

SESSION

DURABILITE – ENVIRONNEMENT
– SYSTEMES D'ELEVAGE

SESSION

DURABILITE – ENVIRONNEMENT
– SYSTEMES D'ELEVAGE

Communications orales

LA FORMULATION BILINEAIRE PERMET DE MINIMISER LE COUT ALIMENTAIRE ET LES REJETS EN ALIMENTATION DE PRECISION

Dusart Léonie¹, Rhoulam Younes², Méda Bertrand²

¹ITAVI - Centre INRA Val de Loire 37380 NOUZILLY,

²BOA, INRA, Université de Tours, 37380 NOUZILLY

dusart@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

En poulet de chair, l'alimentation multiphase, aujourd'hui généralisée sur le terrain, se traduit par des apports nutritionnels constants sur des périodes successives d'une dizaine de jours, alors même que les besoins des animaux évoluent au sein de ces périodes. En résultent alors des excès qui entraînent une augmentation du coût alimentaire et des rejets d'azote et de phosphore dans l'environnement, ou des carences qui limitent les performances. De son côté, l'alimentation de précision propose d'ajuster quotidiennement les apports nutritionnels aux besoins des animaux en croissance. Deux questions se posent alors : comment la mettre en œuvre en production de poulets de chair ? Et quels gains peut-on espérer ? La stratégie évaluée ici consiste à distribuer aux animaux une ration composée de couples de pré-aliments associés en proportions variables quotidiennement afin de reconstituer un aliment complet le plus adapté possible aux besoins des animaux. L'optimisation simultanée de la composition des pré-aliments et de leurs proportions quotidiennes, de façon à minimiser le coût, constitue un problème d'optimisation bilinéaire, résolu à l'aide du solveur Knitro. Les stratégies alimentaires multiphase (croissance, finition, retrait) et alimentation de précision (4 pré-aliments : A, B, C et D) ont été comparées dans le cas de poulets de chair nourris de 10 à 47 jours. Par rapport à la stratégie multiphase, la stratégie d'alimentation de précision utilisant successivement les mélanges A-B, puis B-C, puis C-D, permettrait une réduction du coût alimentaire de 5,6 % (moyenne de 4 contextes de prix) et des rejets d'azote et de phosphore de 11,4 % et 11,3 % respectivement. Sachant que les réductions maximales calculées, obtenues pour un aliment complet optimisé par jour (multiphase quotidien), sont de 6,3 %, 12,1 % et 12,1 % en moyenne pour le coût alimentaire, les rejets d'azote et de phosphore respectivement ; la stratégie d'alimentation de précision utilisant 4 pré-aliments s'avèrerait un excellent compromis permettant également de limiter le nombre d'aliments différents à produire et à livrer sur l'élevage. Ces résultats prometteurs devront néanmoins être validés à travers un essai zootechnique avant d'être déployés sur le terrain.

ABSTRACT

Bilinear feed formulation enables maximum reduction of feed cost and excretion in precision feeding

Multiphase feeding is commonly used in broiler production. Nutritional values of feeds are set for the successive phases of about ten days. Since broilers nutritional requirements vary every day, multiphase feeding may lead to excessive or insufficient nutritional intake and impact performances, feed cost and excretion (nitrogen and phosphorus). On the opposite, precision feeding aims at a dynamic adjustment of nutritional intake to meet daily requirements. Two questions arise: How precision feeding can be implemented in commercial farms? What are the expected gains? The precision feeding strategy assessed here consists in feeding couples of pre-diets mixed each day in variable proportions in order to recreate a complete diet that best meets the daily requirements of the birds. Simultaneous optimisation of pre-diet composition and daily incorporation rates of pre-diets while minimising feed cost is a bilinear optimisation problem solved using Knitro solver. Multiphase feeding (grower, finisher 1, finisher 2) and precision feeding (4 pre-diets A, B, C and D) strategies were compared in the case of broilers fed between 10 to 47 days of age. Compared to multiphase feeding, precision feeding strategy using successively A+B, then B+C, then C+D enables a reduction of feed cost of 5.6% (average of 4 feedstuff prices contexts) and a reduction of nitrogen and phosphorus excretion of 11.4% and 11.3% respectively. Maximal reductions obtained with one diet per day reach 6.3%, 12.1% and 12.1% in average for feed cost, nitrogen and phosphorus excretion respectively. Thus, precision feeding using 4 pre-diets appears to be a great compromise limiting the number of diets to produce and transport. These promising results should however be validated first in experimental conditions before implementing this innovative feeding strategy in commercial farms.

INTRODUCTION

La recherche d'une meilleure efficacité des élevages passe notamment par une meilleure valorisation de l'alimentation permettant de réduire le coût alimentaire d'une part et les impacts environnementaux d'autre part pour un élevage finalement plus durable. Une des techniques disponibles pour améliorer la valorisation de l'alimentation est un meilleur ajustement des apports aux besoins nutritionnels en augmentant le nombre de phases alimentaires au cours de l'élevage (RMT Elevage et Environnement, 2010). C'est ce que propose le concept d'alimentation de précision avec un ajustement quotidien des apports (Pomar *et al.*, 2009). La stratégie d'alimentation de précision évaluée dans cet article consiste à utiliser des couples de pré-aliments associés en proportions variables pour reconstituer un aliment complet adapté chaque jour aux besoins du poulet de chair. Se pose alors la question de la composition nutritionnelle de chaque pré-aliment et des proportions en mélange permettant de minimiser le coût alimentaire.

Ce nouveau problème de formulation constitue un problème d'optimisation bilinéaire non convexe. L'objectif de ce travail était de mettre en œuvre la formulation bilinéaire et d'évaluer le potentiel de la stratégie d'alimentation de précision utilisant 4 pré-aliments.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Description du système

Les simulations ont été réalisées dans le cas d'un poulet Ross 308 « tout-venant » (moyenne mâle/femelle) nourri de 10 à 47 jours selon (Figure 1):

- 1) une stratégie multiphase témoin composée de 3 aliments (croissance, finition, retrait) (AMP-3) ;
- 2) une stratégie d'alimentation de précision utilisant 4 pré-aliments (AP-4) distribués en mélanges par 2 ;
- 3) une stratégie multiphase optimale composée d'un aliment par jour (AMP-38).

