

# Biotransformation des déchets de volailles et essai de valorisation dans l'industrie de l'alimentation animale

Mounaïm-Halim El Jalil<sup>1, 2</sup>  
 Mohamed Faïd<sup>2</sup>  
 Mohamed Elyachioui<sup>3</sup>

<sup>1</sup> École nationale d'architecture,  
 Section Écotoxicologie et environnement,  
 BP 6372,  
 Rabat-Instituts,  
 Maroc  
 <mounaim\_halim@hotmail.com>

<sup>2</sup> Département des industries  
 agro-alimentaires,  
 Institut agronomique et vétérinaire Hassan II,  
 BP 6202,  
 Rabat-Instituts,  
 Maroc

<sup>3</sup> Laboratoire de microbiologie et  
 biotechnologie,  
 Faculté des sciences,  
 BP 133,  
 Kénitra,  
 Maroc

## Résumé

Les déchets de volailles (fientes : excréta et litière) ont été fermentés par des cultures pures de *Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus acidilactici*. Le produit, avant et après fermentation, a subi des analyses chimiques et microbiologiques. Cette fermentation a permis de baisser le pH du produit à 4,0. L'azote volatil total (ammoniac) disparaît complètement au cours de la fermentation et le taux de protéines (azote total) est conservé dans le produit final 22,9 contre 24,6 %. Les populations microbiennes indésirables ont subi une grande réduction par les processus de fermentation : les entérobactéries, les entérocoques, les staphylocoques et les clostridium se trouvent chacun à des niveaux inférieurs à 10 ufc/g. Les fientes traitées ont été utilisées ensuite pour substituer les sources de protéines dans la formule alimentaire de trois lots de 16 poulettes chacun. Trois formules sont préparées à 0 % (témoin), 20 % et 40 % de fientes transformées. Nous avons suivi les prises alimentaires et les taux de ponte des animaux pendant quatre semaines. Les résultats indiquent que l'incorporation de l'ensilage biologique des fientes jusqu'à un taux de 40 % a permis d'obtenir des performances de ponte comparables à la formule conventionnelle.

*Mots clés* : Alimentation animale ; Élevage ; Traitement des déchets.

## Summary

### A biotechnological process for the recycling of poultry waste manure and its use in the animal feeding industry

The poultry waste manure (litter and excreta) are generally applied to the soil as a fertilizer. This final step in the poultry farming management strategy entails a big risk for the environment due to the nutrients and microorganisms contained in high concentrations in these waste materials. The biopreservation and biotransformation processes are currently the only safe and economical means of recycling these highly contaminated wastes. These processes will allow the recovery of a good constituent with an added value by the least expensive means and, at the same time, the protection of the environment by avoiding the accumulation of very polluting solid wastes. Many studies have been achieved on the poultry manure silage technology. Numerous researchers have reported the use of biomethanization and composting to transform these materials. However, none of these methods used a microbial controlled fermentation by acid-producing microorganisms (pure culture of lactic acid bacteria) to ferment these wastes. In the present study, we explored the possibility of using fermented poultry manure as an ingredient for animal feeding. For this purpose, fresh poultry waste manure (FVF) were humidified by adding the same amount of water 50-50 (w/w). They were then mixed with 10% cane molasses and well homogenised. The pH was adjusted to 6.5 by adding a 10% sulfuric acid solution. The crude prepared mixture (MIF) was inoculated with a starter culture of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici* and incubated at 30 °C for 7-10 days. Microbiological analyses were performed before and after the fermentation period. Concurrently, changes in nutritional quality and biochemical properties were determined for the crude and the fermented poultry manure (MFF) product. Results indicated that the wastes were highly contaminated with hazardous microorganisms. Enterobacteria counts attained  $3.10^7$  cfu/g. Enterococci counts were also high and reached  $4.10^7$  cfu/g, whereas the standard plate count varied between  $8.10^7$  and  $4.10^9$  cfu/g and *Clostridium* levels were around 200 cfu/g. All these microbial populations were totally reduced by the fermenta-

