M. BERTIN, P. CALLU, F. FOURNIE, D. BARRAULT et B. MAUDUIT, personnel de la station pour leur accueil chaleureux et leur aide si précieuse.

Je tiens à remercier également Madame N. ROBIN et, Messieurs J.G. CAZAUX et P. LARROUDE pour leur contribution.

Que soient remercié également Messieurs J.P. METAYER et B. BARRIER-GUILLOT pour leur disponibilité, ainsi que Mesdames D. ORLANDO et M.J. METAYER, puis Monsieur C. TAUPIN pour leur aide précieuse lors des analyses de laboratoire.

J'adresse, par ailleurs, mes sincères remerciements aux deux agriculteurs-éleveurs dont C. MARTIN qui ont bien voulu nous accordé leur témoignage.

Ensuite, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance, outre les responsables du service Enseignements et Formation du CIRAD, au Professeur F. BOCQUIER qui a été à l'origine de ce stage.

Enfin, j'associe dans mes remerciements non seulement toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail ; mais celles dont le soutien moral et / ou financier, de près ou de loin, m'a permis d'atteindre ce niveau d'études. Je leur dédie ce rapport !

ABREVIATIONS

ADAESO : Association pour le Développement Agro-Environnemental du Sud Ouest

AFZ : Association Française de Zootechnie

AGPB : Association Générale des Producteurs de Blé

AGPM : Association Générale des Producteurs de Maïs

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CMV : Complément Minéral Vitaminé

COFRAC : Comité Française d'Accréditation

FAO : Food and Agriculture Organization

FDSEA : Fédération Départementale des Syndicats d'Exploitants Agricoles

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

ITAVI : Institut Technique d'Aviculture

ITCF : Institut Technique des Céréales et des Fourrages

ITP : Institut Technique des Porcs

ITPT : Institut Technique des Pommes de Terre

MS : Matière Sèche

SEAP : Société d'Etudes pour l'Alimentation des Porcs

RESUME

L'utilisation du maïs grain humide dans l'alimentation des volailles est peu développée. Toutefois, le maïs grain humide inerté (conservé sans séchage en milieu anaérobie, où la respiration des grains et de la microflore présente consomme l'O₂ et rejette du Co₂) entier ou broyé convient bien pour le gavage des canards respectivement au grain entier et à la pâtée. Son utilisation est envisageable pour les canards et poulets de chair. Dans la pratique il faut le broyer grossièrement et le mélanger avec des granulés d'aliment complémentaire.

Un essai de digestibilité réalisé chez le coq adulte avec ces différentes formes (entier et broyé) de présentation du maïs inerté montre qu'il n'y a pas de différence significative entre l'énergie métabolisable (EMAn) du maïs inerté entier (3 660 kcal/kg MS) et celle du maïs inerté broyé (3 638 kcal/kg MS). En outre, l'énergie du maïs inerté est aussi digestible chez le coq quelle que soit sa présentation, entier (79,6 %) ou broyé (79,1 %). Cependant, la matière sèche est plus retenue par le coq lorsque le maïs inerté est consommé en entier. Car, son coefficient de rétention (79,7 %) est supérieur à celui du maïs inerté broyé (78,6 %). Néanmoins, la valeur alimentaire du maïs inerté (entier ou broyé) est inférieure à celle du maïs sec broyé.

MOTS CLES

Maïs grain humide- inertage- inerté- énergie métabolisable -valeur alimentaire.

INTRODUCTION

Le maïs grain, du fait de sa teneur élevée en eau (30 à 40 %), est pour la plupart séché artificiellement pour s'assurer de sa bonne conservation (INRA, 1971). Cependant, sa conservation (CASTAING *et al.*, 1988) sous forme humide présente un intérêt économique de par son utilisation directe sur l'exploitation. Ce système d'utilisation du maïs grain humide pratiqué depuis de nombreuses années dans les élevages porcins (ROBIN *et al.*, 2003) est peu développé dans les élevages de volailles. Pourtant des essais menés sur la faisabilité technique (ROBIN *et al.*, 1994 citée par ROBIN *et al.*, 2003) du maïs humide pour le gavage des palmipèdes, ont conduit à des résultats encourageants.

A présent, l'inertage, l'un des modes de conservation du maïs grain humide, suscite un intérêt pour les élevages avicoles, en particulier de canards. Outre, le mode de conservation du maïs grain humide se pose le problème de la forme de présentation de cet aliment humide.

Deux possibilités s'offrent à l'éleveur : utiliser le maïs grain inerté soit entier, soit broyé.

Les résultats expérimentaux concernant la comparaison de ces deux différentes présentations du maïs inerté sont peu nombreux chez les volailles. Pourtant, les agriculteurs-éleveurs s'interrogent de plus en plus sur la faisabilité de cette technique humide chez les volailles.

Le présent rapport de stage présente une synthèse bibliographique des connaissances existantes, les témoignages de professionnels et éleveurs puis les résultats d'un essai de digestibilité que nous avons réalisé chez le coq adulte. Cette étude comparative recherche l'effet de la forme de présentation du maïs grain inerté (entier vs broyé) sur sa valeur alimentaire chez le coq.

I- PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

I.1- ARVALIS - Institut du végétal

I.1.1-Historique

ARVALIS - Institut du végétal a été créé par CEREALIERES DE FRANCE et Maiz'EUROP'. D'abord, à sa création en 1959, l'ITCF avait en charge les aspects techniques concernant la production, l'utilisation et la valorisation des céréales à paille, du maïs (en relation à l'époque avec l'AGPM) et des fourrages. Ensuite, en 1984 l'UNIP a confié à l'ITCF les secteurs des protéagineux. Aussi, en 1995, l'ITPT en a fait de même avec les activités techniques concernant la pomme de terre. Enfin, l'AGPM Technique, créé en 2001, a fusionné le 18 décembre 2002 avec l'ITCF pour créer ARVALIS - Institut du végétal.

I.1.2- Sa mission

ARVALIS - Institut du végétal est un Institut de recherche appliquée dans le domaine agricole. Il constitue avec l'AGPB, UNIGRAINS, France EXPORT CEREALES et UNIVERS CEREALES le groupe CEREALIERES DE FRANCE.

La mission d'ARVALIS - Institut du végétal est de mettre au point et de diffuser des techniques et des informations permettant aux agriculteurs et à leurs organismes :

- de s'adapter à l'évolution des marchés,
- de contribuer à les rendre compétitifs au plan international tout en respectant l'environnement.

I.1.3- Son organisation

L'organisation d'ARVALIS - Institut du végétal est en phase d'évolution, c'est pourquoi l'organigramme ne sera pas présenté.

Néanmoins, d'une façon générale son activité technique sera organisée comme suit :

- ❑ **Quatre activités « filières » :**
 - Evaluation des innovations génétiques et de protection des cultures
 - Techniques de production et pilotage des cultures
 - Evaluation, amélioration et gestion de la qualité des produits
 - Economie des filières, nouveaux débouchés...
- ❑ **Quatre activités « systèmes de production » :**
 - Agronomie et agro-équipements
 - Rotations et systèmes de culture (fertilisation, désherbage...)
 - Veille réglementaire, prospective et impacts économiques
 - Etudes technico-économiques des exploitations

I.2- Service évaluation, amélioration et gestion de la qualité des produits

I.2.1- Présentation

Ce service, (avant appelé Service Qualités et Valorisations) dont le responsable est Monsieur François GATEL emploie environ 55 personnes sur 5 stations expérimentales (Paris, Boigneville, Pouline (Villérable), La Jaillière et Montardon) et dans deux laboratoires (Paris et Boigneville).

Ces deux laboratoires sont accrédités par le COFRAC. Les deux sites (Pouline et La Jaillière) sont agréés pour l'expérimentation animale. En effet, le laboratoire de Paris est celui de la qualité des céréales (analyses technologiques, activité infrarouge). Celui de Boigneville est le laboratoire d'analyses biochimiques d'ARVALIS. Aussi, la qualité des pommes de terre est analysée à Boigneville. Le site de Boigneville dispose également d'un Halle Technologique des Céréales (HTC).

I.2.2- Les activités du service

Les activités du Service, sont organisées depuis peu par pôles :



Chaque pôle travaille sur plusieurs thèmes, avec des équipes pluridisciplinaires.

Le pôle « Valeur Nutritionnelle » dont le responsable est Fabien SKIBA a comme objectif : « connaître la valeur nutritionnelle des matières premières pour l'homme et les animaux ». Le pôle se décline sur 4 thèmes, centrés sur :

- Les variétés
- Les ruminants
- Les monogastriques
- La qualité sanitaire

Le thème 22 : Valeur nutritionnelle pour les monogastriques a comme objectif principal d'identifier et promouvoir les atouts nutritionnels des grains et co-produits pour les monogastriques.

C'est dans ce thème que s'inscrit mon sujet de stage, qui s'est déroulé à la Station Expérimentale de Pouline.

I.3- Station expérimentale d'ARVALIS - Institut du végétal de Pouline (Villérable)

I.3.1- Historique

L'idée de la création d'une station expérimentale à Vendôme 41 (France) dans la région centre a germé en 1970. Et ce, afin de développer les connaissances techniques sur l'alimentation des porcs et de promouvoir la production porcine dans cette région, forte productrice de céréales. Pour impliquer le département dans cette structure, la Société d'Etude pour l'Alimentation des Porcs (SEAP) a été créée le 17 juillet 1970.

Son président était René LOYAU et, le conseil d'administration était constitué de membres de l'ancien Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF) ainsi que de la Chambre d'Agriculture, de la FDSEA du Loir et Cher, et du Crédit Agricole. Toutefois, la SEAP deviendra opérationnelle suite à l'implantation, entre 1970 et 1971, de deux bâtiments sur le site mis à sa disposition par le Lycée Agricole d'Areines sur son terrain, à 3 km de Vendôme. L'un des bâtiments était destiné à l'engraissement et l'autre à la finition des porcs charcutiers. C'est en novembre 1974, avec l'accord de la Chambre d'Agriculture du Loir et cher, que l'activité de la SEAP va s'étendre à l'alimentation des truies et des porcelets. Ce qui a favorisé l'installation de la SEAP en 1975, sur un second site à Pouline (Villérable) dans les bâtiments de Gérard JURRIUS, à 10 km de Vendôme. Cette extension permettra d'accueillir 100 truies et d'assurer l'approvisionnement en porcelet de la station.

Cependant, un virage important s'est opéré dans les activités de la SEAP et son personnel. Les industriels de l'alimentation animale devenaient, en effet, de plus en plus demandeurs d'informations concernant la valeur nutritionnelle des céréales pour l'alimentation des porcs. Pourtant l'outil d'alors ne permettait plus de répondre à ces questions. De même, très peu de gens, malgré les nombreuses stations expérimentales du type de la SEAP, disposent de moyens d'étude de la digestibilité des aliments et des matières premières. Pour faire face à ces insuffisances du moment, le bâtiment maternité sur le site de Pouline a été transformé en salle de digestibilité avec des cages à bilan. D'autres aménagements, durant 6 ans, ont permis de réaliser ces expériences sur les porcs charcutiers et les porcelets. Ce qui a fait évoluer les techniciens de la station d'un métier proche de l'élevage, assez physique, à un métier d'animalier plus minutieux.

En 1997, le site de Pouline a connu une nouvelle évolution. Il s'agit de la création d'un atelier de volailles pour la réalisation des études de digestibilité et de croissance sur des animaux en cages à bilan. Ce dispositif expérimental complète alors, les activités de Pouline.

Enfin le 1^{er} janvier 1999, la SEAP est rachetée par l'ex ITCF ; car l'existence de la SEAP et son implication régionale ne se justifiaient plus du fait des thématiques traitées depuis 1991. Plus tard la fusion de l'ITCF avec l'AGPM Technique a abouti à la création d'ARVALIS - Institut du végétal, le 18 décembre 2002.

De plus, avec la fermeture du site d'Areines, en février 2003, la station expérimentale de Pouline (41100 Villérable) rassemble désormais toutes les activités d'expérimentation animale sur les monogastriques d'ARVALIS - Institut du végétal (porcs et volailles).

I.3.2- Présentation de la station expérimentale d'ARVALIS - Institut du végétal Pouline

La station est située à 10 km de Vendôme (sous-préfecture du Loir-et-Cher) sur la commune de Villérable. Elle est à proximité de la Route Nationale 10, direction Tours.

Le site comprend deux parties : L'administration où se trouve l'entrée principale, et la partie expérimentation animale.

- L'administration est constituée de cinq bureaux et d'une salle de réunion et d'une salle de bureautique. Elle est séparée du point de stockage des cadavres par une porte secondaire.
- La partie expérimentation animale est constituée d'un hangar, d'une unité Porcs, d'une unité Volailles. En outre, on y trouve une salle d'opération chirurgicale et une salle d'autopsie.

Le hangar séparé de l'administration par les vestiaires, comprend 1 salle de préparation des aliments, deux chambres froides, et une salle de traitement des céréales. Il sert également au stockage des aliments.

L'unité des porcs comprend deux porcheries en loges collectives, trois salles équipées de cages à bilan, une porcherie en loges individuelles, une réserve et un laboratoire.

L'unité volailles comprend 2 poussinières, 1 laboratoire, 1 salle de digestibilité, 1 salle de stockage des matériels volailles, 1 salle coqs et 1 laboratoire d'échantillonnage. En outre, elle est équipée d'un lyophilisateur et dispose d'1 groupe électrogène (Annexe1 : plan station d'ARVALIS à Pouline).

Récemment un nouveau bâtiment a été construit et équipé pour accueillir une nouvelle activité : la gestion des échantillons de blé et maïs servant à mesurer les qualités de la récolte. Cette nouvelle activité prend une place importante dans les actions menées par le personnel de Pouline.

Par ailleurs, le site de Pouline est depuis mai 1998 certifié ISO 9001, au même titre que toute l'activité valorisation Animale d'ARVALIS - Institut du végétal, pour ces activités de « conception, réalisation et communication de recherches sur la valorisation des céréales et protéagineux pour les animaux ».

I.3.3-Moyens expérimentaux

Unité porcs

Les deux porcheries en loges collectives sont équipées chacune de 12 loges pouvant accueillir chacune 7 porcelets en post-sevrage soit 168 places.

Pour la digestibilité, 60 places en cages à bilan permettent d'accueillir, dans les trois salles à bilan, simultanément environ 20 porcs charcutiers et 20 porcelets.

Pour les essais zootechniques, la porcherie en loges individuelles est équipée de 48 loges individuelles pour les porcelets en post-sevrage.

Unité Volailles

Les deux poussinières peuvent accueillir chacune environ 300 poussins de 1 jour.

La salle de digestibilité est équipée de 72 cages à bilan permettant de recevoir des poulets, dindons ou canards jeunes (2 animaux par cage) ou plus âgés. Pour des essais de croissance le nombre de poulets dans la salle de digestibilité peut-être porté à 144 grâce à la pose de cloisons amovibles séparant les cages en deux parties.

La salle coqs contient une batterie type coq de 34 cages individuelles.

Par ailleurs, les deux chambres froides permettent de conserver les échantillons d'aliments, de fèces, de jus iléaux et des fientes lyophilisées. La salle d'autopsie permet de réaliser un diagnostic sur les animaux morts. La salle d'intervention chirurgicale est équipée de dispositif d'anesthésie.