Les performances de croissance utilisées pour estimer les besoins des animaux sont issues du guide de spécifications technique Aviagen (Ross 308 broiler: performance objectives, 2014) tout comme les quantités d'aliments consommées.

Pour chacune des stratégies, il a été considéré que les choix de niveaux nutritionnels permettaient de conserver les mêmes performances (indice de consommation = 1,79 et poids vif = 3276 g à 47 jours).

Les matières premières étaient caractérisées par leur profil nutritionnel de référence (Sauvant *et al.*, 2004) et un prix (4 contextes économiques ont été considérés : septembre 2011, juin 2012, août 2013 et février 2014) (source ITAVI: Dépêche- Le petit meunier et communications personnelles).

1.2. Estimation des besoins quotidiens

Contrairement à l'alimentation multiphase, l'alimentation de précision nécessite d'estimer les besoins quotidiens des animaux. Un travail préalable a permis de développer un modèle d'estimation des

besoins quotidiens en énergie métabolisable (EM), lysine digestible et phosphore disponible des poulets de chair (Méda *et al.*, 2019). Les besoins pour les protéines (MAT) et pour les autres acides aminés sont calculés par rapport à la lysine de façon à respecter les recommandations d'Ajinomoto Eurolysine en termes d'équilibre entre acides aminés. Le besoin en calcium est calculé par rapport au phosphore disponible de façon à respecter un rapport calcium/phosphore disponible de 2.

1.3. Modèle de formulation linéaire

Il s'agit de la méthode habituellement utilisée pour formuler des aliments. Elle est également appelée formulation à moindre coût.

1.3.1. Contraintes nutritionnelles

Le modèle utilise un jeu de contraintes nutritionnelles par phase (3 pour AMP-3 et 38 pour AMP-38). Pour chacune des phases, la contrainte minimale pour un nutriment correspond au besoin estimé par le modèle au moment de la phase où il le plus élevé. Dans le cas particulier de la stratégie AMP-3, il s'agit du besoin du dernier jour de la phase pour l'EM et du besoin du premier jour de la phase pour l'ensemble des autres nutriments. Ainsi, la stratégie 3 phases constitue un témoin positif sans période de carence nutritionnelle contrairement à ce qui peut être pratiquer sur le terrain.

Pour chaque phase, les contraintes nutritionnelles sont appliquées à l'unique formule recherchée.

1.3.2. Autres contraintes

Des contraintes minimum et maximum permettent également de maîtriser les taux d'incorporation de matières premières (ex : $15\% \leq [\text{blé}] \leq 55\%$) et de familles de matières premières (ex : $0\% \leq [\text{coproduits de céréales}] \leq 12\%$) pour chacun des aliments. Ces contraintes sont issues d'un consensus entre plusieurs firmes services.

Pour finir, une contrainte permet de s'assurer que la somme des taux d'incorporation des matières premières est strictement égale à 100 % pour chacun des aliments.

1.3.3. Optimisation

Comme son nom l'indique, la formulation à moindre coût minimise le coût de l'aliment. La fonction objectif est égale au prix de la formule. Le résultat de la formulation est la composition en matières premières des aliments. La résolution des problèmes d'optimisation linéaire (AMP-3 et AMP-38) a été obtenue à l'aide du solveur Minos.

1.4. Modèle de formulation bilinéaire

1.4.1. Contraintes nutritionnelles

Le modèle utilise des contraintes nutritionnelles journalières pour chaque nutriment, soit ici 38 couples de contraintes minimum/maximum pour chaque nutriment. Pour chaque jour et chaque nutriment, la contrainte minimale correspond au besoin estimé par le modèle pour l'EM, la lysine digestible et phosphore disponible. Pour les niveaux de MAT, d'acides aminés

autres que la lysine et le calcium, l'approche décrite en 1.2. a été utilisée.

Les contraintes sont cette fois appliquées aux mélanges de pré-aliments. Le modèle est donc libre de fixer le niveau nutritionnel de chaque pré-aliment sans contrainte. En conséquence : il est possible qu'un pré-aliment ne puisse pas être utilisé seul car il ne constitue pas nécessairement un aliment complet et doit être utilisé en association avec un autre pré-aliment pour satisfaire les besoins des animaux.

1.4.2. Autres contraintes

De la même façon, des contraintes minimum et maximum permettent également de maîtriser les taux d'incorporation de matières premières ainsi que de familles de matières premières pour chacun des 38 mélanges de pré-aliments. Le modèle est en revanche libre de fixer la composition en matières premières de chaque pré-aliment sans contrainte.

Les contraintes sur les matières premières et familles de matières premières sont identiques à celles utilisées pour la formulation des aliments AMP-3 et AMP-38. Une contrainte permet de s'assurer que la somme des taux d'incorporation des matières premières est égale à 100 % pour chacun des pré-aliments.

Enfin, des contraintes s'appliquent aux proportions en mélange des différents pré-aliments de sorte que les proportions soient comprises entre 0 % et 100 % et que la somme des proportions des 2 pré-aliments utilisés soit égale à 100 %.

1.4.3. Optimisation

La fonction objectif est, dans ce cas, directement égale au coût alimentaire sur l'ensemble de la période d'élevage. En effet, il ne s'agit pas de minimiser indépendamment le coût de chaque pré-aliment car il faut tenir compte de la quantité utilisée pour chacun des pré-aliments. Le résultat de la formulation est la composition en matières premières de chaque pré-aliment ainsi que les proportions quotidiennes de ces pré-aliments à distribuer. La résolution des problèmes d'optimisation bilinéaire a été obtenue à l'aide du solveur Knitro.