tion process (< 10 cfu/g). Results showed a steady decrease of the pH (4.0 vs 6.5), and the growth curve of the starter culture (lactic acid bacteria) showed that the fermentation process was successful. The total nitrogen was conserved (crude proteins: 22,9 vs 24,6%) and the total volatile nitrogen (ammoniac) entirely disappeared (0%) in the transformed poultry wastes. The non protein nitrogen level increased from 0.16 to 0.36 of the total nitrogen. The fermented product (poultry manure silage) was used for substituting some protein sources in a conventional commercial formula used in laying feeding. Two formulae (F20 and F40) containing respectively 20 and 40% of the product obtained were compared to the control feed (FT: 0%) in laying feeding of three lots of 16 hens each. The food consumption and laying performances were observed for 30 days. The nutritional characterization of the final feed formulae was reported in a table. The high contents in proteins and minerals would make the fermented poultry wastes suitable for supplying other animal feeds with these components and the use of the ingredient as a source of proteins and minerals would be more interesting than the use of other materials. Results of the nutritional test indicated that the incorporation of the poultry manure silage at a rate of up to 40% along with the elimination of Premix and the relative replacement of corn by bran, resulted in laying performances similar to those obtained with the conventional formula. These results altogether show that it is possible to transform poultry waste manure in the lactic controlled fermentation and that the product obtained constitutes a precious component with an added value fit for animal feeding.

*Key words:* Animal feeding; Animal husbandry; Waste processing.

Les déchets de volailles (litières et excreta) issus de l'intensification et de la concentration des élevages de volailles au Maroc et dans le monde sont actuellement à l'ordre du jour des études concernant l'environnement du secteur industriel avicole [1-3]. L'épandage en champ reste la meilleure forme de valorisation de ces déchets riches en matière organique et en éléments fertilisants. Aussi, plusieurs auteurs ont étudié la faisabilité et les limites de l'utilisation des fientes non traitées ou préalablement traitées (par voie physique, chimique ou biologique) dans l'alimentation des ruminants [2-5]. Au Maroc et pendant les périodes de sécheresse, l'utilisation des fientes de volailles fraîches dans l'alimentation des bovins et des ovins est grandissante. Certains chercheurs évoquent les problèmes environnementaux et sanitaires que peut provoquer l'utilisation de ces déchets à cause de l'accumulation excessive de microbes, de minéraux, d'oligo-éléments, de produits vétérinaires ou de pesticides dans ces matériaux [2-4]. La valorisation des fientes de volaille pour usage agricole doit pallier deux problèmes majeurs : l'élimination de polluants et l'obtention soit de produits fertilisants de haute qualité soit d'ingrédients riches en nutriments pour l'alimentation animale. Les procédés reposant sur la biostabilisation ou la transformation biologique sont actuellement les seuls moyens sûrs, simples et économiques pour recycler les

déchets hautement contaminés. Ces procédés permettent la récupération d'une bonne composante à valeur ajoutée (biomasse) par les moyens les moins coûteux et en même temps la sauvegarde de la nature en évitant de la surcharger en déchets solides dangereux et très polluants [3, 6, 7]. De nombreux travaux de recherche ont été réalisés sur les technologies de traitement des fientes. Ainsi, l'acidification par l'acide acétique ou l'acide propionique, ou le mélange des deux, ou le formol, a été utilisée pour la destruction de la flore pathogène de ces matériaux [4, 5]. D'autres travaux ont été réalisés sur la biométhanisation et le compostage [2, 3, 8, 9] du fumier de volaille. Cependant, aucune de ces méthodes n'a utilisé de fermentation biologique contrôlée par des cultures pures de souches de bactéries lactiques.

Dans ce travail nous avons étudié la possibilité de traiter et de transformer les fientes de volailles par un procédé biotechnologique et leur valorisation comme ingrédient dans l'alimentation de poules pondeuses.