I.3.4- Les hommes, acteurs des projets

Les essais menés sur la station de Pouline sont l'œuvre commune d'une équipe de deux ingénieurs, un assistant ingénieur, quatre techniciens, et une secrétaire (Annexe2 : Organigramme de la station expérimentale d'ARVALIS à Pouline), qui travaillent en étroite collaboration avec d'autres ingénieurs du Service, basés dans d'autres sites.

II-UTILISATION DU MAÏS GRAIN DANS LE MONDE ET EN FRANCE

II.1-Synthèse bibliographique

II.1.1-Découverte du maïs

Le maïs était cultivé sur le continent américain avant la découverte de celui-ci par Christophe Colomb en 1492. Le premier écrit faisant référence au maïs date de novembre 1492...Il se trouve dans le journal de bord de Christophe Colomb (1). Aussi, (2) les marins de Christophe Colomb firent la connaissance du « mahiz » dès la traversée historique de 1492, et le navigateur le décrit dans ses carnets comme un blé gigantesque à la tige élégante et aux graines dorées. Ce « blé » merveilleux, c'est le maïs que Linné, au 18^{ème} siècle, baptisera « *Zea mays* ». Toutefois, les premières semences ont vraisemblablement été introduites en Espagne en 1494 dans la province de Séville (1), suite à l'envoi de quelques graines dans la caravelle (2). Puis au début du 16^{ème} siècle, il va être introduit en France (il est mentionné en 1523 dans la région de Bayonne), au Portugal, en Italie et probablement dans tout le bassin méditerranéen, jusqu'en Turquie et en Egypte (1). Le maïs (2) s'acclimatant si bien en certains lieux qu'il y devenait un « enfant du pays ».

II.1.2-Production agricole et consommation du maïs dans l'alimentation animale

II.1.2.1-Production agricole du maïs

Les Etats-Unis d'Amérique (données FAO, 2004) sont les 1^{er} producteurs de maïs dans le monde. Ils possèdent également le plus grand rendement mondial (100,650 hg/ha) à l'hectare. La Chine est le 2^{ème} producteur mondial puis l'Europe, le 3^{ème}. Le Brésil et la France occupent respectivement, la 4^{ème} et la 5^{ème} place mondiale. Cependant, la France est non seulement le 1^{er} producteur de maïs en Europe, mais elle occupe la 2^{ème} place mondiale au niveau du rendement (89,832 hg/ha) à l'hectare (Tableau 1). Néanmoins, le maïs grain (2) est la seconde céréale en France derrière le blé (4.600.000 ha). Toutefois, la 1^{ère} région productrice (données Agreste, 2004) de maïs en France est l'Aquitaine 72, avec 3.257.450 t (soit 19,87 % de la production totale). Elle possède, aussi, la plus grande superficie (367.500 ha, soit 20,14 % de la surface totale) de maïs cultivée. Soit un rendement de 88,63 q/ha. Suit, la région de Poitou-Charentes 54, en production de maïs (1.814.426 t) puis celle du Midi-Pyrénées 73, en surface de maïs cultivé (215.082 ha). Ainsi, la surface de maïs (2) est principalement concentrée dans le sud-ouest de la France et notamment en Aquitaine. Cette région se positionne d'ailleurs comme la 1^{ère} région française de maïs grain, mais également la 1^{ère} au niveau européen avec environ 21 % de la surface totale française.

Cependant la région d'Alsace, possède le plus grand rendement (103,05 q/ha) à l'hectare en France, Annexe3 : tableau superficie, production et rendement du maïs par région en France.

Tableau 1 : Production agricole du maïs en 2004

Zones	Maïs Superficie cultivée (ha)	Maïs Production (t)	Maïs Rendement (hg/ha)
Monde	147	721	49,1
Etats-Unis d'Amérique	30	300	100,6
Chine	26	132	51,5
Europe	16	95	59,8
Brésil	12	42	33,7
France	2	16	89,8

Source : <http://faostat.fao.org/faostat/>

II.1.2.2-Consommation du maïs dans l'alimentation animale

Les chiffres indiqués ici, ont été calculés à partir des données (2002) de la FAO. Ainsi, la part du maïs consommée en alimentation animale est de 66,2 % de la production agricole mondiale. En Europe, elle représente 78,7 % de la production totale de maïs. Cependant en France, la proportion de maïs consommée en alimentation animale est de 35,3 % de la production totale. Ceci s'explique en partie par une quantité importante de maïs qui part à l'export, essentiellement vers l'Espagne et pour l'alimentation animale. Par ailleurs, aux Etats-Unis d'Amérique, en Chine et au Brésil, ce sont respectivement 62,1 %, 63,6 % et 78,6 % de la production totale qui sont utilisés en alimentation animale.

Au total, la proportion de maïs utilisée en alimentation animale est élevée en 2002 pour l'Europe (78,7 %), tableau 2.

Tableau 2 : Production et consommation animale du maïs en 2002

Zones	Production du maïs (tonnes)	Consommation animale (tonnes)	Maïs consommé en alimentation animale (%)
Monde	604	400	66,2
Etats-Unis d'Amérique	230	142	62,1
Chine	121	77	63,6
Europe	77	61	78,7
Brésil	36	28	78,6
France	16	6	35,3

Source : <http://faostat.fao.org/faostat/>

Par ailleurs, le secteur de l'alimentation animale, en France, (2) transforme entre 3 et 3,5 millions de tonnes de maïs selon les campagnes.

Ce principal client du maïs français représente, 51 % des utilisations intérieures. Considérant la consommation directe ou autoconsommation de 2 millions de tonnes de maïs par les animaux (principalement volailles et porcs) à la ferme. Ainsi, les animaux nécessitent sur le territoire français la mise en œuvre de 5 à 5,5 millions de tonnes de maïs au total.

II.1.3-Introduction et utilisation de la technique du maïs grain humide en France

La conservation (AGPM, 2000 a) du maïs grain sous forme humide, très développée en Allemagne et en Italie, a été introduite en France à la fin des années 1950. L'ensilage du maïs grain broyé (BARLOY *et al.*, sd) est une technique employée depuis 1966 dans l'ouest de la France.

En France, on estime que 400.000 t environ de maïs sont distribuées sous forme humide, en particulier dans les élevages porcins. Il est présent partout, mais pour plus de 50 %, le maïs humide est utilisé dans les élevages de l'Ouest et le grand Sud-Ouest où il est destiné aussi à l'alimentation des bovins « Blonde d'Aquitaine » et à la complémentation du maïs fourrage chez la vache laitière (AGPM, 2000 b).

II.1.4-Intérêts économiques de l'utilisation du maïs grain humide

L'utilisation du maïs sous forme humide permet une valorisation directe du maïs produit sur l'exploitation, sans séchage. Cette méthode d'alimentation, pratiquée depuis de nombreuses années en élevage porcin, présente un intérêt économique (abaissement de 10 € / tonne d'aliment) sans pénalisation zootechnique dans le cadre d'une alimentation raisonnée (ROBIN *et al.*, 2003).

Cette technique du maïs grain humide entier inerté (AGPM-GIE, 2002) évite les frais de séchage et réduit les frais de transport. Son coût varie, pour un troupeau allaitant de 35 mères par exemple, de 16,8 à 21,3 €/t (110 à 140 F/t) selon le type de stockage. L'économie réalisée comparativement à une filière sèche peut varier selon les situations de 12,2 à 21,3 €/t.

Yves MIOT, éleveur allaitant à Montboyer-16 en France, témoigne : « stocker le maïs à 30-35 % d'humidité permet de faire l'économie du séchage. J'évite les frais de transports aller-retour des céréales entre la ferme et l'organisme de collecte. J'économise les frais de broyage, de stockage et je récupère en intégralité les grains cassés ». «Finalement, je suis passé d'un coût de production de mes céréales de 2,9 centimes d'euro le kilogramme à un coût de 1,4 centimes d'euro (chiffres 2002). Dans ce calcul, j'intègre les frais de récolte du maïs humide englobant la prestation de la machine, l'utilisation des tracteurs, le plastic, la main-d'œuvre » (3).

Par ailleurs, Martijn et son père Joop SALOMONS, deux aviculteurs Néerlandais pionniers de cette technique, pensent que nourrir les poulets de chair avec du maïs humide peut réduire le coût alimentaire (Réussir Aviculture, 2005).

II.1.5-Principe et techniques de conservation du maïs humide

II.1.5.1-Principe de conservation du maïs humide

Le maïs grain fraîchement récolté est un « produit vivant » soumis à des réactions biochimiques. Sa conservation est possible en l'absence d'oxygène (anaérobiose) qui stabilise toutes ces réactions. La réussite de l'opération est assurée par la mise en route de processus fermentaires en milieu confiné qui conduisent à la production d'acide lactique et à une diminution du pH.

Le stockage peut alors durer plusieurs mois, voire plusieurs années. Néanmoins, dans le cas d'une présence accidentelle d'oxygène, les réserves du grain (l'amidon) se dégradent.

La microflore qui fait partie de l'environnement naturel du grain au champ risque alors de se développer au détriment des réserves des grains.

En trop grande quantité, elle peut altérer la qualité sanitaire du stock (AGPM, 2000 a). C'est pourquoi, il faut être attentif à toute source de pollution, comme avoir des bâches en très bon état, Martijn S. (2005). Yves MIOT confirme également dans son témoignage (2): « ...Enfin, lors de la confection du silo, il faut être vigilant à le compresser régulièrement, de façon à éviter toutes poches d'air... ».

Ainsi, la mise en silo doit suivre le rythme de récolte de façon à limiter les contacts entre l'air et le maïs (AGPM, 2000 a). Toutefois, le maïs humide est conservé soit entier (inertage), soit broyé (ensilage) à la récolte.

II.1.5.2-Techniques de conservation du maïs grain humide

II.1.5.2.1- L'ensilage

Le maïs grain destiné à être conservé par ensilage est broyé avant la mise en silo (AGPM, 2000 a). L'ensilage (AGPM, 2000 a) est un mode de conservation en anaérobiose (absence d'oxygène) au cours duquel des bactéries lactiques se multiplient.

Elles transforment les sucres en acide lactique conduisant à un abaissement du pH (4,0 à 4,5), CAZAUX (2005 a) et interrompant toute activité enzymatique et fermentaire.

L'anaérobiose est d'autant plus efficace que

la farine est bien tassée et que la fermeture du silo est assurée.

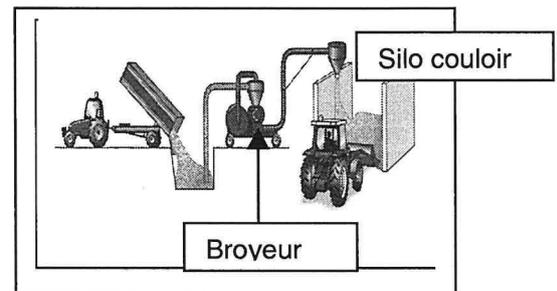


Photo d'un chantier d'ensilage, CAZAUX (2005 a)

II.1.5.2.2- l'inertage

Le maïs grain destiné à être conservé par inertage n'est pas broyé, il est mis en silo tel quel (AGPM, 2000 a).

L'inertage (AGPM, 2000 a) est également un mode de conservation en anaérobiose au cours duquel l'activité respiratoire des grains et de la microflore présente consomme la totalité de l'oxygène interstitiel en quelques heures (10 à 14 h). Il en découle une production de gaz carbonique, qui s'installe à la place de l'oxygène.

Ce gaz carbonique occupe alors toute

l'atmosphère, limitant ainsi l'activité enzymatique et fermentaire. Seules les bactéries lactiques et les levures colonisent le silo. Ici, l'abaissement du pH (CAZAUX, 2005 a) est moins important (4,5 à 5,5).

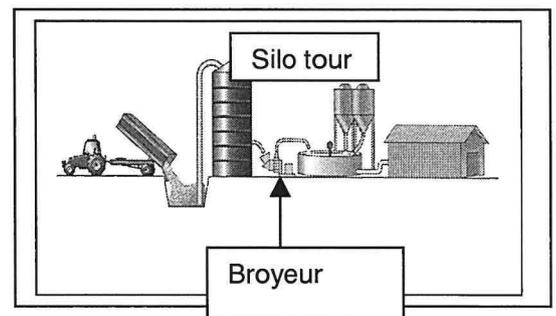


Photo d'un chantier d'inertage, CAZAUX (2005 a)

II.1.6-Durée de conservation et efficacité alimentaire du maïs grain humide

En l'absence d'oxygène, le maïs grain humide inerté se conserve durablement (CASTAING et COUDURE, 1991).

De plus, AGPM (2000 a), si les conditions de conservation sont bien maîtrisées, la durée du stockage n'altère pas la valeur d'utilisation pour les porcelets et porcs charcutiers. Même après deux années de stockage, l'inertage préserve la qualité nutritionnelle du maïs.

L'AGPM a, en effet, réalisée une étude sur l'efficacité du maïs inerté stocké pendant 1 mois ou 1 an (37 % d'humidité) et en 2 ans (33 % d'humidité) chez les porcelets. Les résultats de cette étude gain moyen quotidien et indice de consommation sont : pour une durée d'1 mois (571 g/j et 1,86), d'1 an (583 g/j et 1,84) et de 2 ans (562 g/j et 1,89), (Tableau 6).

Le gain moyen quotidien et l'indice de consommation sont meilleurs pour une durée de stockage d'un an. Le gain de poids est de +12 g/j et de +21 g/j par rapport à ceux d'1 mois et de 2 ans. L'indice de consommation est dégradé seulement de 0,02 et 0,05 respectivement pour 1 mois et 2 ans de stockage.

Enfin en silos parfaitement étanches, le maïs grain (Porc Magazine, 1999) peut, après l'arrêt de la fermentation, se conserver aussi longtemps que l'on veut, sous réserve de ne pas réintroduire d'air. C'est pour cela que le silo doit être parfaitement étanche et que l'on équipe la vis de reprise d'une vanne étanche. Quand le silo se vide, l'air qui entre dans le silo reste au-dessus de la couche de gaz carbonique plus lourd. La conservation reste stable.

Par ailleurs, la conservation par inertage (AGPM, 2000 a) permet, dans certains cas, une reprise pour un séchage différé. Il joue alors le rôle de « pré-stockage ». Le pré-stockage (CASTAING et COUDURE, 1991) du maïs grain humide par inertage en silo tour étanche à l'air pendant une période de 1 mois avant d'être séché préserve au maïs grain toutes ses qualités. De même, un stockage par inertage pendant une période de 1 an est possible, mais la couleur des grains plus brunâtre et leur odeur acide, pénalisent la valeur marchande du maïs. Aussi le pré-stockage (BENETRIX et CASTAING, 1998), peut avoir une incidence sur la qualité sanitaire des grains. En effet, une étude menée sur les facteurs de modification de la qualité technologique d'une pâtée pour le gavage, révèle que le préstockage a un effet sur la sensibilité des grains à la mouture. Ainsi le préstockage des grains avant séchage ne peut être recommandé pour le gavage.

Tableau 6: Efficacité alimentaire selon les durées de stockage du maïs inerté

Durée de conservation du maïs inerté	1 mois	1 an	2 ans
Humidité (%)	37 %	37 %	33 %
Croissance porcelet (g/j)	571	583	562
Indice de consommation	1,86	1,84	1,89

Source : AGPM (2000 a)

II.1.7-Le choix de l'équipement de stockage du maïs grain humide

Les informations rapportées ici proviennent des guides AGPM (2000 a), sur la production et l'utilisation du maïs grain humide à la ferme.