1.5. Calcul des indicateurs économiques et environnementaux

Pour chacune des stratégies, 3 indicateurs ont été calculés afin de statuer sur l'intérêt économique et environnemental de l'alimentation de précision.

1.5.1. Indicateur économique

Le coût alimentaire exprimé en €/poulet permet de comparer l'efficacité économique des différentes stratégies. Pour les stratégies d'alimentation par phases (AMP-3 et AMP-38), il est calculé de la façon suivante : $\sum_{p=1}^n \text{Coût}_p \text{Conso}_p$ avec p la phase, Coût_p le coût de l'aliment de la phase p et Conso_p la quantité d'aliment consommé pendant la phase p . Pour la stratégie AP-4, il est directement donné par la fonction objectif après optimisation.

1.5.2. Indicateurs environnementaux

L'efficacité environnementale des différentes stratégies a été évaluée à travers deux indicateurs : les rejets d'azote (g/poulet) et les rejets de phosphore (g/poulet). Les rejets sont calculés par différences entre l'ingéré et la rétention. L'ingéré est connu : il s'agit de la composition de l'aliment multiplié par la quantité consommée. La rétention de phosphore est estimée par l'équation suivante : $\sum_{j=1}^{47} \text{GPV}_j * 4,68$ avec j , le jour, GPV_j le gain de poids vif au jour j (kg/jour) et 4,68 la composition corporelle en phosphore (g/kg de poids vif) (Khaksarzareha *et al.*, 2017). La rétention d'azote est calculée à partir du dépôt protéique modélisé par allométrie en fonction du poids vif dans le modèle d'estimation des besoins nutritionnels (Méda *et al.*, 2019).

2. RESULTATS

2.1. Résultats de formulation

2.1.1. Stratégie 3 phases

La stratégie 3 phases se traduit par 3 aliments distribués successivement de J10 à J24, de J25 à J42 et de J43 à J47. Les apports nutritionnels sont constants par phase. Compte tenu des choix réalisés pour fixer les contraintes de formulation, les apports sont toujours excédentaires par rapport aux besoins (Figure 2).

2.1.2. Stratégie alimentation de précision 4 pré-aliments

L'optimisation bilinéaire aboutit à 4 formules et un plan d'alimentation quotidien (Figure 3). Comme attendu, les pré-aliments A, B, C et D sont de plus en plus concentrés en EM et de moins en moins concentrés en MAT. Quoique légèrement excédentaires, les apports nutritionnels sont plus proches des besoins qu'avec la stratégie AMP-3 (Figure 2).

2.1.3. Stratégie 38 phases

La stratégie AMP-38 comporte 38 aliments (1 aliment par jour), obtenus par optimisation linéaire. Elle n'est donc pas envisageable sur le terrain pour des raisons logistiques évidentes. Elle permet ici de mesurer l'intérêt de la stratégie AP-4, puisque la stratégie AMP-38 est la plus optimale. En effet, les apports s'ajustent parfaitement aux besoins, chaque jour, et pour l'ensemble des nutriments (Figure 2).

2.2. Evaluation économique et environnementale

Comme espéré, un meilleur ajustement nutritionnel permet une réduction du coût alimentaire de 5,6 % et 6,3 %, en moyenne sur les 4 contextes économiques et par rapport à la stratégie AMP-3, pour les stratégies AP-4 et AMP-38 respectivement (Figure 4). Il permet également en moyenne une réduction des rejets d'azote et de phosphore à raison de 11,4 % (AP-4) et 12,1 % (AMP-38) pour l'azote et 11,3 % (AP-4) et 12,1 % (AMP-38) pour le phosphore (Figure 4).

3. DISCUSSION

3.1. Méthodes de formulation

Avant tout, il faut rappeler que le modèle de formulation bilinéaire est un problème non convexe.

Cela signifie que la solution identifiée par le solveur correspond à un minimum local, sans aucun moyen de s'assurer qu'il s'agit du minimum global. Autrement dit, il existe peut-être une solution encore moins coûteuse à ce même problème. Néanmoins, compte tenu des résultats observés, les gains attendus sont suffisamment significatifs pour confirmer l'intérêt de cette stratégie.

Par ailleurs, la stratégie AP-4 implique de considérer la période d'élevage dans son ensemble. En effet, les compositions des pré-aliments sont interdépendantes et dépendent aussi des proportions en mélange. Contrairement à la stratégie AMP-3 pour laquelle chaque aliment peut être formulé indépendamment, il n'est pas possible de « découper » la période d'élevage, ni de revoir les formules en cours de lot.

Enfin, contrairement à ce qui a pu être testé (Hauschild *et al.*, 2015) en alimentation de précision, l'optimum économique semble ne pas être nécessairement obtenu avec des proportions de pré-aliments évoluant de 0 % (resp. 100 %) à 100 % (resp. 0 %). Parallèlement, pour obtenir l'optimum économique, la composition du pré-aliment le plus concentré n'est pas nécessairement égale aux besoins du premier jour de chaque période de distribution. Ceci démontre l'intérêt de cette nouvelle méthode de formulation qui permet de garantir une réduction du coût alimentaire dans le cas d'une stratégie d'alimentation de précision.

3.2. Evaluation économique et environnementale

S'il existe une certaine variabilité liée au contexte économique (Figure 6), les résultats restent suffisamment intéressants pour confirmer l'intérêt de la stratégie AP-4. De plus, les réductions attendues sont très proches de l'optimum obtenu avec la stratégie AMP-38. Ainsi, l'alimentation de précision utilisant successivement 4 pré-aliments en proportions variables, permet d'améliorer les efficacités économiques et environnementales de façon remarquable, avec 1 seule formule supplémentaire par rapport au témoin AMP-3.