## Matériel et méthode

### Essai de biotransformation

#### Préparation du mélange de fermentation et inoculation

Les fientes de volailles fraîches (FVF) sont récupérées des élevages de la poule pondeuse en sol. Les fientes sont d'abord hydratées (le poids des fientes reçoit un poids égal d'eau). L'hydratation de ces déchets facilitée par la suite l'homogénéisation du mélange préparé pour conduire une fermentation biologique dans un système semi-solide [3, 6, 7]. Les fientes humidifiées sont mélangées avec 10 % de mélasse utilisée comme source de carbone pour favoriser la croissance de l'inoculum dans le système de fermentation. Le mélange est acidifié à pH 6,5 par une solution d'acide sulfurique à 10 %. Le mélange est inoculé par des cultures pures de souches de *Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus acidilactici* à raison de 3 %. Nous avons acidifié le mélange de fermentation en vue d'arrêter le développement de la flore indésirable et de diminuer ainsi la compétitivité pour la source de carbone avec l'inoculum. Cette acidification chimique préliminaire favorise la réalisation de l'acidification biologique dans le système semi-solide (mélange initial de fermentation - MIF). Les essais inoculés sont ensuite incubés à 30 °C pendant 7 à 10 jours. Des quantités de 60 kg

sont préparées pour pouvoir nourrir des poulettes pendant 4 à 5 semaines.

### Préparation de l'inoculum

Les souches de *Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus acidilactici* de la collection du Laboratoire de microbiologie alimentaire et biotechnologie (Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat) ont été cultivées sur bouillon MRS (DeMan, Rogosa et Sharpe). Après 48 heures d'incubation à 30 °C, le bouillon est centrifugé pour concentrer la biomasse microbienne utilisée comme inoculum du mélange.

### Essai d'alimentation

Le travail sur le test *in vivo* permettant d'évaluer la faisabilité et les limites de la méthode vise à s'assurer de la qualité hygiénique (toxicologie) et alimentaire (nutrition) des fientes traitées incorporées dans l'alimentation d'animaux fragiles et exigeants comme dans le cas de l'élevage de poudeuses.

### Préparation des formulations

À partir d'une formule alimentaire conventionnelle FT (témoin), nous avons préparé deux formules, F20 et F40 respectivement à 20 % et 40 % d'ensilage biologique de fientes, en substituant la farine de poisson par le produit obtenu, en remplaçant une quantité de maïs par le son et en éliminant le Premix. Nous avons donc mélangé le son avec les fientes fermentées (à la place d'une quantité de maïs) car le son absorbe l'humidité et favorise l'évaporation de l'eau. La composition en ingrédients des trois traitements alimentaires est rapportée dans le *tableau 1*.

### Essai expérimental

L'essai expérimental est réalisé dans un bâtiment à ventilation statique. Les cages sont séparées. Les poulettes âgées de 19 semaines, de souche commerciale « Hisex Brown », sont réparties en 3 lots homogènes de poids à raison de 16 animaux par lot. Le chauffage, l'éclairage et le traitement de vaccination sont effectués suivant les normes classiques. Les animaux sont nourris et abreuvés à volonté. Pendant la phase d'adaptation (2 semaines), les poulettes ont reçu la même formule standard FT. À l'issue de cette phase, les trois groupes de poulettes reçoivent successivement les formules FT, F20 et F40 pendant quatre semaines. Les paramètres étudiés chaque semaine sont la prise alimentaire, le gain de poids, le

**Tableau 1. Composition (en %) des trois formules alimentaires.**

Table 1. Composition (in %) of laying diet feeds.

Ingrédients (en % du produit)	FT	F20	F40
Maïs	63,42	38,00	20,50
Son	0,00	10,00	10,00
Tourteau de soja	13,13	13,13	13,13
Tourteau de tournesol	8,00	8,00	8,00
Farine de poisson	5,00	2,50	0,00
Méthionine	0,04	0,00	0,00
Bicarbonate de calcium	7,95	7,95	7,95
Phosphate bicalcique	1,10	0,00	0,00
Sel	0,33	0,33	0,33
Premix	1,00	0,00	0,00
Ensilage de fientes	0,00	20,00	40,00

taux de ponte et le poids moyen d'œuf. La période d'adaptation et la période expérimentale se déroulent comme illustré dans l'*encadré* ci-dessous.