II.1.7.1-Mise en silo

Le choix de l'équipement de stockage est raisonné en fonction du système d'élevage, de sa taille et de l'humidité habituelle de récolte.

Le maïs grain humide est, en effet, broyé puis ensilé dans les silos taupinières, couloir ou tour quand le taux d'humidité de récolte du grain varie de 38 à 30 %. Néanmoins, si le maïs grain a un taux d'humidité de récolte de 28 %, il peut être soit réhumidifié avant d'être broyé puis ensilé dans un silo couloir, soit broyé puis ensilé dans un silo tour. De même, le maïs grain (26 % d'humidité) à la récolte peut être réhumidifié avant d'être broyé puis ensilé en silo tour (Tableau 7).

Toutefois, le taux d'humidité à la récolte du grain destiné à être ensilé dans les silos taupinières, couloir ou souple doit être strictement supérieur à 32 % (LG Nutrition Animale, sd). Par contre, le maïs grain peut être inerté lorsque le taux d'humidité du grain à la récolte varie de 38 à 32 %.

Néanmoins, il faudra faire attention à la reprise du maïs inerté dans les silos souple et tour. Il faut, aussi, utiliser des silos (souple et tour) à fond conique avec vis de reprise quand le taux d'humidité du grain à la récolte varie de 30 à 26 %. Les big-bags sont utilisés pour l'inertage quel que soit le taux d'humidité à la récolte du grain (Tableau 7). Cependant, le taux d'humidité du maïs grain destiné à l'inertage (LG Nutrition Animale, sd) doit être strictement inférieur à 32 %. Certes, la conservation par inertage est réalisable dès 38 % d'humidité, mais sa mise en œuvre pratique est d'autant plus aisée que le grain sera moins humide. En outre, si l'humidité est supérieure à 30 %, le pourcentage de grains cassés risquant de se prendre en masse rend le désilage plus difficile. Dans les régions où cet objectif ne peut pas être atteint régulièrement, des équipements spécifiques doivent être mis en place (équipement de désilage permettant de racler le fond plat du silo tour, vis de diamètre supérieur pour les silos à fond conique, dispositif de nettoyage du grain). L'investissement est alors plus important, mais il permet de garantir le désilage quotidien du silo.

La reprise du maïs grain ensilé (désilage) se fait en front d'attaque pour les silos taupinière et couloir, et par le haut ou le bas pour le silo tour. Celle du maïs grain inerté se fait en générale par le bas sur fond conique (Tableau 7).

Selon LG Nutrition Animale (sd), le niveau d'investissement est bas pour les silos taupinière, couloir et « souple inerté ». Il est par contre élevé pour le silo souple destiné à l'ensilage et le silo « tour inerté ». Aussi, l'automatisation de ces deux derniers silos est possible tandis qu'elle n'est pas possible avec les silos couloir, taupinière et « souple inerté ».

Le silo taupinière (CAZAUX, 2005 b) est simple a réalisé avec la bâche plastique sur le sol. Auparavant beaucoup utilisé à cause de son moindre coût, il est devenu plutôt anecdotique. Il préserve moins le maïs stocké des rongeurs et autres oiseaux puis favorise une dégradation de la qualité du maïs stocké. Entraînant, ainsi, de pertes économiques importantes.

Toutefois, un nouvel type de silo, silo boudin est de plus en plus utilisé sur les exploitations. Le maïs grain humide est, en effet, aplati avant d'être pressé et conservé en boudin plastique. C'est un mode de conservation pratique et le chantier est relativement rapide et souple.

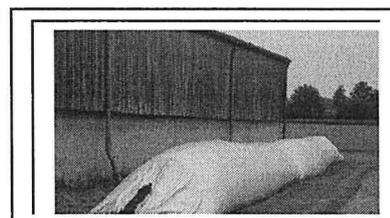


Photo d'un silo boudin, CAZAUX (2005 a)

Tableau 7 : Tableau de bord selon le type de silo et l'humidité

Humidité de récolte (%)	38 à 32	30	28	26	Reprise
Silo taupinière	Broyé ensilé		Non recommandé		En front d'attaque
Silo couloir	Broyé ensilé		Réhumidifié Broyé ensilé	Non recommandé	
Silo tour	Broyé ensilé			Réhumidifié	Par haut ou bas
Big-bags	Inerté				Par le bas sur fond conique
Silo souple	Inerté (attention reprise)	Inerté : silo fond conique avec vis de reprise			
Silo tour	Inerté (attention reprise)	Inerté : silo fond conique avec vis de reprise			

Source : AGPM (2000 a)

II.1.7.2-L'exemple du maïs grain humide entier inerté

II.1.7.2.1-L'aire de réception

L'aire de réception doit être facile d'accès et dégagée, si possible bétonnée, de préférence équipée d'une fosse de réception, équipée d'une vis de gros diamètre (160 MM). Elle doit être implantée sous abri pour protéger la récolte de la pluie en limitant au maximum les risques d'infiltration d'eau.

II.1.7.2.2-Les silos

Les différents silos utilisés pour la réalisation de l'inertage sont le big-bag, le silo souple et le silo tour.

Le big-bag :

Le stockage en silo big-bag est intéressant pour des installations de petites tailles. Le big-bag n'est à priori pas adapté pour les élevages de porcs. Car, les unités d'élevage de porcs sont de grande taille. Les sacs peuvent être stockés à l'extérieur en prenant garde aux attaques de rongeurs. Un silo big-bag = une enveloppe + un sac interne étanche remplacé tous les. Le big-bag a une capacité de 500 ou 1000 kg maïs grain humide.

Son prix est de 18 €, soit 15 € pour l'enveloppe et 3 € pour le sac interne (CAZAUX, 2005 a).

Pour 5 ha de maïs il faut environ 50-60 big-bags de 1000 kg.

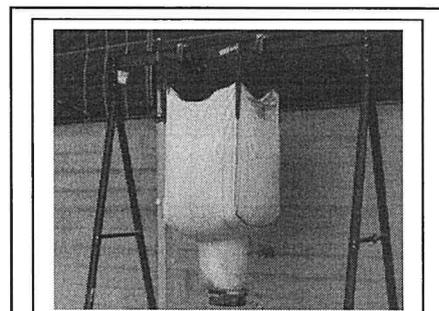


Photo d'un big-bag, CAZAUX (2005 a)

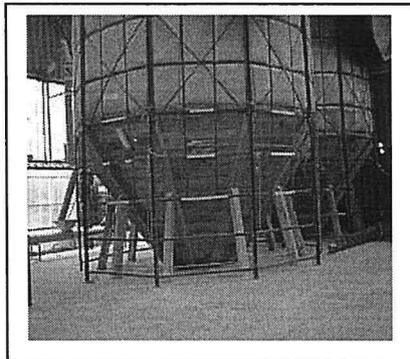
Le silo souple :

La capacité unitaire de ces silos varie de 30 m³ à 200 m³

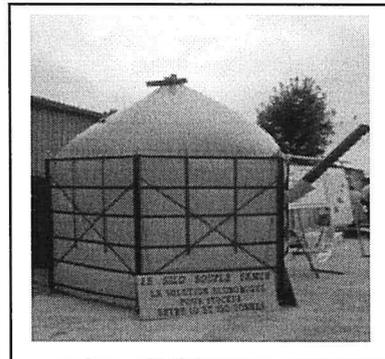
(avec 850 kg maïs humide / m³, CAZAUX (2005 a)). Ils sont toujours montés sous abris et sur cône pour permettre la reprise du grain :

- cône enterré qui limite la hauteur totale de l'instabilité à condition de maîtriser l'étanchéité ;
- cône sur sol, construit en bois mais qui réduit le volume utilisable.

L'investissement (CAZAUX, 2005 a) varie de 120 à 40 € / m³.



Cône sur sol



Cône enterré

Source : CAZAUX, 2005 a.

Le silo tour :

Ils sont adaptés aux élevages de grande taille car leur capacité varie de 400 à 1000 m³. Il faut dans ce cas une aire de réception d'accès facile équipée d'une fosse et d'un élévateur à gros débit (20 tonnes/heure) pour remplir le silo tour par le haut. Les silos sont construits en béton ou en acier vitrifié pour permettre le stockage du grain humide. 1 m³ de maïs grain entier pèse 850 à 900 kg.

Implanté à l'extérieur sur une assise en béton avec cône enterré, ce type de silo est rempli au fur et à mesure de la récolte soit avec transporteur pneumatique, soit à partir d'une fosse avec élévateur à godet. Il est conseillé de remplir de façon continue, en un ou deux jours suivant le débit de la récolte.

En cas d'indisponibilité, il faut en remplir au moins un quart la première fois pour que les processus fermentaires démarrent correctement. Pour la reprise, toujours réalisée par le bas, la vis est équipée d'une vanne à son extrémité pour assurer l'étanchéité entre deux opérations de désilage. L'investissement (CAZAUX, 2005 a) varie de 150 à 100 € / m³ pour 850 kg maïs humide / m³ et une capacité de 100 à 1000 m³.

II.1.7.2.3-Principe de l'inertage du maïs grain humide avec le silo tour

Lors de l'inertage en silo tour hermétiquement étanche, la teneur en oxygène (CASTAING *et al.*, 1989) diminue de façon quasi linéaire quelle que soit l'humidité du grain, pour tendre vers zéro dix heures après la fermeture du silo. Parallèlement, la teneur en gaz carbonique augmente (CASTAING *et al.*, 1988 et 1989). L'installation d'un poumon est donc recommandée.

Cet équipement contribue fortement à la maîtrise d'une atmosphère contrôlée dans le silo. Les variations de volume du poumon témoignent de la bonne étanchéité du silo.

Le poumon est une poche souple en caoutchouc synthétique dont le volume correspond à 20 % de celui du silo. Situé sous abri, il est raccordé par un tuyau PVC. Son rôle est de tamponner l'effet des variations de température sur le volume de gaz carbonique interstitiel. Le poumon se gonfle lors du processus de fermentation après la mise en silo, mais aussi quand la température augmente, entraînant une dilatation des gaz.

II.1.7.2.4-Caractéristiques du maïs grain humide inerté

Les caractéristiques (CASTAING *et al.*, 1988) qui traduisent une bonne qualité de conservation du maïs inerté (taux d'humidité à la récolte 35,7 %) sont:

Teneur en acide lactique de l'ordre de 13 à 15 g/kg MS,

Teneur en acide acétique de 4 à 5 g/kg MS,

Absence d'acide propionique,

Teneur en acide butyrique inférieure à 0,4 g/kg MS,

Teneur en alcool éthylique de 3 à 5 g/kg MS,

Absence d'alcool méthylique.

En outre, la qualité du maïs inerté (AGPM, 2000 a) à la reprise se juge à l'aspect du grain :

Couleur jaune « maïs, »

Odeur légère et acide,

Grains froids et propres.

Le pH est acide (4 à 5) ; la teneur en acide lactique faible augmente légèrement avec l'intensité des fermentations, croissante selon l'humidité du grain à la récolte (Tableau 8). Ces résultats (acides lactique et acétique) pour un taux d'humidité à la récolte supérieur à 30 %, diffèrent de ceux de CASTAING *et al.* (1988) qui rejoignent des situations normalement rencontrées avec des ensilages de maïs grain humide broyé. Toutefois, la fermentation lactique complète est souhaitée pour non seulement atteindre un pH idéal de 4, mais pour bloquer les fermentations indésirables (butyriques notamment). Car si le pH n'atteint pas le chiffre 4, nécessaire pour une bonne conservation du silo et pour une reprise sans risque majeur de développement de levures et de moisissures, on retrouve alors de l'acide butyrique et acétique. La couleur du grain est brunâtre, son odeur rance et son appétence moyenne. L'une des solutions à ce type de problème est de faire appel à des conservateurs biologiques incorporables à la mise en silo (POILVET, 2003). Certes, l'utilisation de conservateurs biologiques (AGPM, 2000 a) peut s'envisager à la mise en silo sur du maïs inerté. Mais si les conditions de conservation sont bien maîtrisées, l'utilisation de conservateurs biologiques ou chimiques qui favorisent l'acidification recherchée n'est pas en général nécessaire.

Tableau 8 : pH et production d'acides et alcools du maïs inerté (g/kg MS)

Humidité	pH	Acide Lactique	Acide Acétique	Acide Propionique	Acide Butyrique	Alcool Ethylique	Alcool Méthylique
< 30 %	4,5 - 5	1 – 3	1 – 3	Absence	Absence	6 – 10	Absence
> 30 %	4 - 4,5	1 – 6	1 – 3	à trace	à trace	8 – 12	à trace

Source : AGPM (2000 a)

II.1.9-Valeur alimentaire du maïs grain humide chez les volailles

La valeur énergétique du maïs grain entier sec et celle du maïs grain entier humide, inerté (26 % d'humidité) ne diffèrent pas significativement en fonction de l'âge du poulet entre 22 et 25 jours ou entre 36 et 39 jours d'âge, Tableau 5, (BARRIER-GUILLOT *et al.*, 1997). De même, le mode de conservation du maïs grain entier (sec ou humide) n'a pas d'effet sur sa valeur énergétique (3 698 vs 3 682 kcal/kg MS) mesurée chez le coq adulte, BARRIER-GUILLOT et METAYER (1997). Il n'apparaît, également, pas de différence pour l'énergie métabolisable, en fonction de l'humidité du maïs stocké (15, 3 % : 3 743 kcal / kg M.S ; 28 % : 3 741 kcal / kg M.S et 38 % : 3 740 E.M / kg M.S), ITCF-AGPM (1988). Aussi, (ITCF-AGPM, 1987) l'énergie métabolisable mesurée (INRA) ne varie pas avec l'humidité à la récolte : elle est de 3 743, 3 787 et 3 740 kcal / kg MS respectivement pour le maïs sec et humide, à 28 % d'humidité et à 38 % d'humidité. Mais, si cette valeur est identique pour le maïs sec et le maïs inerté (38 % d'humidité), elle paraît différente avec le maïs inerté (28 % d'humidité). En outre, l'énergie métabolisable du maïs présenté en grains entiers, à sec (3 760 kcal / kg MS) ou sous forme humide, inerté, (3 740 kcal / kg MS) est significativement inférieur aux valeurs observées en farine à sec (3 870 kcal / kg MS) et en granulés à sec (3 890 kcal / kg MS). Soit, une différence de – 120 kcal / kg MS.

Par ailleurs, certains auteurs (LESSIRE, 1985) pensent que le séchage du grain n'est pas indispensable. Car, l'addition à raison de 1,5 % d'un mélange (60 / 40) d'acides acétique et propionique permet pendant 10 mois de conserver un grain récolté à 27 % d'humidité sans modifier son énergie métabolisable.

Tableau 9 : Valeur énergétique du maïs selon sa présentation et l'âge du poulet (EMAn en kcal / kg MS)

Céréale	Maïs sec			MGH	Moyenne
Présentation	entier	farine	granulé	entier	
Age des poulets					
J22-J25	3 755	3 845	3 930	3 750	3 670
J36-J39	3 765	3 890	3 850	3 735	3 665
Moyenne	3 760 B	3 870 A	3 890 A	3 740 B	
P sous H0 :	Effet Traitement (T) : P< 0,001				
	Effet age (A) : NS				
	Interaction TxA : NS				
	ETR : 80				

MGH : Maïs Grain Humide

NS : Non Significative

ETR : écart type résiduel

Source : BARRIER-GUILLOT *et al.* (1997)

II.1.10- Intérêts zootechniques de l'utilisation du maïs grain humide chez les volailles

Dans la littérature très peu d'études abordant ce thème ont été réalisées sur la volaille. En revanche un grand nombre de publications scientifiques montrent l'intérêt zootechnique de l'utilisation du maïs grain humide dans l'élevage porcin en particulier, et bovin. Cependant, quelques essais ont été réalisés, avec du maïs grain humide chez les canards mulards en croissance ou gavage, le poulet de chair « type fermier » et la poule pondeuse.