3.3. Mise en œuvre de l'alimentation de précision

La mise en pratique de l'alimentation de précision dans les élevages commerciaux suppose certaines adaptations, notamment en termes d'équipements. En effet, cela implique la présence de deux silos pour accueillir simultanément les 2 pré-aliments à mixer, une trémie peseuse-mélangeuse en amont des chaînes de distribution et un outil informatique de gestion

automatique des mélanges quotidiens. Ce type d'équipement est déjà utilisé dans des élevages distribuant des céréales entières et un complémentaire mais n'est pas généralisé. Une étude supplémentaire pour évaluer le retour sur investissement permettrait de consolider l'évaluation de l'intérêt de l'alimentation de précision.

En ce qui concerne la distribution, cette stratégie offre l'avantage de ne présenter aucune transition alimentaire brutale. Néanmoins, elle pose la question du tri par les volailles entre les pré-aliments si leurs présentations devaient être trop différentes. Cependant, la stratégie AP-4, contrairement à une stratégie qui n'utiliserait que 2 pré-aliments, induit des formules relativement proches 2 à 2 sur le plan nutritionnel. De plus, des contraintes sur les taux d'incorporation des matières premières peuvent être ajoutées pour chaque formule afin d'éviter de trop grandes différences de présentation.

Enfin, il est important de noter que le mélange de 2 pré-aliments ne permet pas un ajustement idéal de tous les nutriments. Plus le nombre de pré-aliments utilisé en mélange est important, meilleur est l'ajustement des nutriments. Néanmoins, la stratégie présentée ici limite le nombre de formules et semble donc un bon compromis.

CONCLUSION

La stratégie d'alimentation de précision utilisant 4 pré-aliments permet d'ajuster quotidiennement les apports nutritionnels aux besoins des poulets sans augmenter le nombre de formules. Ainsi, elle génère des réductions de coût alimentaire (-6 %) et de rejets environnementaux (-11 % d'azote, -4 % de phosphore) prometteuses sans impliquer de changements logistiques importants. Son déploiement sur le terrain suppose néanmoins une modification des équipements en élevage (système de trémie peseuse mélangeuse en amont des chaînes d'alimentation) et donc un certain investissement justifiant que la technique soit préalablement validée en conditions expérimentales.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec les soutiens financiers du programme européen pour la recherche et l'innovation H2020 (projet Feed-a-Gene, n°633531) et du GIS Elevage Demain. Les auteurs remercient également E. Joannopoulos et M. Haddou pour leurs conseils et appui durant le développement du modèle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hauschild L., Feirrer Delfim Bueno C., Remus A., De Paula Gobi J., Di Giovanni Isola R., Sakomura N.K., 2015. *Sci. Agric.*, (72), 210-214.
- Khaksarzareha V., Méda B., Narcy A., 2017. *Proc. of the 21th Europ. Symp. on Poult. Nut. (ESPN)*, 124-129.
- Méda B., Talineau M., Chéret C., Narcy A., Dusart L., 2019. 13èmes JRA-JRPF.
- Pomar C., Hauschild L., Zhang G.-H., Pomar J., Lovatto P. A. 2009. *Rev. Bras. Zootecn.*, (38), 226-237.
- RMT élevage et environnement, 2010. *Guide de bonnes pratiques environnementales d'élevage*, 304p.
- Sauvant D., Perez J.-M., Tran G., 2004. *Tables de compositions et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. INRA Editions 301 p.

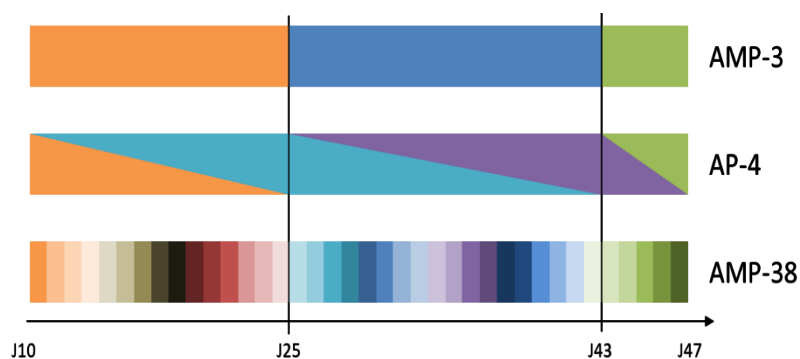


Figure 1. Schématisation des différentes stratégies alimentaires testées.

AMP-3 : Alimentation multiphase 3 phases
AP-4 : alimentation de précision 4 pré-aliments
AMP-38 : Alimentation multiphase avec 1 aliment par jour

Figure 2. Evolution des apports nutritionnels pour l'énergie métabolisable (EM), les protéines (MAT) et la lysine digestible (LYSD) par rapport aux besoins dans le cas d'une stratégie 3 phases (AMP-3), 1 aliment par jour (AMP-38) et alimentation de précision avec 4 pré-aliments (AP-4).