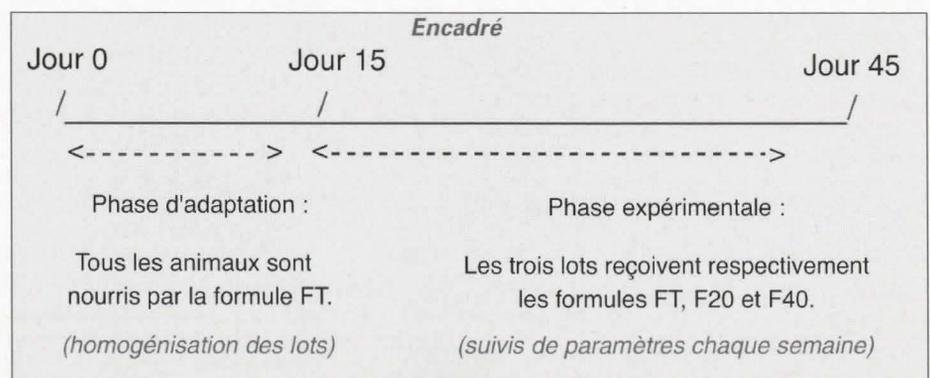
### Analyses microbiologiques

La flore mésophile aérobie totale (FMAT) est énumérée sur PCA (*Plate Count Agar*), après incubation à 30 °C pendant 2 à 3 jours. La numération des entérobactéries est réalisée sur DCL (*Desoxycholate Citrate Lactose Agar*), après incubation à 37 °C pendant 24 heures. Les entérocoques sont dénombrés par la méthode du nombre le plus probable (NPP), sur milieu liquide, en utilisant trois tubes par dilution, les cultures sont effectuées sur milieu *Azide Dextrose Broth* et transférées sur milieu *Azide Ethyl Dextrose Broth*, après incubation à 37 °C pendant 24 heures. La recherche des salmonelles a été effectuée sur milieu SS (*Salmonella-Shigella*), après incubation à 37 °C pendant 24 heures. L'identification des isolats caractéristiques est réalisée par la galerie API 20E (BioMérieux). Les spores de

*Clostridium* ont été dénombrées sur RCA (*Reinforced Clostridium Agar*): l'échantillon est chauffé à 80 °C pendant 10 min en vue d'activer les spores, l'incubation à 44 °C pendant 24 heures. La numération des staphylocoques est effectuée sur milieu Chapman après incubation à 37 °C pendant 24 heures. Les levures sont dénombrées sur milieu PDA (*Potato Dextrose Agar*), acidifié à pH 3,5 par de l'acide lactique stérile, après incubation à 30 °C pendant 72 heures.

### Analyses chimiques

Le pH est déterminé par un pH-mètre type Crison Micro-pH 2000. L'azote total N (protéines brutes = azote total × 6,25) est déterminé par la méthode de Kjeldahl [10]. L'azote non protéique (NNP) est déterminé par la même méthode sur le produit brut après précipitation par l'acide trichloroacétique à 10 %. L'azote basique volatil total (ABVT : azote ammoniacal) est déterminé par la méthode de Conway sur le produit brut [11]. La matière grasse est déterminée par la mé-



thode du Soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant. Le dosage des sucres totaux est effectué par la méthode de phénol et acide sulfurique. La matière sèche est déterminée par séchage de 10 g d'échantillon mis à 105 °C pendant 24 heures. La matière minérale totale est déterminée, par calcination d'une masse exactement pesée de l'échantillon à analyser, dans un four à moufle à une température de 550 °C pendant 24 heures. Le dosage du calcium est fait par absorption atomique (Afnor V18-108) et le phosphore par spectrophotométrie (Afnor V18-106).