Pour le canard

Une étude de l'ADAESO et ARVALIS - Institut du végétal, relative aux apports de maïs humide inerté à des canards mulards en croissance (ROBIN *et al.*, 2003) préconise l'apport de maïs inerté sous forme de mélange avec des granulés d'aliment complémentaire.

Ce qui permet d'atteindre une consommation sèche (6,51 kg sec), un gain de poids vif (0,87 kg) et un indice de consommation (7,50) non statistiquement différent avec ceux de l'aliment complet (6,47 kg sec, 0,82 kg et 7,92 respectivement), durant la période de 9 à 12 semaines. Ces paramètres ne présentent pas également de différence significative à 12 semaines.

En outre, l'apport de maïs inerté en croissance ne pénalise pas la production de foie gras pour un gavage au maïs sec. Toutefois, le résultat surprenant qui nécessite confirmation, est la prépondérance de la performance du foie gras favorable des modes de conservation : maïs sec en croissance puis maïs humide en gavage ou humide en croissance puis sec en gavage (Tableau 10).

Par ailleurs, une autre étude (ROBIN *et al.*, 2004) a comparé les différents modes de conservation du maïs pour le gavage à la pâtée de canards mulards. Elle montre que la conservation du maïs sous forme humide (ensilé ou inerté) confère des propriétés technologiques satisfaisantes à la pâtée de gavage.

En effet, pour le maïs inerté, broyé chaque jour avant le gavage, la production de foie gras est proche de celle obtenue avec du maïs sec, que ce soit en poids moyen ou en répartition par classe de poids. Il est, observé un engraissement des foies légèrement supérieur (Tableau 10).

Ainsi en gavage, (AGPM, 2000 a) où le maïs sec fait habituellement l'objet de réhumidification avant distribution aux animaux, le maïs inerté présente un intérêt pratique pour un gavage aux grains entiers. Après un simple rinçage, nécessaire pour éliminer les impuretés, le maïs inerté conduit à des performances identiques, à ingérer de matière sèche équivalents.

Pour un gavage à la pâtée, les deux formes de conservation du maïs humide peuvent être exploitées. Le maïs inerté doit être broyé avant d'être mélangé à l'eau.

Le maïs ensilé est mélangé directement. La qualité technologique de la pâtée est améliorée mais il convient de surveiller le pH pour éviter des problèmes digestifs et maintenir la performance en foie gras. Aucun effet n'est observé sur les morceaux de découpe.

Toutefois, le poids des morceaux de découpe (ROBIN *et al.*, 2004) tend à être pénalisé suite à un moindre développement des muscles pectoraux lors du gavage. Et ce, malgré qu'on obtient le poids du tube digestif le plus élevé avec le maïs humide (Tableau 11).

MUNT *et al.* (1995, cités par CARRE, 2000) et CARRE (2000) justifient, cette modification du transit digestif à court terme chez les oiseaux par la taille élevée des particules alimentaires. Ce qui « à long terme induit une augmentation du poids du gésier ».

Cette observation rejoint celle de DAHLKE *et al* (2002), pour qui il existe une corrélation linéaire entre le poids du gésier et la taille de la particule alimentaire chez le poulet de chair.

Les foies frais (ROBIN *et al.*, 2004) présentent une teinte jaune plus soutenue (35,1 vs 32,1). Ce résultat peut être relié à une meilleure préservation des pigments lors de la conservation par inertage (à confirmer).

Les résultats zootechniques des différentes expérimentations réalisées valident la possibilité de l'utilisation du maïs humide par les canards mulards en croissance (en mélange avec un aliment complémentaire approprié) et en gavage sur terrain.

Tableau 10: Foie gras, poids et caractérisation

Traitements	Maïs sec broyé	Maïs inerté puis broyé	Maïs ensilé	ETR	prob
Foie gras, g	652 b ± 88	654 b ± 91	683 a ± 95	91	*
Foie gras, g / kg maïs 85 % MS	59,3 b	59,7 b	63,4 a	8,2	**
Caractérisation Résonance Magnétique Nucléaire bas champ (n= 50)					
Foie gras, g	646	667	665	74	NS
Mat. grasse, %	53,7	55,2	55,5	7,1	NS
Fonte, %	17,6	18,4	18,4	10,1	NS

Source :(ROBIN *et al.*, 2004)

*, ** : effet significatif avec $p < 0,05$ et $0,01$;

NS : non significatif ;

a, b et c : différence significative pour $p < 0,05$.

Tableau 11: Composition corporelle des canards gras, (g)

Traitements	Maïs sec broyé	Maïs inerté puis broyé	Maïs ensilé	ETR	Prob
Canard ressué	6 060	6 040	6 160	340	NS
Canard éviscéré	3 820	3 690	3 780	260	NS
Foie	671	680	729	90	0,19
Tube digestif	418 b	484 a	461 a	55	**
Gésier	73	74	79	8	0,09
Gras abdominal	244	257	240	30	NS
Aile	228	220	222	21	NS
Magret	479	457	469	43	NS
Muscle	266	249	256	33	NS
Peau et gras	212	207	213	22	NS
Aiguillette	43	43	45	5	NS
Cuisse pilon	506	493	498	38	NS
Muscles et os	230	220	227	22	NS
Peau + gras	276	273	270	26	NS

Source :(ROBIN *et al.*, 2004)

*, ** : effet significatif avec $p < 0,05$ et $0,01$;

NS : non significatif ; a, b et c : différence significative pour $p < 0,05$.

Pour le poulet

Quelques essais sur volailles ont été faits il y a déjà deux décennies. En 1987 un travail avait montré que le maïs conservé humide détériore les performances de croissance des poulets, « souche fermière », (ITCF-AGPM, 1987). En effet, le maïs humide est plus consommé que le maïs sec : + 3,2 % pour les mâles et + 2,1 % pour les femelles, et la vitesse de croissance est inférieure de 3,4 % pour les deux sexes. De ce fait l'indice de consommation des mâles est dégradé de 6,8 % et celui des femelles de 5,9 %. Toutefois, les résultats d'abattage sont favorables au maïs humide. Le rendement effilé des mâles est supérieur de 1,7 points et celui des femelles de 1,3 points. Le dépôt de graisse est plus faible de 13,4 g chez les mâles et de 11,5 g chez les femelles (Tableau 12). Un autre essai (ITCF-AGPM, 1988) confirme ce faible dépôt de graisse avec les formes humides de maïs à 28 % et 38 %. Cet essai, réalisé avec des poulets mâles de la même souche que le précédent révèle, également, la détérioration des performances de croissance des poulets. Sauf qu'ici, il n'y a pas d'écart au niveau de la consommation des différents régimes à base de maïs (sec ou humide).

Les indices de consommation des poulets sont pénalisés linéairement avec l'élévation du taux d'humidité des régimes (respectivement - 2 %, - 4 % et - 5 %).

Les croissances évoluent comme les indices de consommation (- 3 %, - 4 % et - 5 %). Toutefois, le rendement effilé n'est pas modifié (Tableau 13). Car, contrairement au premier essai (mâles et femelles), le second a été réalisé uniquement avec des mâles. Ces deux essais donnent des résultats différents au sujet de l'observation ou non d'un écart entre les consommations des différents régimes (aliments).

Un troisième essai (MONTARDON POULET 60, 1988) montre tout comme le premier essai, que l'aliment contenant du maïs inerté à 28 % humidité est significativement plus consommé (+ 1,9 %). De même, le gain de poids est faible (3,2 %) et l'indice de consommation significativement dégradé de 5,2 %. Cependant, ces deux essais (MONTARDON POULETS 57 et 60) divergent à propos des résultats d'abattage. Pour le premier les résultats d'abattage sont favorables au maïs humide. Par contre, pour le second : à l'abattage le poids éviscéré et le rendement sont significativement pénalisés avec le maïs inerté. Ce dernier essai, par ailleurs, indique qu'avec les aliments contenant les lots de maïs séché après inertage pendant 6 mois, les performances de croissance sont inférieures. La croissance est inférieure de 4,0 % quand l'humidité au stockage est de 38 % alors qu'elle n'est réduite que de 2,5 % lorsque cette humidité est de 28 %. Les indices de consommation sont respectivement réduits de 1,2 et 2,5 % mais ne sont pas significativement différents du témoin (maïs séché à la récolte, 15,3 % d'humidité au stockage). A l'abattage le poids éviscéré est inférieur mais le rendement est identique au témoin.

Tableau 12: Résultats zootechniques de l'essai MONTARDON POULETS 57

Conservation du maïs	sec			humide		
	D	C	F	D	C	F
Pourcentage d'incorporation						
Maïs sec (10,4 % MAT / MS)	61,0	68,5	76,0	61,0	-	-
Maïs humide (10,3 % MAT / MS)	-	-	-	-	74,4	80,9
Tourteau de soja (52,6 % MAT / MS)	31,0	24,5	17,0	31,0	19,9	13,5
Soja extr. (42, 2 % MAT / MS)	1,0	-	-	1,0	-	-
Gluten « 60 » (68,6 % MAT / MS)	3,0	3,0	3,0	3,0	2,4	2,4
CMV	4,0	4,0	4,0	4,0	3,2	3,2
Caractéristiques par kg d'aliment à 87 % MS						
Energie métabolisable (kcal)	2760	2820	2910	2760	2820	2910
Matières azotées (g)	212	182	168	212	183	169
Lys. /énergie (g / Mcal EM)	3,95	3,12	2,54	3,95	3,16	2,58
Sexes des poulets (*)	mâles		femelles	mâles		femelles
Cons. 87 % MS (g) (p <0,01)	7643a		6634c	7884b		6774d
Indice de cons. (p <0,01)	2,96a		3,22c	3,16b		3,41d
Poids vif 49 j (g) (p <0,01)	2585a		2058c	2494b		1989d
Rendit effilé (%) (p <0,01)	86,6a		86,4c	88,3b		87,7d
Graisse abdominale (g)	80,6		88,7	67,2		77,2

Source : essai MONTARDON POULET 57 (ITCF-AGPM, 1987)

D : démarrage

C : croissance

F : finition

Tableau 13: Résultats zootechniques de l'essai MONTARDON POULETS 58

Conservation du maïs	Sec 15 %	Sec 15 % Humide 28 %	Humide 28 %	Humide 38 %
Formule finition	de 9 à 12 semaines			
Maïs sec 15 %(10,4 % MAT / MS)	75,0	35,1	-	-
Maïs humide 28 %(10,4 % MAT / MS)	-	41,5	78,1	-
Maïs humide 38 %(10,4 % MAT / MS)	-	-	-	80,2
T. de soja 48(52,2 % MAT / MS)	18,0	16,8	15,8	14,2
Gluten « 60 » (68,6 % MAT / MS)	3,0	2,8	2,6	2,4
CMV	4,0	3,8	3,5	3,2
Caractéristiques par kg d'aliment à 87 % MS				
Matière sèche (g)	863	807	758	682
Energie métabolisable (kcal)	2920	2960	3020	3020
Matières azotées (g)	154	151	155	165
Lysine. /énergie (g / Mcal)	2,33	2,23	2,22	2,38
Cons. à 87 % MS (g) 0 à 12 semaines	8322	8256	8297	8226
Indice de consommation. (p <0,01)	3,04 a	3,10 b	3,16 c	3,18 c
Poids vif 84 j (g) (p <0,01)	2735 a	2665 b	2629 bc	2585 c
Rendement effilé (%) (p <0,01)	87,3	87,1	87,3	87,1
Graisse abdominale (p = 0,01)	109,5 a	96,9 b	79,5 c	68,5 c

Source : essai MONTARDON POULET 58 (ITCF-AGPM, 1988)

D : démarrage

C : croissance

F : finition

Pour des poules pondeuses

Chez des pondeuses une autre expérimentation (AGPM, 1988), montre que la distribution de maïs humide conduit, pour un même niveau de consommation, à une baisse du niveau de performances de l'ordre de 6 % sur la production journalière d'œufs. L'indice de consommation se trouve alors dégradé de 5 % par rapport à une distribution de maïs sec. En effet, pour des poules pondeuses traitées les unes avec 100 % de maïs grain séché (15 % d'humidité) et les autres avec 100 % de maïs grain inerté (33 % d'humidité), les résultats ci-dessous ont été respectivement obtenus :

Consommation journalière (118,4 vs 116,9 g), taux de ponte (85,5 vs 79,5), nombre d'œufs pondus (290 vs 270), indice de consommation (2,23 vs 2,38), gain de poids (274 vs 105 g)...

Cependant, ces paramètres sont relativement améliorés quand les poules pondeuses sont traitées soit avec du maïs inerté (28 ou 38 % d'humidité au stockage) puis séché (15 % d'humidité à l'utilisation). Soit avec un mélange (50 / 50) de maïs séché et inerté (Tableau 14).

Toutefois, on ne dispose pas d'analyses statistiques, permettant d'apprécier l'existence de différence significative entre les différentes valeurs.

Tableau 13: Résultats zootechniques de l'essai Poules Pondeuses n°20

Traitement	1	2	3	4	5	6
Nature du maïs à l'utilisation	séché	Inerté puis Séché		Mélange 50 / 50 Séché / Inerté		Inerté
Humidité du maïs en stockage	15	28	38	15 / 33	38 / 33	33
Humidité du maïs à l'utilisation	15	15	15	15 / 33	15 / 33	33
Consommation journalière, g	118,4	118,2	119,1	118,3	118,9	116,9
Taux de ponte, %	85,5	84,2	84,4	82,1	84,2	79,5
Nombre d'œufs pondus	290	285	286	278	285	270
Poids moyen de l'œuf, g	62,5	62,4	61,8	61,7	60,9	62,3
Poids d'œufs produit / poule / jour, g	53,3	52,5	52,1	50,5	51,2	49,4
Consommation par œuf, g	139,4	141,3	142,9	145,5	142,0	148,1
Indice de consommation, kg / kg	2,23	2,26	2,31	2,36	2,33	2,38
Poids des poules, g	2103	2109	2152	2009	1997	1933
Gain de poids, g	274	269	285	162	152	105

Source : essai Poules Pondeuses n°20 (AGPM, 1988)

II.2-Compte rendu de la rencontre avec des professionnels à Montardon

J'ai rencontré Madame Nathalie ROBIN et, Messieurs Philippe LARROUDE et Jean Georges CAZAUX, à Montardon (Pau), le 30 juin 2005. Ce sont, en effet, des professionnels qui travaillaient, à l'ADAESO, sur l'utilisation du maïs grain humide dans l'alimentation des volailles et en particulier des canards mulards. Ainsi, leur expérience et autres résultats d'essai non publiés contribueront à la synthèse sur les connaissances existantes et à l'analyse plus critique de la faisabilité d'un tel système.

II.2.1-Intérêt de l'utilisation du maïs humide dans l'alimentation des volailles

Son intérêt est d'abord économique, notamment, par la réduction du coût alimentaire avec l'absence des frais de séchage et de transport. Puis environnemental car, on observerait une augmentation du pourcentage de phosphore dégradé chez les canards (à confirmer). Ce phénomène aurait été observé dans les élevages porcins, mais avec du maïs ensilé à 30 % d'humidité contre 15 % pour le maïs sec. Enfin, la valorisation du maïs humide produit sur l'exploitation faciliterait la traçabilité des produits par les éleveurs.