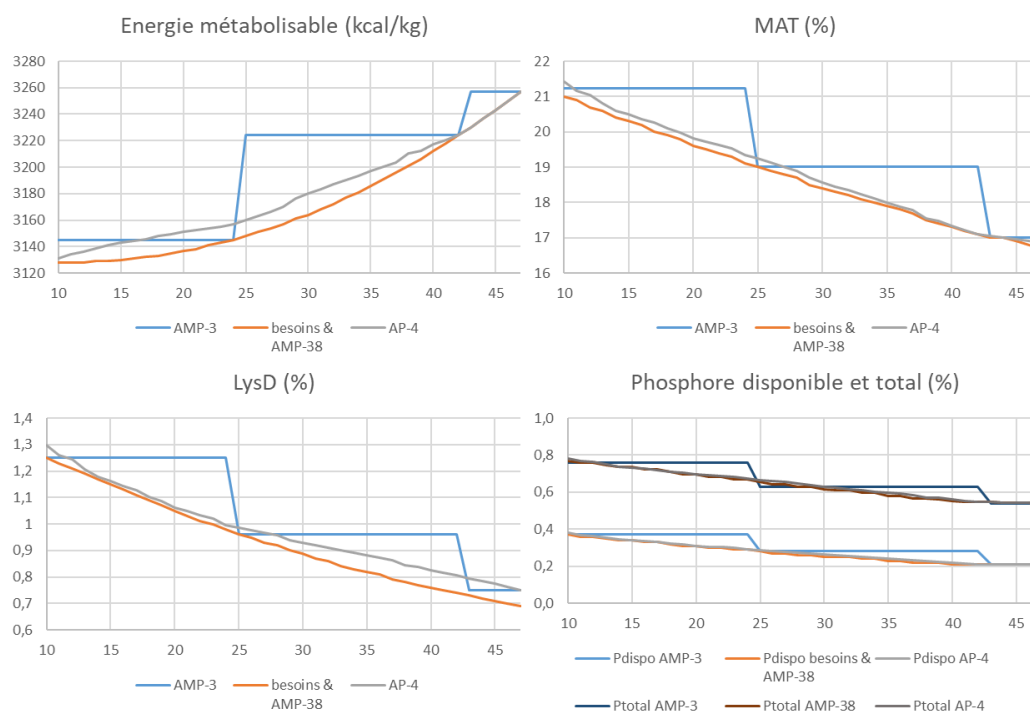


Figure 3. Plan d'alimentation pour la stratégie d'alimentation de précision avec 4 pré-aliments (A, B, C et D), exemple contexte de prix septembre 2011.

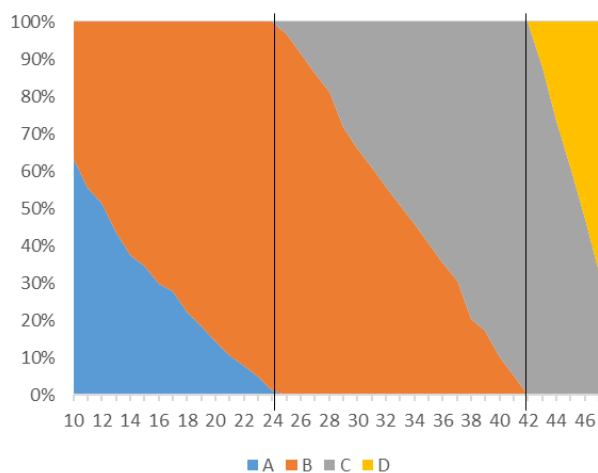
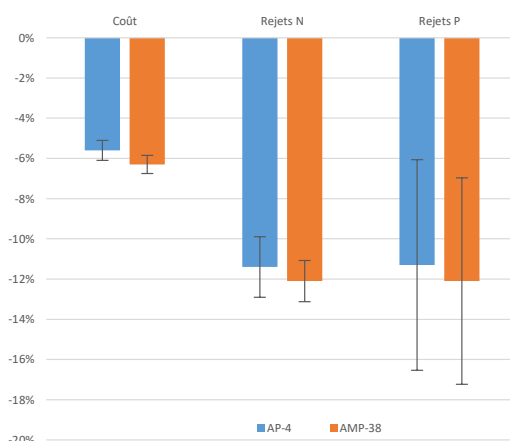


Figure 4. Evolution moyenne des indicateurs économique et environnementaux dans le cas des stratégies alimentation de précision avec 4 pré-aliments (AP-4) et 1 aliment par jour (AMP-38), exprimés par rapport à la stratégie 3 phases (AMP-3). Les barres d'erreur indiquent la variabilité liée au contexte économique.



L'EAU DE BOISSON EN ELEVAGE DE PORCS ET DE VOLAILLES: ETAT DES PRATIQUES AU SEIN D'UN GROUPEMENT

Leblanc-Maridor Mily¹, Brilland Sophie², Belloc Catherine¹, Gambade Patrick³

¹ BIOEPAR, INRA, Oniris, Université Bretagne Loire, 44307 Nantes, France

² CEVA SANTE ANIMALE, 53000 Laval, France

³ UNIVET Santé Elevage, 22600 Loudéac, France

mily.leblanc-maridor@oniris-nantes.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est de comparer les pratiques, de la gestion de la qualité de l'eau d'abreuvement entre éleveurs de porcs et de volailles. Une enquête téléphonique a été réalisée auprès de 45 éleveurs via un questionnaire élaboré dans le but de décrire les perceptions et les pratiques liées à l'utilisation de l'eau (origine, pratiques de traitement de l'eau et via l'eau, entretien des canalisations). Pour l'ensemble des éleveurs sondés, la qualité de l'eau est une préoccupation importante au sein de leur élevage. Concernant l'analyse de l'état sanitaire des troupeaux : 68% des éleveurs de porcs et 76% des éleveurs de volailles jugent rencontrer au moins une des affections récurrentes pour laquelle une qualité d'eau inadaptée peut intervenir comme facteur prédisposant. Les pratiques des deux productions se rejoignent concernant l'origine de l'eau, sa qualité avec des analyses chimiques et bactériologiques régulières, son utilisation comme vecteur et les traitements de désinfection mis en place. Les différences se retrouvent dans le suivi de la consommation d'eau (relevés quotidiens en bâtiments de volailles) et dans les pratiques d'entretien des canalisations d'eau pour lutter contre le développement de biofilm, systématique en élevage avicole, aussi bien durant le vide sanitaire qu'en cours de lot. Cette étude souligne l'existence de pratiques et une sensibilisation plus avancées dans la production de volailles de chair afin d'assurer à leurs animaux une eau d'abreuvement de qualités.

ABSTRACT

Differences of perception and management in water quality between poultry and pig farmers

In order to assess the different approaches for water management in pig and poultry farms, a study was conducted to compare water supplies, their optimization and the different management practices for piglets in post-weaning rooms and broiler chickens. Twenty-five pig and poultry farmers were selected in the West region in France and a questionnaire was completed during an interview. The association between practices and production characteristics was analyzed with khi-deux tests. In all the interviews, pig and poultry farmers state that water quality is a main concern. Both bacteriological and chemical parameters are regarded as important for water quality, even if chemical analysis is less frequently performed. Water is also an administration route for drugs and nutritional factors. Regarding sanitary status of animals, some recurrent diseases can be linked to unadapt water quality. Digestive disorders during the post-weaning period (82 %) and lameness of birds (90 %) are the most frequent disorders. For many criteria poultry farmers are more aware of water quality than pig farmers. Compared to pig producers, poultry farmers have a better monitoring of water consumption and better water pipe maintenance. No pig farmers perform pipe draining while 72 % of poultry farmers do. During the down period, all the poultry farmers set up protocols with mechanical and chemical procedures whereas 24 out of 25 pig farmers only clean the troughs in post-weaning rooms. This study underlined that the control of water management is more settled in poultry farming compared to the pig industry.