### Traitements statistiques

L'analyse des résultats est réalisée par le logiciel SAS - procédure GLM type III - pour les analyses de la variance et de la covariance. La comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Duncan au seuil 0,05.

## Résultats et discussion

### pH et microflores

Les analyses microbiologiques et physico-chimiques réalisées sur les fientes de volailles avant et après transformation sont résumées dans les *tableaux 2 et 3*. On note une diminution du pH à 4,0 dans le produit final. Cette diminution du pH dans le système de fermentation semi-solide est l'un des facteurs importants pour la stabilisation et la transformation des déchets riches en matière organique putrescible [6, 7, 12]. La diminution du pH est étroitement liée à la croissance des bactéries lactiques. Cette propriété est recherchée dans le cas de la biotransformation [6, 7]. L'abondance des microflores d'intérêt hygiénique représentée par la FMAT, les entérobactéries et les entérocoques subit une grande réduction. Les analyses montrent une disparition quasi totale des groupes de bactéries présumées pathogènes ou toxigènes, notamment les staphylocoques et les clostridies qui se trouvent à des taux inférieurs à 10 ufc/g dans le produit obtenu. Les fientes de volailles n'ont montré aucune existence de souches de salmonelles ni avant ni après fermentation.

### Chimie

Les analyses chimiques des fientes au début et à la fin de la fermentation

**Tableau 2. Microflores (en ufc/g) des fientes de volailles avant et après fermentation.**

Table 2. Microbial profiles (in cfu/g) of the raw and fermented poultry wastes manure.

Microflore (en ufc/g)	FVF	MIF	MFF
FMAT	410 <sup>8</sup>	410 <sup>8</sup>	310 <sup>4</sup>
Entérobactéries	310 <sup>7</sup>	310 <sup>7</sup>	< 10
Entérocoques	410 <sup>7</sup>	410 <sup>7</sup>	< 10
Staphylocoques	710 <sup>5</sup>	710 <sup>5</sup>	< 10
Salmonelles	Absent	Absent	Absent
Clostridies	310 <sup>2</sup>	210 <sup>2</sup>	< 2
Bactéries lactiques	410 <sup>4</sup>	210 <sup>6</sup>	410 <sup>9</sup>
Levures	10 <sup>2</sup>	410 <sup>2</sup>	510 <sup>6</sup>

FVF : fientes de volailles fraîches ; MIF : mélange initial de fermentation des fientes ; MFF : mélange de fientes fermentées ; FMAT : flore mésophile aérobie totale.

(*tableau 3*) montrent un taux important de protéines (24,6 %) conservé dans le produit obtenu (22,9 %). Ces déchets contiennent également 20,1 % de minéraux qu'on retrouve dans le produit après fermentation. Ils sont aussi riches en cellulose brute (13 % contre 15 %) qui subit une légère diminution due éventuellement à une action cellulolytique d'origine bactérienne. Le taux d'azote volatil total est élevé dans les fientes de volailles fraîches (FVF) puisqu'il représente 5,40 % de l'azote total, et le pH est de l'ordre de 8,8. Dans le mélange initial de fermentation (MIF), le pH est réduit à une valeur de 6,5 par acidification chimique pour faciliter le processus de fermentation acido-lactique. Le pH légèrement basique

des fientes peut compliquer le recyclage éventuel de ces déchets par voie biologique et causer une perte de biomasse récupérable, notamment l'azote [6, 7]. En effet, les fientes sont des matériaux susceptibles aux réactions de dégradation permanente (taux élevé de flore d'altération) aboutissant à la formation de composés basiques provenant du métabolisme azoté, notamment l'ammoniac très connu dans les fientes [2, 4, 5]. L'azote ammoniacal disparaît complètement dans le produit final. Ce phénomène de disparition est intéressant et témoigne d'un processus de désodorisation. Cela est probablement dû à l'inhibition et/ou à l'élimination de la flore d'altération dans les fientes traitées (biostabilisation) qui se

**Tableau 3. Composition chimique des fientes de volailles avant et après fermentation.**

Table 3. Chemical composition of the raw and transformed poultry waste manure.