II.2.2-Technique et durée de conservation du maïs humide

Les deux techniques de conservation du maïs grain humide sont : l'ensilage et l'inertage. Toutefois, l'inertage serait la plus simple à réaliser, car, le broyage ici n'est pas effectué au moment de la récolte ce qui réduit le travail et la main-d'œuvre à un moment de grande activité. La durée de conservation du maïs inerté varie selon le matériel de conservation (type de silo). Ainsi, on aurait 6 mois, 2 ans et 3 ans respectivement pour le silo big-bag, le silo souple et le silo tour (à fond conique ou plat) en acier vitrifié. Le silo tour en acier vitrifié à fond conique serait mieux adapté pour le désilage de toute la quantité du maïs grain inerté (humide) stockée. Cependant, pour une grande unité d'élevage, il est conseillé d'utiliser deux silos tour (par exemple de 200 tonnes) contre un de 400 tonnes et ce, afin de permettre à l'exploitant de maîtriser au mieux le principe de l'inertage (évoqué dans le chapitre précédent) lors du stockage en fonction du temps de travail.

II.2.3-La qualité du maïs inerté

Le taux d'humidité du maïs grain ne serait pas affecté lors de l'inertage. La fermentation également, lorsqu'on veille à l'étanchéité des silos tour en acier vitrifié, notamment. En utilisant soit l'oxymètre (appareil de mesure de l'oxygène et du gaz carbonique), soit les poumons (confère chapitre précédent), avant la mise en silo pendant le désilage et la période de conservation.

Néanmoins, le type de maïs (denté ou corné) pourrait constituer, outre l'humidité, un facteur à prendre en compte dans l'inertage, surtout en gavage où le maïs est une composante essentielle de l'aliment (95 %) car, la dureté du grain peut influencer sur le broyage et par conséquent la mouture de la farine.

II.2.4-Connaissances sur l'utilisation du maïs grain humide dans l'alimentation des volailles en France

Un certain nombre d'essais réalisés entre 1986 et 1988, sur les poulets (MONTARDON POULETS 57, 58 et 60) et pondeuses (Poules Pondeuses n°20) a fait l'objet de communications internes du service d'utilisations animales de l'AGPM (ex ADAESO). Les résultats desdits essais sont présentés dans le précédent chapitre. Aussi, d'autres essais (station ou terrain) concernent l'apport de maïs inerté à des canards mulards en croissance d'une part et au gavage d'autre part (confère chapitre précédent). Les résultats (ROBIN, non publiée) de la validation sur le terrain, de la distribution de maïs inerté en mélange avec son complémentaire sont encourageants. Mais, ils ne peuvent être détachés des caractéristiques particulières du lot de maïs inerté (récolte 2003). En effet, courant printemps 2004, cette modalité expérimentale a été mise en pratique dans des conditions plus proches du terrain. Deux lots de 1050 canards mulards recevant à l'âge de 4 semaines, soit un aliment croissance complet (2 750 kcal EM, 150 g MAT, granulés 4,0 MM) soit un mélange maïs grain inerté et aliment complémentaire (aliment complet sans la part maïs de 50 %) ont été constitués. Le lot de maïs utilisé issu de la récolte 2003, présentait une faible humidité (23 %) et n'a entraîné aucun problème d'évolution du mélange dans le nourrisseur ou de comportement alimentaire des animaux, pour un mélange pouvant être utilisé sur une durée de 5 jours. La consommation, en équivalent sec, est accrue de 3 %, de même que le poids vif de mise en gavage, l'indice de consommation est alors similaires pour les deux conditions expérimentales :3,75. A l'issue de la période de gavage, conduite en station ADAESO avec un même plan de distribution de maïs sec broyé, la performance en foie gras est légèrement supérieure : 715 vs 687 g (prob. = 0,12) mais s'accompagne d'une faible pénalisation sur le poids des muscles pectoraux (- 2 %, NS).

Cependant, cette technique est très peu pratiquée par les aviculteurs en France en générale et dans le sud-ouest en particulier. Aussi, très peu de travaux, outre l'actuel projet d'ARVALIS dont le chef est Maria VILARIÑO, y sont consacrés. Mais Monsieur Dylan CHEVALIER, Chambre d'Agriculture Pays de Loire, et ITAVI (Institut Technique de l'Aviculture), devraient pouvoir nous donner des informations. Soit sur d'éventuels agriculteurs-éleveurs, soit sur d'autres professionnels qui utilisent la technique humide ou travaillent sur le sujet chez les volailles.

II.3-Témoignages d'agriculteurs-éleveurs pratiquant la technique du maïs humide

Dans le cadre des rencontres avec les agriculteurs-éleveurs, utilisant le maïs grain humide à la ferme pour l'alimentation des volailles, nous avons rencontré par le biais de Monsieur Dylan CHEVALIER (Chambre d'Agriculture Pays de Loire) deux fermiers. L'un situé dans le Département Loire Atlantique (44) et l'autre dans le Département Maine et Loire (49). Le premier a un élevage spécialisé dans la production de foies gras. Il a fait son témoignage sous le sceau de l'anonymat. Le second, Monsieur Claude MARTIN, a un élevage spécialisé dans la production de canards de chair.

II.3.1-L'exploitation de production de foies gras

II.3.1.1-Présentation de l'exploitation

« J'ai une exploitation de 140 hectares, avec 30 hectares de maïs dont 25 en culture irriguée par an et, en rotation avec du blé. J'ai 1830 canards à gaver et 50 vaches à vèler. Nous travaillons à trois sur l'exploitation », présente le père.

II.3.1.2-Les raisons de l'utilisation du maïs grains humide sur la ferme

« Bien avant, j'ai livré durant 15 ans mes grains de maïs humide aux éleveurs de porcs qui ont depuis longtemps adopté la technique du maïs humide. C'est ainsi, qu'il m'est venu en idée d'utiliser cette technique pour le gavage à la pâtée de mes canards. Surtout que je vendais le kilo du maïs à 60 centimes F (9 centimes €) et achetais celui de la farine industrielle, destinée au gavage, à 1 F 40 (21 centimes €), présente le père les activités de son exploitation. Et le fils de renchéirir, nous avons commencé le gavage des canards à la pâtée depuis 1990. Il y a seulement un an que nous utilisons le maïs grain humide (ramassés à 32-34% d'humidité) à cet effet. Et nous disposons d'un cheptel de 1830 canards repartis dans deux bâtiments de gavage.

II.3.1.3- La technique et le matériel de conservation du maïs grain humide

« Nous utilisons la technique de l'ensilage (broyage du maïs grain humide à la récolte) et un silo couloir pour la conservation et le stockage du maïs grain broyé. Cependant, nous avons adopté définitivement cette pratique suite à dix tests de gavage. En effet, nous avons utilisé 1000 sujets pour chaque test. Lors du premier test, 500 sujets ont été nourris avec 100 % de farine achetée (classique) et les 500 autres avec un mélange (90 % de farine classique + 10 % de maïs humide, ensilé, de la ferme). Puis, nous avons augmenté cette proportion de maïs humide de 10 % à chaque test jusqu'à atteindre 100 % de maïs humide lors du 10^{ème} test ».

II.3.1.4-Les performances obtenues et les difficultés rencontrées

« Nous avons observé durant les tests, mentionnés ci-dessus, un rendement de foies élevé et sa bonne qualité (moins d'écoulement de graisse). En outre, les gésiers sont (suite au travail supplémentaire effectué) bien développés chez les canards gavés avec la farine de maïs grain humide produite et conservée sur notre ferme. L'abattoir ne nous a pas signalé de changements de qualité de nos productions. Aussi, nous avons constaté une réduction du coût alimentaire, due à l'utilisation du maïs produit sur la ferme. C'est pourquoi, nous avons décidé d'adopter cette technique », s'accordent le père et le fils. Ainsi, un lot de 1830 canards en fin de gavage (13 jours), au moment de la visite, a été nourri avec 100 % de maïs humide, sans problèmes, au dire des éleveurs. « Nous avons eu un seul souci au début », indique le fils « l'éclatement des jabots qui serait dû à l'eau contenue dans le maïs grain ensilé. Le mélange maïs humide et eau, a été effectué avec la même proportion d'eau utilisée pour le maïs sec (farine classique)». En outre, pour le père il y a le fait qu'ils utilisaient un aplatisseur pour faire la farine.

Car, « avec un aplatisseur le broyage est très grossier ». Ces deux facteurs rendaient l'aliment grossier avec une proportion d'eau élevée, favorisant, ainsi, son difficile transit suivi de son accumulation au niveau du jabot. Cela aurait occasionné un éclatement du jabot chez certains animaux. « Comme solution », déclare le père, « nous avons acheté un broyeur qu'on pourra amortir sur 4 ans et pour les prochains lots nous allons mieux broyer ». Le fils, lui prévoit une adéquation de la quantité d'eau contenue dans le maïs humide avec la proportion d'eau à ajouter lors du mélange au gaveur.

En ce qui concerne l'observation d'éventuels problèmes de moisissures et / ou de qualité du maïs humide, le fils dit « non, mais qu'il faut être vigilant ». Le père précise, « de toutes façons lorsque la qualité de la farine est affectée, les canards ne la consomment pas, ce qui facilite l'appréciation de la qualité. De plus il faut faire très attention à la qualité de la farine, car les canards peuvent en mourir ». « La preuve, nous n'avons que 2 % de mortalité dans le bâtiment récent, construit selon des normes d'aération correctes et, 4 % dans l'ancien bâtiment adapté par la suite à ces normes ajoute t-il ».

II.3.1.5-La commercialisation des canards gavés

Ils font partie d'un groupement qui leur vend les canards prêts à gaver (PAG) puis achète les canards gavés. Les canards sont payés, au poids du foie produit. « Pour bien gagner il faut produire entre 530 et 550 g de foie par canards. Par contre, la production de foies de 400 à 500 g est sans profit tandis que celle de moins de 400g engendre une perte. En ce qui nous concerne, nous tirons profit de nos ventes, surtout avec le maïs de la ferme ».

« En outre, nous utilisons les fientes des canards, stockés dans une fosse de 420 m³, comme fertilisant pour les céréales (maïs et blé). Les fientes compte tenu de leur contenu en ammoniac élevé, sont bien dosées pour éviter les brûlures », précise le fils.

II.3.1.6-Les perspectives

Malgré ces multiples avantages, la capacité de stockage de la farine sur la ferme n'est pas suffisante pour assurer l'alimentation des 23 à 24 lots de canards qu'ils produisent par an. Si bien que lors de notre passage (juillet) le silo couloir était vide depuis quelque temps. Ils ont donc, entamé la construction d'un deuxième silo couloir en vue de résoudre cette insuffisance.

La quantité de maïs produite sur la ferme est suffisante pour l'utilisation à 100 % de la farine humide en vue de la production de foies gras. Par ailleurs, ils envisagent atteindre également un cheptel de 80 vaches à vêler.

II.3.2-L'exploitation de production de canards de chair

II.3.2.1-Présentation de l'exploitation

L'exploitation de Monsieur Claude MARTIN est située entre la Romagne et Cholet.

« Je dispose d'une superficie totale de 90 hectares dont 2915 m² sur 4 bâtiments d'élevage de canards. Je cultive environ 30 hectares de maïs (environ 400 tonnes) et produis du blé par an. J'ai également, un petit troupeau de 20 vaches à vêler. Nous travaillons à trois sur l'exploitation », présente Mr Claude.

II.3.2.2-Les raisons de l'utilisation du maïs grains humide sur la ferme

« D'abord, j'ai débuté par la production de viande bovine avec un petit effectif de canards. Après je me suis spécialisé dans la production de canards à rôti et de dindes. Mes dindes étaient nourries avec du blé produit et broyé sur la ferme (autoconsommation). Ensuite, la crise de dindes de 2002, m'a obligé à limiter principalement ma production à celle des canards de chair. C'est avec les canards que j'ai commencé à utiliser le maïs produit à la ferme, depuis seulement 18 mois ». L'éleveur appartient à un groupement qui a un contrat avec un industriel. Celui-ci vend les canetons et les aliments aux éleveurs. Puis il achète les canards des éleveurs. Ainsi, l'éleveur est tenu par ce contrat qui ne lui permet pas d'utiliser un autre type d'aliment. Actuellement ils font un test pour pouvoir incorporer 30 % de maïs humide et 70 % d'aliment du fabricant. Excepté l'aliment démarrage qui est à 100 % classique (industriel).

« Par ailleurs, j'ai été influencé par les performances obtenues avec le maïs grain humide dans les élevages porcins. Surtout le meilleur état de santé qu'il procure aux animaux ».

II.3.2.3-La technique et le matériel de conservation du maïs grain humide

« J'utilise, la technique de l'inertage (stockage du maïs grain entier à la récolte). Je conserve le maïs grain dans des big-bag, à l'abri de l'air. J'effectue depuis avril 2005 mon deuxième essai avec un effectif de 9 843 dont 3723 (10 semaines d'élevage) femelles et 6 120 mâles (12 semaines d'élevage). Avec cet effectif, un big-bag est vidé environ tous les deux jours. Toutefois, j'utilise un mélange de maïs inerté (30 %) et d'aliment complémentaire (formulé par mon fabricant), soit un contrat de 30 % maximum de maïs humide. Le fabricant n'a donné son accord qu'après deux essais effectués avec la Chambre d'Agriculture du Pays de Loire ».

En ce qui concerne le choix de la technique de conservation, « j'ai choisi l'inertage parce que les oiseaux et les canards en particulier apprécient plus les grains que la farine. De plus, l'ensilage nécessite une mécanisation accrue pour y consacrer peu de temps ».

II.3.2.4-Les performances obtenues et les difficultés rencontrées

Le premier essai a connu quelques insuffisances, mais il m'a permis d'obtenir une marge bénéficiaire de 1,5 € / m².

En effet, lors du premier essai le maïs utilisé avait un taux d'humidité de 27,5 %. Le broyeur mélangeur que j'utilisais pour la première fois, a connu des dysfonctionnements intempestifs.

Ces arrêts du système automatique d'alimentation provoquaient parfois des mises à jeun prolongées (environ 7 à 9 h) des canards. Ce qui s'explique par le bourrage des « vis ».

« Les canards de ce premier essai ont eu un meilleur indice de consommation mais une croissance pénalisée. Les mesures correctives sont prises pour réduire ces insuffisances durant le second essai. Maintenant j'essai un nouveau système qui a l'avantage de déclencher tout seul quand le tremis se vide et qui de par son fonctionnement pneumatique n'a pas ou très peu de bourrages ». « En outre, je pouvais obtenir de bonnes performances en augmentant le taux d'incorporation du maïs inerté, mais je suis tenu par une norme de certification dont le seuil d'incorporation est de 30 %.

Avec ce taux, je n'ai pas connu de problèmes de moisissures et / ou de colmatage d'aliment dans les mangeoires. Par ailleurs, j'ai connu quelques problèmes de conservation, car une faible partie des grains inerté était inutilisable et j'ai du la jeter ».

II.3.2.5-La commercialisation

La vente est effectuée sans problème pourvu que je respecte le seuil d'incorporation fixé par l'acheteur. Cependant, les carcasses de canards gavés provoquent parfois la surproduction, surtout en période de fêtes de fin d'année, et nous voyons les prix chuter ».