INTRODUCTION

La gestion de l'eau, premier nutriment consommé par les animaux est indispensable en élevage et un approvisionnement correct quantitativement et qualitativement permet d'optimiser les performances des animaux tout en préservant leur santé. En effet, une inadéquation entre les besoins physiologiques et les apports en eau ainsi qu'un défaut de qualité peuvent engendrer une apparition de maladies (Gogny et Debrueker, 1999). Souvent la contamination microbiologique représente la première cause de mauvaise qualité de l'eau d'abreuvement (Anses, 2010). Cependant, la formation de biofilms (système microbien dynamique et structuré dans une matrice d'origine biologique renfermant des éléments chimiques divers), notamment dans les canalisations, constitue une source potentielle de re-contamination de l'eau d'abreuvement, en particulier par des bactéries pathogènes (Wingender et Flemming, 2011). La prolifération des biofilms est fréquente (tartre, corrosion des canalisations associée à des températures élevées) et ce dernier, outre son impact sur la qualité de l'eau, peut également perturber le fonctionnement du système d'abreuvement par colmatage et entraîner une diminution du débit ayant pour conséquence une sous-consommation d'eau par les animaux (Fairchild and Ritz, 2009 ; Chazarenc, 2010).

Dans un contexte de diminution de l'usage des antibiotiques en élevage et donc de réduction de l'exposition des animaux à des germes potentiellement pathogènes, il est important de garantir une eau de qualité optimale. De plus, quantifier les besoins en eau des animaux et connaître les quantités effectivement consommées permet d'appréhender la prédisposition à un trouble de la santé lié à la qualité, à un manque ou à un excès d'eau. Notre objectif est de comparer les installations, les pratiques et les approches concernant la problématique de la gestion de la qualité de l'eau d'abreuvement entre éleveurs de porcs et de volailles. Cette enquête sur la base d'un questionnaire téléphonique permettra également de réaliser un état des lieux comparé des pratiques actuelles relatives à la qualité de l'eau en élevage.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Elevages inclus pour l'enquête téléphonique

Vingt éleveurs de porcs et vingt éleveurs de volailles de chair (poulet) adhérents au groupe SANDERS Bretagne ont été tirés au sort et interrogés via une enquête téléphonique. Le tirage au sort a été réalisé dans une base de données comprenant 250 éleveurs de poulets de chair et 312 éleveurs porcins parmi lesquels 199 étaient de type naisseur-engraisseur, 113 de type post-sevrer-engraisseur. Cinq éleveurs

élevant des animaux dans ces deux productions ont également été choisis pour répondre à ce questionnaire, à la fois pour le porc et pour la volaille.

Les critères de sélection des éleveurs ont été la présence d'un post-sevrage en production porcine et/ou au moins un bâtiment dédié à l'élevage de poulets de chair en production avicole afin de pouvoir comparer deux phases de croissance de durée semblable (de cinq à sept semaines).

1.2. Design du questionnaire

Le questionnaire a été élaboré dans le but de décrire les pratiques liées à l'utilisation de l'eau (origine de l'eau, analyses et pratiques de traitements de l'eau, administration des traitements via l'eau de boisson, notamment médicamenteux, entretien des abreuvoirs et des canalisations en cours de bande et durant le vide sanitaire) ainsi que sur la présence d'éventuelles affections récurrentes dans ces deux types d'élevage. Une dizaine de questions, majoritairement de type fermé, a été retenue et la durée de l'entretien téléphonique n'excédait pas 15 minutes incluant une partie concernant la présentation de l'exploitation.

1.3. Analyse statistique

L'indépendance entre les pratiques concernant l'eau et le type d'élevage a été analysée par des tests de khi-deux. Pour un critère donné, l'hypothèse d'indépendance est rejetée à 5% (p value < 0.05).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Présentation des élevages et situation sanitaire

Sur le mois d'avril 2015, 25 questionnaires ont été recueillis et analysés pour chaque production. Tous les élevages étaient situés dans le Morbihan et les Côtes d'Armor. Parmi les éleveurs de porcs, 13 étaient « naisseur-engraisseur » et 12 « post-sevrer-engraisseur ». Tous les résultats qui seront décrits par la suite sont présentés dans le Tableau 1.

Concernant l'analyse de l'état sanitaire des troupeaux : 68% des éleveurs de porcs (17/25) et 76% des éleveurs de volailles (19/25) jugent rencontrer au moins une des affections récurrentes précitées. Les troubles digestifs en post-sevrage constituent la dominante pour 82% des enquêtés en élevage porcine. En élevage de poulets standards, 90% des éleveurs interrogés indiquent que leurs animaux sont touchés par les problèmes de boiteries, 47% par des troubles digestifs, 32% par de la mortalité importante au démarrage et 16% par de la mortalité importante au cours du lot).

2.2. Qualité de l'eau et analyses

Pour l'ensemble des éleveurs sondés lors de cette étude, la qualité de l'eau de boisson est une préoccupation importante au sein de leur élevage.

La quasi-totalité des éleveurs réalise régulièrement des analyses chimiques et bactériologiques de leur eau mais l'analyse chimique est faite de façon moins fréquente. La majorité des éleveurs (84% des éleveurs de poulets de chair et 80% des éleveurs porcins) considèrent que l'eau est de bonne qualité si elle remplit à la fois des critères bactériologiques et chimiques. Néanmoins, un faible nombre d'éleveurs (12% et 4% respectivement en élevage porcin et de poulets de chair) estiment que l'eau doit être potable selon les normes destinées à la consommation humaine.