Indice chimique (en % de MS)	FVF	MIF	MFF
pH	8,8	6,50	4,00
Matière sèche (MS)	79,30	46,81	45,50
Matières minérales	23,05	20,10	20,20
Protéines brutes (azote total x 6,25)	27,67	24,60	22,90
Azote non protéique (en % d'azote total dans le PB)	0,19	0,15	0,36
Azote volatil total (en % d'azote total dans le PB)	5,40	4,90	0,00
Matière grasse	3,00	2,50	2,60
Sucres totaux	2,40	12,34	4,50
Cellulose brute	18,00	15,00	13,50

FVF : fientes de volailles fraîches ; MIF : mélange initial de fermentation des fientes ; MFF : mélange de fientes fermentées ; MS : matière sèche ; PB : produit brut.

traduit par l'arrêt des réactions de biodégradation dans ces déchets [6, 7]. L'odeur nauséabonde fait que l'utilisation de régimes à base de déchets organiques en alimentation animale est limitée [2, 4, 5]. L'élimination de l'odeur des fientes permet d'envisager leur utilisation en proportions élevées sans risque de retrouver cette odeur dans la chair (ovins, bovins, poulets de chair, etc.) ou dans les produits animaux comme les œufs (poules pondeuses) ou le lait (vaches laitières). La caractérisation microbiologique et chimique des fientes traitées montre que le produit obtenu est de bonne qualité hygiénique, nutritionnelle et organoleptique. Cela nous a encouragés à tenter une substitution partielle et totale des farines de poissons dans la formulation des poules pondeuses par les fientes biologiquement ensilées. De plus, les farines obtenues par séchage présentent différents défauts : mauvaises odeurs (% limité en formulation), teneur élevée en minéraux (problèmes pour l'aquaculture), teneur faible en azote soluble [7].

### Caractérisation nutritionnelle des trois régimes alimentaires

La caractérisation nutritionnelle des trois régimes alimentaires résumés dans le *tableau 4* montre une différence en matière sèche des trois formulations, expliquée par le fait que la farine de poisson est un produit sec à 93 % de matière sèche [7], alors que l'ensilage de fientes est à 45,5 %. Cela justifie l'utilisation de son dans les formulations à ensilage. Le taux protéique diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation des fientes entre les formules FT, F20 et F40, l'ensilage des fientes contient seulement 24,6 % de protéines comparé à la farine

**Tableau 4. Caractérisation nutritionnelle des trois régimes alimentaires.**

Table 4. Nutritional characterization of the different formulae and control feed.

Nutriments (en % de MS)	FT	F20	F40
Matière sèche (MS)	90	86	80
Protéines	24,40	22,50	20,60
Matière grasse	4,00	3,50	3,00
Sucres totaux	3,28	3,85	4,54
Cellulose brute	3,44	3,45	3,03
Matières minérales	7,40	11,30	15,70
Calcium	3,62	4,24	5,41
Phosphore	0,70	0,77	0,86

FT : formule témoin (formulation conventionnelle) ; F20 : formule à 20 % d'ensilage de fientes et F40 : formule à 40 % d'ensilage de fientes.

de poisson (jusqu'à 64,8 %). Le taux de cendres connaît un accroissement du fait de la substitution de la farine de poisson par des quantités de plus en plus élevées d'ensilage de fientes. Les formules F20 et F40 contiennent des quantités satisfaisantes et légèrement supérieures de calcium et de phosphore.

### Aspect nutrition

Nous avons ensuite comparé les qualités nutritionnelles des trois régimes FT, F20 et F40 (*tableau 5*). Une différence de prise alimentaire devient significative à partir de la 25<sup>e</sup> semaine entre le traitement FT et F40. Ces résultats pourraient être une indication de la réduction du niveau énergétique des formules à base d'ensilage de fientes.