« De plus, j'utilise une partie des fientes comme fertilisants. Mais à cause des limites d'épandage imposées par les normes une partie des fientes est envoyée à l'extérieur. Je dois, donc, compenser par l'achat d'engrais chimique ».

II.3.2.6-Les perspectives

Si je respecte la norme de conformité, ma production de maïs grain humide (400 tonnes par an) est suffisante pour l'alimentation des canards à la ferme. Pour l'instant mes priorités sont l'acquisition d'un silo tour pour la conservation étanche et en quantité. Puis de deux autres silos pour stocker l'aliment complémentaire que j'achète. Et enfin, l'extension de mon système automatique de fabrication et de distribution d'aliment mélangé (maïs inerté broyé + aliment complémentaire) pour que le système soit utilisé dans tous mes bâtiments d'élevage.

III-REALISATION D'UN ESSAI DE DIGESTIBILITE CHEZ LE COQ ADULTE

III.1-Matériel et méthodes

III.1.1-Matières premières

Deux lots de maïs grain (sec et humide) ont été utilisés pour cette étude. Ils ont été récoltés le 6 octobre 2004 à la station expérimentale ARVALIS de Boigneville 91, France. Ces maïs sont issus du mélange de variétés NEXXOS et CENTENA de type corné denté. Ils ont été récoltés avec un taux d'humidité de 35 %. Une partie (500 kg) de maïs grain humide a été conservée par inertage. Pour cela, le maïs a été placé dans une bâche plastique fermée et, l'ensemble stocké du 6 octobre 2004 au 24 mai 2005, dans un container. Le reste, lot témoin, a été séché dès la récolte (le 07 octobre 2004) à l'aide du séchoir expérimental de la Halle Technologique des Céréales, à Boigneville. A cet effet, le débit d'air classique était de 2 000 m³ d'air/h/m³ de grains. La température de séchage était de 130°C – 110°C (1^{er} et 2^{ème} paliers). Après le séchage le lot a été nettoyé à l'aide d'un nettoyeur Petkus. Ensuite, 15 kg de maïs sec ont été stockés à température ambiante dans un sac papier fermé.

III.1.2-Aliments

Après le transfert des 2 lots de maïs (sec et inerté) à la station expérimentale ARVALIS de Pouline, VILLERABLE 41 (France), trois types d'aliments, sans AMV (Aliment Minéral Vitaminique) et sans additif anticoccidien, ont été constitués. Les caractéristiques des trois types d'aliments figurent dans le tableau 14. Durant l'essai, le maïs inerté (100 kg) a été stocké dans 4 sacs plastiques fermés de 25 kg et déposé dans la chambre froide, à 4 – 5°C. Le maïs sec, en sac papier, a été maintenu à température ambiante sous le hangar de stockage des aliments. Le maïs a été prélevé quotidiennement selon les besoins et pesé aussi bien avant qu'après le broyage. Après le broyage les aliments A1 et A3 étaient stockés dans des curvers, en chambre froide (4 – 5°C). L'aliment A2 (maïs grain entier, était pesé dans les curvers correspondants puis stockés en chambre froide (4 – 5°C). Le broyage a été réalisé à l'aide d'un broyeur à marteaux ECMA type BR84 (2900 tr/mn, 58 m/s) avec une grille de 6mm de diamètre.

Un aspirateur était utilisé pour nettoyer le broyeur et la grille entre deux broyages de maïs sec et inerté. Un sac était réservé à chaque type de broyat.

Tableau 15 : Caractéristiques des aliments expérimentaux

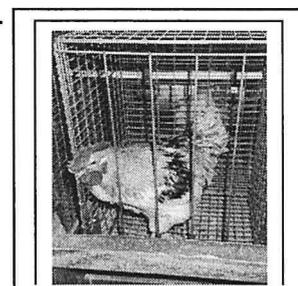
Matière première	Maïs grain		
Mode de conservation	Séchage	Inertage	
Présentation	Grains broyés	Grains entiers	Grains broyés
Code aliment	A1	A2	A3

III.1.3-Animaux

Trente (30) coqs adultes intacts (non *caecectomisés*) de souche ISABROWN, âgés de 63 semaines, ont servi pour l'essai. Pour la mise en lot, un dispositif en blocs : 3 aliments (A1, A2 et A3) x 10 blocs, a été utilisé.

Quelques jours avant le début de la transition alimentaire, 33 coqs (portant chacun une bague avec un numéro d'identification) ont été pesés individuellement à l'aide d'une balance et d'un entonnoir de contention. Ensuite, une mise en lot a été effectuée sur le critère du poids corporel (10 blocs de 3 cages de 1 animal). Les coqs retenus sont ceux dont le poids est au centre de la distribution de la population initiale. Des blocs homogènes sont alors constitués. A l'aide du logiciel Stat Box 6.2, une analyse de variance a été effectuée pour vérifier l'absence d'effet traitement.

Les 30 coqs retenus ont été placés dans leurs cages équipées de mangeoires individuelles et de pipettes, et ont reçu leurs aliments expérimentaux. La salle coqs se situe dans un bâtiment fermé avec un système de ventilation et d'éclairage automatique. La salle dispose aussi d'un régulateur pour une température de consigne de $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Le programme d'éclairage était de 12 h de lumière (6 h du matin à 18 h) et 12 d'obscurité (18 h à 6 h du matin),
Annexe3 : Descriptif de l'essai de digestibilité chez le coq adulte (COQ61).



Cage individuelle

III.1.4-Alimentation

Pour faciliter l'adaptation des coqs au maïs grain humide après la mise en lots, un plan de d'alimentation a été mis en place. En effet, il a été distribué *ad libitum* pendant 5 jours du maïs inerté entier (75 %) en mélange avec l'aliment farine habituel (lui-même à dominance de blé (60,9 %), de maïs (30 %), etc.). Ensuite, ces coqs ont été alimentés *ad libitum* avec les aliments expérimentaux (A1, A2 et A3) purs.

La durée de la période d'adaptation a été de 5 jours (cette durée étant habituellement de 3 jours). Pour le bilan digestif, les coqs ont reçu les aliments expérimentaux pendant 2 jours.

Pour la distribution des aliments, 3 séries (N°1, N°2 et N°3) de 30 curvers chacune ont été utilisées. Dans chaque curver (identifié par une étiquette portant la mention : COQ 61, le numéro de cage et de série, puis le code aliment) 310 à 320 g d'aliment étaient pesés.

Ces rations individuelles et les échantillons prélevés sur les stocks étaient rangés à nouveau dans la chambre froide. Ces rations étaient distribuées aux coqs entre 8 et 9 h du matin, après avoir récupéré les refus (aliment non consommé) de la veille.

III.1.5-Mesures

Durant l'essai les refus quotidiens des coqs ont été pesés avant d'être regroupés par type d'aliment dans un même curver. Sur chaque regroupement de refus des 10 coqs par traitement, un échantillon d'environ 20 g était prélevé. Ce dernier et celui prélevé la veille (aliment distribué) ont été utilisés pour déterminer la teneur en matière sèche des aliments (adaptation et bilan) avant et après distribution.

Les principales étapes du bilan digestif sont résumées sur la figure1. Les deux périodes d'adaptation et de bilan ont été séparées d'une journée de mise à jeun des coqs (de 9h à 9h du matin). Pendant le bilan digestif, des bacs individuels de collecte de fientes ont été placés sous les cages, entre 8h et 9h, avant le traitement du jour. Et ce, durant les 3 jours qu'a duré la collecte. Le dernier jour du bilan digestif, les coqs ont été de nouveau mis à jeun.

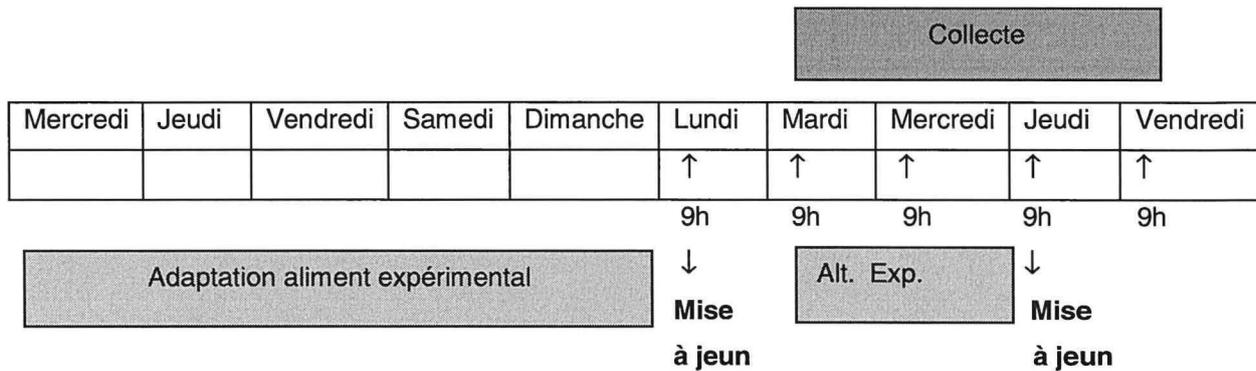


Figure1 : Processus de l'essai de digestibilité

Pendant l'essai, les valeurs des différentes pesées mentionnées ci-dessus étaient enregistrées sur un fichier de calcul Excel. De plus, des relevés quotidiens de température ont été effectués et enregistrés dans le cahier d'observation. Les fientes collectées ont été successivement stockées dans des barquettes en inox, préalablement pesées vides. L'ensemble (barquette + fiente) était stocké dans un congélateur (à -18°C) durant les 3 jours de collecte.

Par ailleurs, les échantillons prélevés sur les aliments avant et après consommation ont été utilisés, parallèlement au déroulement du bilan digestif, pour la détermination de la teneur en matière sèche.

Avant de déterminer la teneur en matière sèche un broyage des aliments est effectué à l'aide d'un broyeur à refroidissement (broyeur IKA).

Le maïs grain est versé directement dans le bol du broyeur jusqu'à recouvrir le couteau, suivi de la fermeture du broyeur et sa mise en marche pour 1 mn 15 s.

Pendant ce temps, les capsules vides (recevant le broyat) et leurs couvercles placés en dessous, ont été pesées à l'aide d'une balance analytique (précision 0,0001g). Les données ont été enregistrées sur la feuille de calcul Excel. Puis environ, exactement 5 g de l'échantillon broyé sont déposés dans la capsule. Les mesures sont effectuées en double sur chaque aliment. Enfin, les capsules (couvercle placé en dessous), sont placées à l'étuve multicellulaire à une température de 131,5°C pendant 4 h. Au terme de ces 4 h d'étuvage, les capsules sont sorties de l'étuve, et sont placées dans un dessiccateur durant 45 mn à 1 h pour refroidissement. Après quoi, les capsules (couvercle fermé) sont pesées et les données enregistrées simultanément sur la feuille de calcul Excel.

En ce qui concerne la détermination de la teneur en matière sèche des fientes, les barquettes sont sorties du congélateur, pesées, puis lyophilisées (48 h au minimum). A la sortie de celui-ci, elles sont de nouveau pesées puis broyées à l'aide d'un broyeur Robot coupe (broyage grossier). A la fin du broyage (environ 2mn), 5 g de broyat sont pesés dans une capsule et les capsules sont placées à l'étuve, cette fois-ci à 103°C durant 4 h. Après passage au dessiccateur (45 mn à 1 h) les capsules sont pesées. Une seule mesure est effectuée par échantillon de fientes. Le reste du broyat est pesé et mis dans un pot étiqueté (COQ 61, numéro de cage, code aliment) et envoyé au Laboratoire d'Analyses Biochimiques d'ARVALIS à Boigneville.

III.1.6-Analyses

Les échantillons de fientes et du maïs sec broyé réceptionnés au laboratoire ont été étiquetés puis broyés à l'aide d'un broyeur centrifuge (RETSCH ZM 1000, grille de diamètre 0,5 mm).

Ces échantillons ont été utilisés pour déterminer la teneur en matière sèche, l'énergie brute et la teneur en protéines des fientes et du maïs.

Pour la détermination de la teneur en matière sèche le procédé est identique à celui décrit précédemment. Toutefois, la vitesse (speed) du broyage était réglée sur 10 000 et le voyant (load control) maintenu au vert. Seuls les analyses des échantillons de maïs sec ou inerté ont été doublées.

Les analyses des composants chimiques des fientes, des maïs sec et inerté ont été effectuées selon les méthodes ci-dessous :

- **Teneur en protéines (MAT = NX6.25)** : méthode DUMAS, NF V18-120 mars 1997.
- **Teneur en amidon** : Elle est déterminée par la méthode polarimétrique Ewers (3^{ème} directive CEE 72/199 rectifiée par JOCE du 27 novembre 1980).
- **Teneur en parois insolubles dans l'eau** : méthode AFNOR V18-111 février 1989.
- **Teneur en sucres totaux** : Elle est mesurée selon la méthode de Loof-School (1^{ère} directive CEE 71/250 du 15 juin 1971).
- **Teneur en matière grasse** : Elle est mesurée selon la méthode NF V18-117 d'août 1997, procédé B (après hydrolyse), par extraction à l'éther de pétrole.
- **Teneur en matières minérales** : Elle est mesurée selon la méthode NF V18-101 d'octobre 1977.
- **Teneur en énergie brute** : Elle est déterminée à l'aide d'une bombe calorimétrique et d'un calorimètre isopéribole dynamique C2000.

III.1.7-Calculs

Les formules suivantes ont été utilisées pour calculer les valeurs des paramètres correspondants :

- **Teneur en matière sèche (MS) en %** = $(M1 / M0) \times 100$

M0 : masse en g de la prise d'essai

M1 : masse en g de la prise d'essai après séchage

- **Matière Azotée Totale (MAT)**

MAT = 6,25 X N

N : quantité d'azote

▪ **Coefficient de rétention de la matière sèche (CR MS)**

$$CR MS = (MSi - MSe) / MSi$$

Qa : quantité d'aliment sec ingérée

Qa : quantité de matière sèche excrétée

▪ **Energie Métabolisable Apparente (EMA)**

$$EMA = (EBi - EBe) / Qa$$

EBi: énergie brute ingérée

EBe: énergie brute excrétée

avec (EB = quantité de MS X la teneur en énergie brute soit de l'ingéré, soit de l'excrété)

Qa : quantité d'aliment ingérée

▪ **Energie Métabolisable à bilan azotée nul (EMAn)**

$$EMAn = EMA - 8,22 \times [(Qa \times Na) - (Qf \times Nf)] / Qa$$

Q et N sont respectivement les quantités et concentrations en azote de l'aliment (a) et des fientes (f).

III.2-RESULTATS

III.2.1- Caractéristiques chimiques des lots de maïs sec et inerté

La teneur en protéines du grain inerté (10,17 % MS) est supérieure de (0,18 %) à celle du grain sec (9,99 % MS). Mais, les teneurs du maïs grain sec en parois insolubles (10,07 vs 8,72 % MS respectivement), en sucres totaux (2,09 vs 0,66 % MS) et Amidon Ewers (73,16 vs 71.7 % MS) sont plus élevés que celles du maïs grain inerté. Toutefois, les teneurs en matières minérales (1,40 vs 1,34 % MS) et matière grasse obtenue après hydrolyse (4,97 vs 4,98 % MS) sont très proches pour le maïs grain inerté et grain sec. L'énergie brute contenue dans le maïs grain inerté (4 597 kcal/kg MS) est plus élevée que celle du grain sec (4 548 kcal /kg MS). Toutefois, cette différence n'est pas significative. Ces valeurs sont supérieures à celle citée par Sauvante et al, 2004 (4 463 kcal/kg MS) pour le maïs.