Les analyses bactériologiques sont systématiquement réalisées en bout de ligne de pipette en élevage de poulets de chair alors que seulement 63% des prélèvements sont réalisés en bout de ligne dans les élevages porcins. La plupart du temps, ces analyses sont réalisées par l'éleveur (75% et 50%, respectivement en élevage de poulets de chair et en élevage porcin), par le technicien (20% et 22%) ou éventuellement par une personne du GDS (Gestion de Groupement Sanitaire) pour les élevages avec un atelier bovin (5% et 28%).

2.3. Origine de l'eau d'abreuvement

L'origine de l'eau est variée (forage, réseau, puits ou mixte) pour les deux productions avec une majorité de forages (50%). 28% et 20% des éleveurs de poulets de chair et de porcs sont sur le réseau public. Néanmoins, une alimentation secondaire par l'eau du réseau est disponible chez tous les éleveurs de l'étude.

2.4. Suivi des enregistrements et traitements

La totalité des bâtiments de volailles de chair sont équipés de compteur d'eau avec des relevés quotidiens automatisés ce qui n'est pas le cas en élevage porcin. Le plus souvent, seul un compteur global pour tout l'élevage est présent, ce qui ne permet pas de suivre la consommation d'eau par stade physiologique.

Les traitements réalisés dans l'eau de boisson diffèrent de par leur nature (facteurs nutritionnels, vaccination, vermifugation) selon la production concernée en raison de la disponibilité des formes pharmaceutiques pour chaque espèce. En élevage porcin, 84% des éleveurs possédaient une pompe doseuse permettant un traitement thérapeutique possible via l'eau de boisson. Pour ces 21 élevages, l'essentiel des traitements via l'eau de boisson étaient des traitements antibiotiques par le vétérinaire, en général en post-sevrage ou en engraissement. Huit éleveurs porcins sur les 21 réalisaient des vermifuges via l'eau de boisson et uniquement trois distribuaient des vitamines. Aucun des éleveurs de l'étude ne distribuait de vaccin via l'eau de boisson même s'il en existe quelques uns en filière porcine.

A l'inverse, en filière avicole, le système d'abreuvement est systématiquement utilisé pour la

mise en œuvre des traitements ce qui était le cas dans notre échantillon puisque la totalité des éleveurs interrogés distribuaient des facteurs nutritionnels au démarrage (parfois en cours de lot) ainsi que les traitements antibiotiques et les vaccins prescrits par le vétérinaire traitant. La modalité de distribution était néanmoins variable puisque 15 éleveurs possédaient à la fois un bac tampon et une pompe doseuse, deux éleveurs uniquement une pompe doseuse et trois éleveurs uniquement un bac.

Tableau 1 – Répartition des effectifs en fonction des réponses obtenues pour les 50 questionnaires

Paramètres évalués	Elevages interrogés	
	Porcs n=25	Poulets n=25
<u>Critère de qualité</u>		
Analyse bactério-chimique	20	20
Analyse bactériologique seule	2	4
Potable pour l'homme	3	1
<u>Origine de l'eau</u>		
Forage	12	13
Réseau	5	7
Puits	6	5
Mixte	2	0
<u>Traitement effectué via l'eau</u>		
Facteurs nutritionnels*	3	25
Traitement antibiotique	21	25
Vaccin*	0	25
Vermifuge*	8	0
Autres (AINS, acide, désinfectant)	3	1
<u>Traitement désinfectant continu</u>		
	15	20
<u>Traitement physico-chimique</u>		
Déferisation	5	9
Déferisation + Démanganisation	5	3
Acidification	0	2
Filtration	0	1
Acidification	0	1
Minéralite	0	1
<u>Pratiques en cours de lot</u>		
Vidange des canalisations	0	4
Purge des canalisations*	0	12
<u>Pratiques en vide sanitaire</u>		
Vidange des canalisations*	14	25
Purge des canalisations*	7	21
Produit basique*	2	20
Produit acide*	3	22
Désinfectant*	3	15

*différence statistiquement significative :
la réponse obtenue dépend du type de production considéré.

2.5. Traitements de désinfection de l'eau

Dans l'échantillon enquêté, seulement 60% des éleveurs de porcs contre 80% des éleveurs de poulets ont recours à un traitement désinfectant de l'eau en continu (Tableau 1). Certains éleveurs, tous avec une eau issue d'un forage, mettent également en place un traitement visant à améliorer la qualité physico-chimique de l'eau (déferisation et/ou démanganisation, acidification, adoucisseur ou minéralite, filtration). Pour les bâtiments « volailles », les cinq éleveurs qui ne mettent pas en place de traitement désinfectant utilisent l'eau du réseau.

Dans cette enquête, il apparaît que le type d'élevage n'influence pas la présence d'une désinfection de l'eau même s'il existe une plus grande variété dans la nature des traitements de désinfection utilisés chez les éleveurs de volaille (chloration (70%), systèmes type électrolyse (15%), désinfectants de type biguanide (15%)). Tous les éleveurs de porcs enquêtés désinfectant leur eau (15/25) utilisent la chloration. Néanmoins, pour certains de ces éleveurs la notion de temps de contact efficace avec l'eau n'est pas toujours prise en considération alors qu'elle est toujours respectée par les éleveurs de poulets de chair de notre échantillon.

Au sein des deux productions, la vérification de l'efficacité du traitement de désinfection continu n'est pas une pratique systématique. Elle est en général mise en place uniquement en cas d'apparition de troubles de santé.