L'incorporation de l'ensilage de fientes de volaille n'a influencé que légèrement le gain du poids des poulettes. Cette légère augmentation peut être expliquée par la prise calorique des animaux, c'est-à-dire que l'augmentation de la consommation

d'aliment pour le groupe F40 s'est traduite par un gain de poids par rapport aux deux autres groupes FT et F20.

### Aspect production

Au cours de cet essai, le régime alimentaire n'a aucun effet significatif ni sur le taux de ponte ni sur le poids moyen des œufs (*tableau 6*). Les formules à base d'ensilage de fientes contiennent les éléments nutritionnels nécessaires pour assurer une ponte satisfaisante. La substitution de la farine de poisson par 20 % d'ensilage de fientes semble meilleure. La qualité des œufs du point de vue morphologique est très satisfaisante car, au cours de toute la période expérimentale, aucun œuf cassé n'a été signalé. Les œufs produits répondent aux normes du poids, de la forme et de la couleur de la coquille. En ce qui concerne les autres symptômes tels que la dormance, le stress, la diarrhée, etc., ils n'ont pas été observés dans les trois groupes. On peut confirmer que toutes les poules jouissaient d'un état de

**Tableau 5. Prise alimentaire et gain de poids (en g/7j/poule) des trois lots au cours de la phase expérimentale.**

Table 5. Feed intake and weight increase pattern of the different trials (in g/week/hen).

Semaine d'observation	Âge des poulettes	FT		F20		F40	
		PA	GP	PA	GP	PA	GP
1	24	107,25 <sup>a</sup>	34,4 <sup>a</sup>	112,13 <sup>a</sup>	27,6 <sup>a</sup>	112,45 <sup>a</sup>	31,2 <sup>a</sup>
2	25	113,70 <sup>b</sup>	56,3 <sup>a</sup>	127,13 <sup>ab</sup>	48,3 <sup>a</sup>	136,75 <sup>a</sup>	51,4 <sup>a</sup>
3	26	113,46 <sup>b</sup>	30,0 <sup>a</sup>	126,63 <sup>ab</sup>	38,2 <sup>a</sup>	136,50 <sup>a</sup>	39,6 <sup>a</sup>
4	27	111,99 <sup>b</sup>	16,5 <sup>a</sup>	126,88 <sup>ab</sup>	23,3 <sup>a</sup>	137,25 <sup>a</sup>	24,6 <sup>a</sup>
<b>Moyennes</b>		112,0 <sup>b*</sup>	137,7 <sup>a**</sup>	123,0 <sup>ab*</sup>	137,4 <sup>a**</sup>	131,0 <sup>a*</sup>	146,8 <sup>a**</sup>

PA : prise alimentaire ; GP : gain de poids ; \* : moyenne ; \*\* : gain en poids moyen en 1 mois ; a et b : les valeurs ne portant pas la même lettre sont significativement différentes (p < 0,05).

**Tableau 6. Taux de ponte (en %) et poids moyen d'œufs (en g/7j/poule) des trois lots au cours de la phase expérimentale.**

Table 6. Egg production per week (in %) and egg weight (in g/week/hen) for the different trials.

Semaine d'observation	Âge des poulettes	FT		F20		F40	
		TP	PMO	TP	PMO	TP	PMO
1	24	87 <sup>a</sup>	54,00 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	53,86 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	52,89 <sup>a</sup>
2	25	89 <sup>a</sup>	54,10 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	52,98 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	52,61 <sup>a</sup>
3	26	92 <sup>a</sup>	56,96 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	56,74 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	56,95 <sup>a</sup>
4	27	95 <sup>a</sup>	57,18 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	57,77 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	57,23 <sup>a</sup>
<b>Moyennes</b>		90,8 <sup>a</sup>	55,6 <sup>a</sup>	95,0 <sup>a</sup>	55,4 <sup>a</sup>	92,2 <sup>a</sup>	54,9 <sup>a</sup>