Par ailleurs, en moyenne la composition du maïs sec est proche des valeurs indiquées dans les tables INRA-AFZ 2004. Cependant, on observe des différences de composition chimique entre ces valeurs et celles du maïs inerté. Notamment, en matière azotée totale (9,43 vs 10,17 % MS), en parois insolubles (10,47 vs 8,72 % MS), en sucres totaux (1,91 vs 0,66 % MS), en amidon Ewers (74,18 vs 71.7 % MS). La baisse des teneurs en sucres totaux et en amidon est peut être due à un début de fermentation des grains humides. Par contre, les taux de matières minérales sont très proches (1,43 vs 1,40 % MS). Aussi, le taux de matières grasses (4,30 vs 4,97 % MS) est plus élevé pour le maïs inerté, mais cette différence s'explique principalement par la méthode de dosage de la matière grasse (sans hydrolyse dans les tables INRA AFZ et avec hydrolyse pour le maïs inerté).

La somme des critères (protéines + parois insolubles + amidon Ewers+ matières grasses + matières minérales) du maïs inerté (97,6 %) est inférieure à celles du maïs sec (101,6) et du maïs cité dans la table INRA AFZ 2004 (101,7 %), tableau 16.

Tableau 16 : Caractéristiques chimiques des maïs sec et inerté (%MS) Laboratoire ARVALIS

Maïs	sec	inerté	Maïs sec
Code usine	13 036	12 396	Table**
Code LABB	7 584		INRA-AFZ (2004)
Matière sèche	87,12	65,02	86,40
Matière azotée totale	9,99	10,17	9,43
Parois insolubles	10,07	8,72	10,47
Sucres totaux	2,09	0,66	1,91
Amidon Ewers	73,16	71,7	74,18
Matières minérales	1,34	1,40	1,43
Matière grasse	4,98	4,97	4,30
Energie brute	4 548	4597	4463
Somme *	101,6	97,6	101,7

(*) : MAT + amidon + MGh + MM + parois + sucres

(**): Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Sauvant *et al.*, 2004).

III.2.2-Consommation de matière sèche (MS) durant l'essai

Durant le bilan digestif, on observe une différence significative ($p < 0,05$) de consommation moyenne de MS par coq entre le maïs sec broyé (172,2 g) et les maïs inerté broyé (145,1 g).

La consommation moyenne de MS du maïs inerté entier (154,8 g) est intermédiaire et ne diffère pas significativement de celles du maïs broyé sec et du maïs inerté broyé.

La consommation de MS du maïs inerté broyé (MIB) reste en générale inférieure à celles des maïs inerté entier (MIE) et sec broyé (MSB) pendant toute la durée de l'essai sauf le troisième jour de l'adaptation où l'on observe une augmentation de la consommation du MIB.

Quant à la consommation de MS du MIE, elle est supérieure à celle du MSB le premier jour, puis reste inférieure à celle-ci le deuxième et le troisième jour. Puis, elle est la plus élevée le quatrième et le cinquième jour de l'adaptation. La consommation de MS par jour pendant cette période se situe entre 61,2 g MS et 73,1 g MS.

Par contre durant les deux jours de bilan la consommation de MS par jour augmente. Elle varie entre 73,1 g MS et 90,9 g MS. La consommation de MS du MSB est restée supérieure à celle du MIE, cette dernière elle-même supérieure à la consommation de MS du MIB.

Ce pic de consommation est plus élevé pour le MSB (90,8 gMS) que ceux du MIE (81,7 gMS) et du MIB (76,5 gMS), figure2.

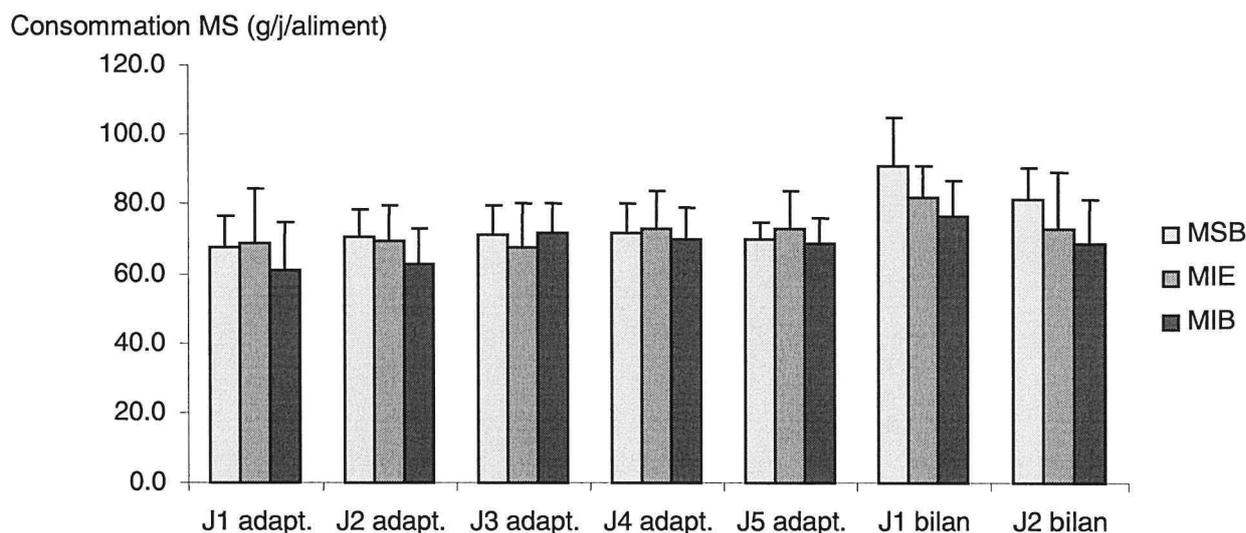


Figure2 : Consommation moyenne de la matière sèche par aliment chez le coq

III.2.3- Valeur alimentaire des maïs ou aliments

On observe une différence très hautement significative ($p < 0,001$) au niveau du coefficient de rétention de la matière sèche (CR MS) des maïs. Le CR MS du MSB (81,8 %) est plus élevé que ceux du MIE (79,7 %) et du MIB (78,6 %). Ainsi, la matière sèche du maïs sec broyé est mieux valorisée par le coq adulte que celle du maïs inerté. Mais, la matière sèche est plus retenue par le coq lorsque le maïs inerté est consommé en grains entiers.

Les valeurs énergétiques (EMAn) des maïs inerté entier ($3\,660 \pm 35$ kcal/kg MS) puis broyé ($3\,638 \pm 52$ kcal/kg MS), mesurées chez le coq, sont très proches. Mais, on observe une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre-elles et la valeur énergétique du maïs sec broyé ($3\,748 \pm 41$ kcal/kg MS). Il en est de même pour la digestibilité de l'énergie (EMAn/EB) (79,6 vs 79,1 vs 82,4 % respectivement pour les maïs : MSB, MIE et MIB). Ainsi, le maïs inerté broyé ou entier à la même valeur énergétique mesurée sur coq adulte. Il est aussi digestible chez le coq adulte quelle que soit sa présentation (entier ou broyé). Par contre, sa valeur énergétique est inférieure à celle du maïs sec broyé ($p < 0,001$). Il est aussi, moins digestible que celui-ci chez le coq adulte (tableau 17).

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Statview version 4.0.

Tableau 17 : Valeur alimentaire des maïs ou aliments chez le coq adulte

Maïs	Sec Broyé	Inerté Entier	Inerté Broyé	Probabilité	ETR
Aliment	A1	A2	A3		
CR MS (%)	81,8 a	79,7 b	78,6 c	<0,001	0,8
EMA (Kcal/kg MS)	3 768 a	3 666 b	3 639 b	<0,001	44
EMAn (kcal/kg MS)	3 748 a	3 660 b	3 638 b	<0,001	43
EMAn / EB (%)	82,4 a	79,6 b	79,1 b	<0,001	0,9

a-b-c = groupes homogènes du test de Newman et Keuls

ETR : écart type résiduel = (Carré moyen résiduel) $^{1/2}$

Niveau de significativité : $\alpha = 5\%$ (0,05)

IV-DISCUSSION

On observe une différence au niveau de certains critères de composition chimique entre le maïs sec et le maïs inerté. Le maïs sec a une teneur en matières azotées, sucres totaux et amidon plus élevées que le maïs humide, pour lequel seulement les parois insolubles sont plus élevées, ne compensant que en partie les écarts des autres fractions. Les baisses des teneurs en amidon et en sucres totaux sont peut être dues à un début de fermentation des grains inertés. Néanmoins, des nouvelles analyses seront réalisées pour tenter de comprendre les changements de produits.

En termes de consommation le maïs est bien accepté par les coqs, avec toutefois des différences dans le sens : sec broyé > inerté entier > inerté broyé. Seulement les deux extrêmes sont significativement ($p < 0,05$) différents. Nous pouvons donc penser que l'inertage a un effet sur la consommation d'aliment (odeur, goût ??) mais que cet effet négatif est « réduit » par la présentation en grains (meilleur préhensibilité, préférence ...) qui aurait motivé les animaux à manger plus.

Les coqs du traitement maïs inerté broyé ont sous consommé l'aliment les deux premiers jours. Une présentation à laquelle ils n'avaient jamais été confrontés (farine humide) pourrait être l'explication. On observe un pic de consommation le troisième jour qui laisse penser à une consommation compensatrice. Les coqs du traitement maïs inerté entier, par contre, ont bien consommé depuis le premier jour d'essai, mais il faut dire que les coqs ont été soumis à une phase de transition alimentaire (75 % MIE + 25 % d'aliment farineux habituel pendant 5 jours) avant le début de l'essai.

Le coefficient de rétention de la matière sèche (CR MS) du maïs inerté entier est supérieur (significativement) à celui du maïs inerté broyé, mais la différence n'est que d'un point. Mais, la matière sèche du maïs sec broyé est mieux valorisée par le coq (2 à 3 points) que celle du maïs inerté, quelque soit son mode de présentation.

Le mode de conservation (inertage ou séchage) du maïs et la forme de présentation du maïs inerté (entier ou broyé) ont donc un effet sur le coefficient de rétention de la matière sèche chez le coq.

La valeur énergétique du maïs inerté ne diffère pas significativement en fonction de sa présentation, entier ou broyé chez le coq adulte. Toutefois, il apparaît une différence hautement significative ($p < 0,001$) par rapport au maïs sec broyé, avec un avantage d'environ 100 kcal pour ce dernier. Ce résultat diffère de celui observé par BARRIER-GUILLOT et METAYER (1997) pour qui, le mode de conservation du maïs grain entier (sec ou humide) n'a pas d'effet sur sa valeur énergétique, mesurée chez le coq adulte. La différence de résultat serait due à la forme de présentation du maïs sec. La ration des coqs était constituée de maïs pur à 100 % lors des deux essais.

Cependant, BARRIER-GUILLOT *et al.* ont utilisé du maïs sec grain entier tandis que nous avons utilisé le maïs sec broyé comme témoin. En outre, la durée de la transition retenue par ceux-ci était de 3 semaines contre 5 jours durant notre essai. Aussi, ils ont augmenté la part du maïs entier inerté de 25, 50 et 100 % respectivement pendant la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} semaine de la transition alimentaire. Tandis que nous avons utilisé 75 % de maïs inerté entier durant les 5 jours de la transition alimentaire. Toutefois, les valeurs énergétiques du maïs inerté mesurées dans les deux essais sont proches (3 682 vs 3 660 kcal/kg MS).

Ces valeurs sont, néanmoins, inférieures à celles obtenues par ITCF-AGPM (1988) avec du maïs inerté à 28 % (3 741 kcal/kg MS) et 38 % (3 740 kcal/kg MS) chez le poulet de chair nourri avec un mélange de maïs grain entier inerté et son complémentaire. BARRIER-GUILLOT *et al.* (1997) ont observé une différence de -60 kcal/kg MS en faveur du poulet. Ce résultat qu'ils estiment surprenant serait dû aux différences de méthodologies. Les poulets ont reçu, en effet, le maïs inerté entier avec un complémentaire tandis que les coqs ont été nourris avec une ration à 100 % de maïs inerté entier. La forme de présentation du maïs inerté (entier ou broyé) n'a pas d'effet sur sa digestibilité de l'énergie chez le coq, car il n'apparaît pas de différence significative ($p < 0,001$) entre la digestibilité de l'énergie du maïs inerté entier et celle du maïs inerté broyé. Par contre la forme de conservation aurait des effets, vu les résultats de cet essai, le maïs sec broyé a ainsi, une énergie plus digestible chez le coq que celle du maïs inerté.

En définitive, il n'apparaît pas de différence significative, au niveau de la valeur alimentaire, entre le maïs inerté entier et le maïs inerté broyé, à l'exception du coefficient de rétention de la matière sèche chez le coq. Cependant, la valeur alimentaire du maïs inerté (entier ou broyé) est inférieure à celle du maïs sec broyé chez le coq. Les différences de composition chimique observées entre le maïs sec et les maïs humides peuvent être, au moins en partie, à l'origine de ces différences.

Dans la pratique, certains essais (AGPM, 2000 a) montrent que l'utilisation de maïs humide dans l'alimentation du poulet de chair élevé pendant 12 semaines conduit à une baisse de performances zootechniques. Mais, cette chute s'explique par l'accumulation dans les mangeoires de cet aliment dont l'humidité est relativement élevée, ce qui pose des problèmes d'échauffement ou de colmatage. Les chaînes de distribution doivent donc être adaptées. En outre Martijn et Joop (2005), pensent que nourrir les poulets de chair avec du maïs humide broyé grossièrement stimule l'appétit puis la santé des poulets: « l'acidité de l'ensilage a un impact positif sur la santé des poulets. Bien que je ne puisse le prouver, j'en ai la ferme conviction depuis (2000) toutes les années que nous l'utilisons ». L'éleveur estime que cette acidité joue sur le pH du tube digestif. De ce fait les bactéries *Escherichia coli* et *Salmonella* auraient du mal à s'y développer. Ils constatent, aussi, que la litière est plus sèche et que les souches de poulets n'ont pas le même comportement vis-à-vis de l'ensilage : « certaines souches « d'élite » obtiennent de meilleurs résultats avec un programme alimentaire plus strict.

Par contre, si la recherche du profit est privilégié chez les SALOMONS, le père a cependant fait l'expérience suivante : « si les grains de maïs secs peuvent modifier la couleur des carcasses, le maïs humide n'a pas d'influence sur la coloration, mais la structure et le goût de la viande sont modifiés».

Au total, ces résultats (essais ITCF-AGPM, AGPM condition station et l'expérience néerlandaise, condition terrain) sont obtenus chez le poulet pour les uns avec du maïs humide et son complémentaire, et pour les autres avec du maïs humide broyé grossièrement, du blé et d'un complémentaire protéique. Les divergences sont donc dues soit aux souches de poulets utilisées, soit à la technique de conservation (inertage, ensilage) ou au broyage (grains broyés finement ou grossièrement) puis au mode de distribution de l'aliment humide.

CONCLUSION

La valeur alimentaire du maïs inerté chez le coq, excepté le coefficient de la rétention de la matière sèche, ne diffère pas significativement en fonction de sa présentation (entier ou broyé). Cependant, elle est inférieure à la valeur alimentaire du maïs sec broyé.

Des différences sur sa composition chimique pourraient expliquer sa valeur énergétique inférieure. Toutefois, le maïs grain humide convient bien au régime alimentaire (grains entiers ou pâtée) des palmipèdes, en particuliers des canards.

L'utilisation du maïs grain humide est donc une technique faisable, qui paraît convenir à un certain profil de producteurs. Elle demande néanmoins une certaine technicité pour la conservation du grain mais aussi pour trouver l'équilibre nutritionnel et pour une distribution de l'aliment bien réussie.

BIBLIOGRAPHIE

(1) : <http://presvertsmb.com/agriculture/mais.htm> [consulté le 08 juin 2005]

(2) : <http://www.agpm.com> [consulté le 15 juin 2005]

(3) : <http://www.agri-web.fr> [consulté le 07 juin 2005]

(4) : <http://faostat.fao.org/faostat/> [consulté le 05 août 2005]

AGPM, sd. Essai MONTARDON POULET 60 (communication interne AGPM-service utilisations animales), 1p.

AGPM, 1988. Expérimentation AGPM / Poules Pondeuses- Maïs humide (communication interne AGPM-service utilisations animales), 1p.

AGPM INRA, 1988. Essai MONTARDON POULET 60 (communication interne AGPM-service utilisations animales), 1p.

AGPM, 1995 : Qualité et débouchés du maïs (Résumé Colloque) février 1995.

AGPM, 2000 a : Production et utilisation du maïs humide à la ferme (Guide AGPM), 48p.

AGPM, 2000 b : Elevage et gavage des canards mulards ; Recueil technique. Les dossiers AGPM. Mars 2000, 24p.

AGPM-GIE, 2002. Un nouvel aliment pour les bovins : Le Maïs Grain Humide Entier inerté (Fiche technique, maiz'EUROP[®]). Editeur : AGPM.

BARLOY J., FROMAGEOT D., HAUT R., sd : Le maïs, utilisation animale fermière (Brochure CdF chimie), 53p. Editeur : CdF chimie.

BARRIER GUILLOT B., METAYER J.P., 1997. Valeur alimentaire du blé et du maïs en graines entières chez le poulet de chair et le coq adulte (compte rendu d'essai ITCF), 14p.

BARRIER-GUILLOT B., METAYER J.P., BOUVAREL I., CASTAING J., PICARD M., ZWICK J. L., 1997. Journées Recherche Avicole Tours en France, **2**, 37-40.

BARRIER-GUILLOT B., METAYER J. P., ROFFIDAL L., 2001. Journées Recherche Avicole Nantes en France, **4**, 205-208.

BENETRIX F., CASTAING J., 1998. Journées Recherche Palmipèdes à Foies gras en France, **3**, 103-106.

CARRE B, 2000. Effet de la taille des particules alimentaires sur les processus digestifs chez les oiseaux d'élevage. INRA Prod. Anim., 2000, 13 (2), 131-136.

CASTAING J, COUDURE R., GROSJEAN F., 1988. Journées Recherche Porcine en France, **20**, 391-395.

CASTAING J, COUDURE R., 1991. Journées Recherche Porcine en France, **23**, 41-48.

CAZAUX, 2005 a. CD-ROM (ADAESO): Maïs humide.

CAZAUX, 2005 b. Communication Personnelle [le 11 août 2005]

DAHLKE F., RIBEIRO AML, KESSLER AM, LIMA AR, MAIORKA A , 2002. Effects of Corn Particle Size and Physical Form of the Diet on the gastrointestinal structures of Broiler Chickens. Brazilian Journal of Poultry Science 2003, 5 : 61-67.

INRA, 1971. Annales de Zootechnie. Vol 20 hors-série, 714p.

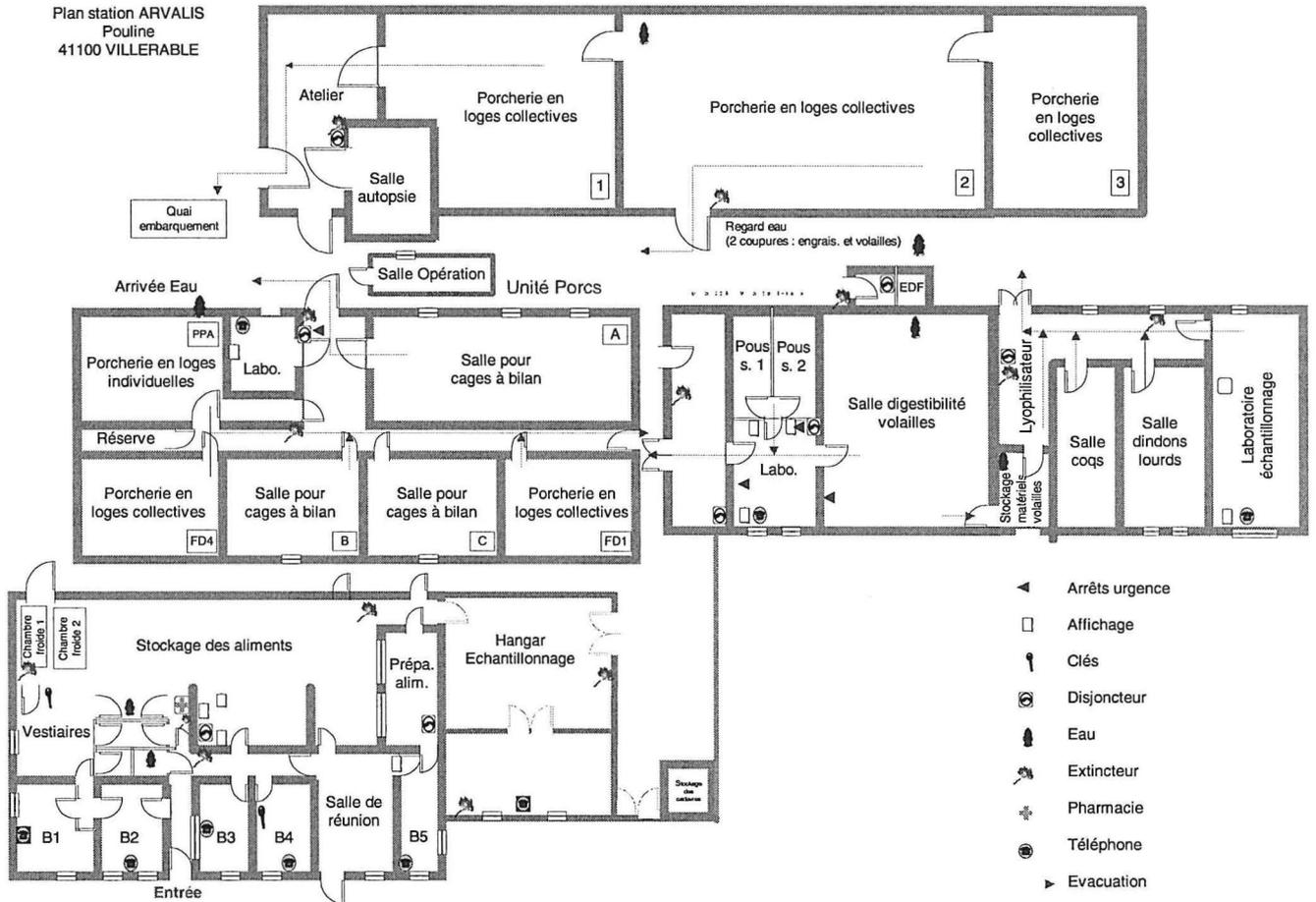
- ITCF-AGPM, 1987. Essai MONTARDON POULET 57 (communication interne AGPM-service utilisations animales), 1p.
- ITCF-AGPM, 1988. Essai MONTARDON POULET 58 (communication interne AGPM-service utilisations animales), 1p.
- LEESON S., SUMMERS J.D., 1976. Effect of adverse growing conditions on corn maturity and feeding value for poultry. *British Poultry Science*, 55, 588-593.
- LESSIRE M., 1985. 1^{ère} conférence avicole, Groupe Français WPSA, 18 octobre, 26-36.
- LG Nutrition Animale, sd : La valorisation du maïs grain chez les porcs (Les guides LG), 18p.
- POILVET D., 2003 : Faut-il utiliser un conservateur pour du maïs inerté ? in *REUSSIR PORCS*, n°97 septembre 2003, 122-126.
- PORC MAGAZINE, 1999 n°325, septembre 1999 : 124-129.
- Réussir Aviculture, 2005 n°105, avril 2005 : 26-27
- ROBIN N., LARROUDE P., COUDURE R., CAMBEILH D., SKIBA F., 2003. Apports de maïs humide inerté à des canards mulards en croissance (compte rendu d'essai ADAESO-ARVALIS Institut du végétal), 4p.
- ROBIN N., LARROUDE P., COUDURE R., CAMBEILH D., SKIBA F., 2004. Comparaison de différents modes de conservation du maïs pour le gavage à la pâtée des canards mulards (compte rendu d'essai ADAESO6ARVALIS Institut du végétal), 4p.

Annexe1 : Plan de la station expérimentale d'ARVALIS à Pouline (Villérable 41).

26/09/05

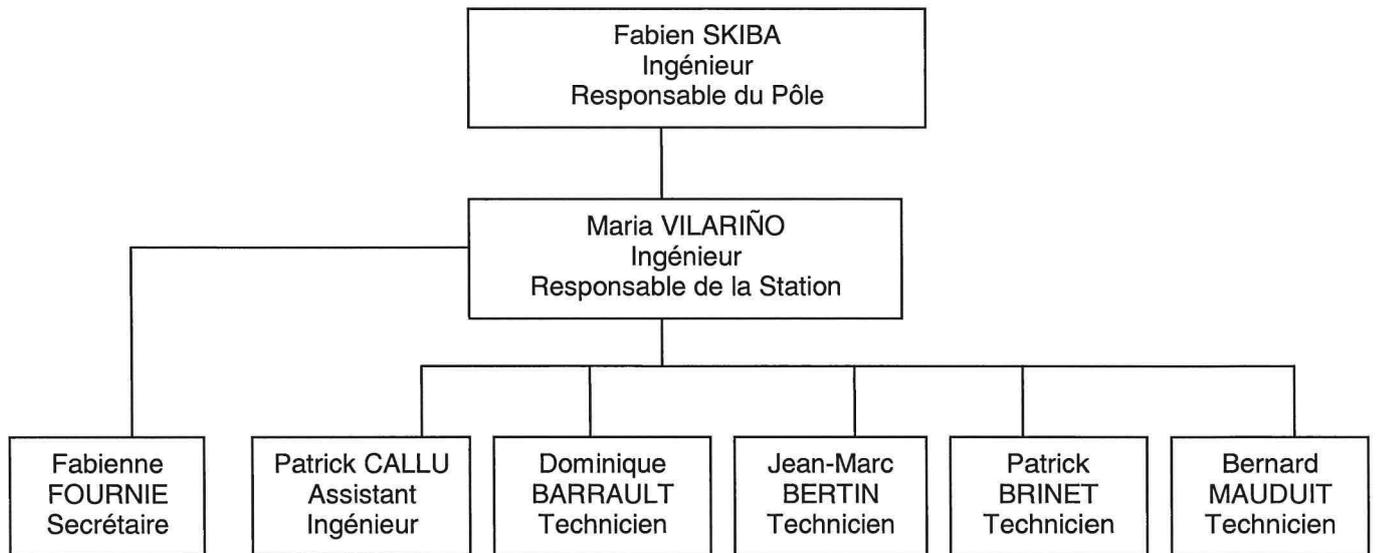


Plan station ARVALIS
Pouline
41100 VILLERABLE



Source : ARVALIS – Institut du végétal (2005).

Annexe2 : Organigramme de la station expérimentale d'ARVALIS à Pouline (Villérable 41)



Source : ARVALIS – Institut du végétal (2005).

Annexe3 : Superficie, Production et Rendement du maïs en 2004 par région en France.

Tableau 18 : Superficie, production et rendement du maïs français en 2004

Régions	Maïs Superficie cultivée (ha)	Maïs Production (T)	Rendement (q/ha)
11 ILE DE FRANCE	37 808	352 811	93,31
21 CHAMPAGNE-ARDENNE	50 500	480 500	95,14
22 PICARDIE	45 500	432 600	95,07
23 HAUTE NORMANDIE	10 500	88 100	83,9
24 CENTRE	147 130	1 409 993	95,83
25 BASSE-NORMANDIE	17 700	150 690	85,13
26 BOURGOGNE	52 500	502.170	95,65
31 NORD-PAS-DE-CALAIS	13 000	124 900	96,07
41 LORRAINE	16 200	143 300	88,45
42 ALSACE	137 950	1 421 698	103,05
43 FRANCHE-COMTE	31 300	305 235	97,51
PAYS DE LA LOIRE	155 980	1 247 770	79,99
53 BRETAGNE	138 200	1 151 340	83,3
54 POITOU-CHARENTES	197 370	1 814 426	91,93
72 AQUITAINE	367 500	3 257 450	88,63
73 MIDI-PYRENEES	215 082	1 742 508	81,01
74 LIMOUSIN	5 400	51 050	94,53
82 RHONE-ALPES	135 650	1 283 420	94,61
83 AUVERGNE	37 485	341 532	91,11
91 LANGUEDOC-ROUSSILLON	4 930	29 040	58,9
93 PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	6 042	51 326	84,94
94 CORSE	950	9 500	100

Source : Agreste -Statistique Agricole Annuelle

Annexe4 : Descriptif de l'essai de digestibilité chez le coq adulte (COQ 61).

Tableau 19 : Descriptif de l'essai de digestibilité chez le coq adulte

LIEU - DATE	COQ61 - Action 22 R 47 Pouline du 06/06/2005 au 17/06/2005
BATIMENT Type de cage Température de consigne Eclairage	Coq adulte 20°C ± 2°C 12h de lumière et 12h d'obscurité
ALIMENTS Finesse de broyage. Présentation Quantité aliment livrée	Ø 6 mm Grains entiers et grains broyés Maïs inerté = 100 kg, maïs sec = 15 kg
ANIMAUX Type génétique. Sexe	ISABROWN Mâles
DISPOSITIF EXPERIMENTAL Nombre d'animaux . Par cage . Par bloc . Nombre de blocs	30 1 3 10
CONDUITE EXPERIMENTALE Alimentation . Adaptation Alimentation bilan . Poids curver . Jeûne . Alimentation . Jeûne Collecte fientes . Nombre de jours . Fréquence . Séchage . Echantillonnage Mesures effectuées . Sur animaux quantité excrétée quantité ingérée . Sur aliments matière sèche Critères étudiés	Ensemble des coqs : mélange progressif des graines entières (75 %) avec l'aliment transition (25 %) pendant 4 jours puis aliment expérimental pur pendant 6 jours (10 coqs par traitement) 300 g Du lundi 9h au mardi 9h A volonté - distribution fréquente en quantités modérées Du jeudi 9h au vendredi 9h 3 Mercredi – jeudi - vendredi (9h) Lyophilisation totalité fientes puis étuve Chopin 5 g 4h à 103°C Par cage Par cage après la dernière collecte Par cage après pesée des refus : jeudi à 9h A la pesée des barquettes, étuve Chopin 4h à 103°C Sur la totalité des refus par cage 100°C 24h EMA, EMAn

Source : ARVALIS – Institut du végétal (2005).