TP : taux de ponte ; PMO : poids moyen d'œuf ; a : différence non significative (p < 0,05).

santé normal. Les résultats obtenus paraissent prometteurs, mais nous sommes convaincus qu'ils devront se traduire ultérieurement par la réalisation de plusieurs autres essais à plus grande échelle, sur des monogastriques et des ruminants, avec des suivis à long terme (des signes de carence en certains nutriments peuvent se manifester plus tardivement) et impliquant non seulement le scientifique et l'industriel mais également, le pouvoir public et le comité d'éthique. Il serait également indispensable de faire des analyses toxicologiques, microbiologiques et nutritionnelles approfondies des différents produits (lait, viandes et œufs) issus des animaux nourris avec les formules à base d'ensilage biologique des fientes.

## Conclusion

Les analyses microbiologiques et chimiques des fientes de volailles montrent que ces déchets peuvent constituer une matière première précieuse mais, que leurs concentrations en certains composants microbiens et chimiques les rendent potentiellement dangereux, contaminants et toxiques pour qu'ils soient utili-

sés directement dans l'alimentation animale ou dans la fertilisation des sols sans traitement. Le procédé biotechnologique que nous avons mis en évidence semble pallier ces problèmes. Il conduit à la stabilisation et à la transformation de ces déchets en un produit de bonne qualité hygiénique, nutritionnelle et organoleptique. Il se dégage de notre étude que la fermentation biologique contrôlée, conduite par un inoculum pur de bactéries acido-lactiques sélectionnées, des fientes de volailles non seulement donne un produit valorisable en alimentation animale, mais permettrait aussi de réduire l'impact négatif de ces déchets sur l'environnement, la santé et le développement. Enfin, l'ensemble de ces résultats pourrait constituer une approche globale pour mettre au point des systèmes de production avicole plus sains, intégrés et durables ■

## Références

1. National Agriculture Statistics Service (NASS). *Poultry production and value*. Washington (DC) : U.S. Gov. Print. Office, 1998 ; 537 p.
2. Bagley CP, Evans RR, Burdine WB. Broiler litter as a fertilizer or livestock feed. *Journal of Production Agriculture (USA)* 1996 ; 9 : 342-6.
3. Seal Kenneth J. Animal wastes as a source of biomass production. *Outlook on Agriculture* 1992 ; 21 ; 2 : 91-7.
4. Smith LW, Mc Lead GK, Moran ET. Nutritional and economic value of animal excreta. *J Anim Sci* 1979 ; 48 : 145-55.
5. Caswel LF, Fontenot JP, Webb KE. Utilization of broiler litter ensiled. *J Anim Sci* 1988 ; 46 : 547-61.
6. Faid M, Karani H, Elmarrakchi A, Achkari-Begdouri A. A biotechnological process for the valorization of fish waste. *Bio/Technol* 1994 ; 49 : 237-41.
7. Faid M, Karani H, Elmarrakchi A, Achkari-Begdouri A. Transformation des déchets de poisson par voie biotechnologique. *Cahiers Agricultures* 1995 ; 4 : 109-12.
8. Desai M, Madamwar D. Anaerobic digestion of a mixture of cheese whey, poultry waste and cattle dung. *Environ Pollut* 1994 ; 86 : 337-40.
9. Jakhmola RC. Animal excreta as a ruminant feed scope and limitation under medium condition. *Anim Feed Sci Tech* 1988 ; 19 : 1-23.
10. American Public Health Association (APHA). *Standard methods for examination of water and waste water*. 18th ed. Washington (DC) : American Public Health Association ; American Water Works Association & Water Environment Federation, 1992 ; 320 p.
11. Conway F. Microdiffusion analysis and volumetric error. Londres : Crosby Lockwood, 1947 ; 157-9.
12. Haaland H, Njaa LR. Fish silages prepared from raw materials of varying quality. Chemical analysis related to balance experiments in rats. *Fisk Dir Skr Ser Ernæing* 1990 ; 27-35.