2.6. Entretien des canalisations

Vis-à-vis de l'entretien des canalisations en cours de lot, aucun éleveur de porcs ne vidange ni ne purge les canalisations d'eau en post-sevrage alors que 72% des éleveurs de poulets de chair ont un protocole, la plupart du temps, réalisé à une fréquence d'une fois par semaine ou d'une fois toutes les deux semaines. Ces écarts se retrouvent aussi dans les pratiques mises en place durant le vide sanitaire. Tous les éleveurs de poulets de chair interrogés réalisent un protocole de façon systématique lors du vide sanitaire (vidanges systématiques des lignes de pipettes pour tous les éleveurs, purge du circuit dans 84% des cas, 80% mettent en place une base, 88% un acide et 60% un désinfectant) avec un protocole complet et dans l'ordre recommandé, à savoir « vidange-purges-base-acide-désinfectant », dans 44% des cas. Dans les salles de post-sevrage, l'unique pratique semble être le nettoyage des abreuvoirs en même temps que celui de la salle. Quatorze éleveurs déclarent vidanger les canalisations avant l'entrée des animaux et sept réalisent une « purge » (mais seulement deux éleveurs disposent de vannes de purge terminales en salle de post-sevrage). Un seul éleveur (éleveur ayant également un bâtiment de poulets de chair) réalise un protocole « base-acide-désinfectant » de façon systématique. Deux éleveurs de porcs affirment avoir essayé un protocole « base-acide » une fois mais

n'ont pas réitéré. En effet, ils déclarent que ces pratiques sont lourdes à mettre en place et n'ont pas mesuré l'impact sur la santé des animaux élevés dans ces salles.

2.5. Discussion générale

Les pratiques des deux productions se rejoignent concernant l'origine de l'eau, sa qualité, son utilisation comme vecteur et les traitements de désinfection continue ou physico-chimique mis en place.

En production avicole, l'eau de boisson est une voie fréquemment utilisée pour l'administration de différents traitements prescrits par le vétérinaire incluant les vaccins et les traitements antibiotiques. Cette voie est également de plus en plus utilisée chez le porc notamment du fait de l'arrêt de l'aliment médicamenteux en préventif et dans une démarche de réduction de l'utilisation des antibiotiques. L'eau de boisson est ainsi fréquemment utilisée pour les traitements thérapeutiques (antibiotiques, antalgiques, vitamines) mais également pour la vermifugation, la vaccination (développement de nouveaux vaccins administrables par voie orale) ou pour des facteurs nutritionnels. Non seulement l'acidification de l'eau mais également la distribution d'acides organiques aux animaux sont des pratiques répandues dans les deux productions, notamment pour la prévention des troubles digestifs et la stabilisation de la flore intestinale.

La conduite et l'analyse des questionnaires a également permis de mettre en relief l'importance accordée par la production de volailles à l'entretien systématique des canalisations d'eau et le retard ou la méconnaissance de ces protocoles en porc. En effet, les différences se retrouvent dans le suivi de la consommation d'eau et dans les pratiques d'entretien des canalisations d'eau par la mise en place de mesures visant à lutter contre le développement de biofilm aussi bien durant le vide sanitaire qu'en cours de lot (purge et protocole base-acide-désinfectant). Pourtant ces protocoles permettent un entretien hygiénique régulier des conduites et participent à la prévention sanitaire (Chazarenc, 2010). Sachant que la formation du biofilm est possible même avec une eau propre (Momba et al., 1998) et que celle-ci est fortement influencée par la température et le débit d'eau (Silhan et al., 2006), l'effet mécanique de la purge est essentielle. Cette dernière est actuellement difficilement possible en élevage porcin du fait d'une absence de matériel permettant de mettre l'eau sous pression (réducteur de pression et vanne de purge).

Cette étude souligne l'existence de pratiques et une sensibilisation plus avancées dans la production de volailles de chair afin d'assurer à leurs animaux une eau d'abreuvement de qualité. Ces différences peuvent s'expliquer par l'existence de chartes plus systématiques en volailles et par le fait que les

conseillers d'élevages (techniciens ou vétérinaires) soient plus sensibilisés à ces pratiques depuis de nombreuses années dans cette production.

CONCLUSION

Dans un contexte de diminution de l'usage des antibiotiques, il est important de garantir une qualité d'eau optimale afin de prévenir de l'apparition de troubles de santé.

REMERCIEMENTS

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thèse vétérinaire réalisée en coopération avec Sanders Ouest et Bretagne. Les auteurs remercient l'ensemble des éleveurs ayant participé à l'étude, les techniciens ainsi que les vétérinaires pour leur implication et leur aide.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anses. 2010. Etat des lieux des pratiques et recommandations relative à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage. Saisine 2008-SA-2012.
- Gogny M. and Debrueker M., 1999. L'eau de la source à l'animal en élevages porcins et avicoles : Physiologie : pourquoi et comment boivent-ils ? ; Pathologie : l'eau facteur de risque en volailles, ISPAIA, Journée technique.
- Chazarenc F., 2010. Biofilm dans les élevages avicoles : mécanismes de développement et stratégies de contrôle. *Rippa 2010*. Rennes, France.
- Fairchild B. D., Ritz C. W., 2009. Poultry drinking water primer. UGA extension Bulletin 1301, University of Georgia Cooperative Extension, Georgia, <http://extension.uga.edu/publications/detail.cfm?number=B1301>
- Momba M. N., Cloete T. E., Venter S. N., Kfir R., 1998. Evaluation of the impact of disinfection processes on the formation of biofilms in potable surface water distribution systems. *Water Science and Technology*. 38 :283-289.
- Silhan J., Corfitzen C., Albrechtsen H., 2006. Effect of temperature and pipe material on biofilm formation and survival of *Escherichia coli* in used drinking water pipes: a laboratory-based study. *Water Science and Technology*. 54 :49-56.
- Wingender J., Flemming H., 2011. Biofilms in drinking water and their role as reservoirs for pathogens. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 214 :417-423.

L'étude souligne ainsi l'intérêt de proposer des protocoles similaires d'entretien des canalisations d'eau (purge avec une véritable action de mise sous pression de l'eau associée à un protocole base-acide-désinfectant) et de les appliquer de façon standardisée et régulière et non au cas par cas lors de l'apparition d'un trouble de santé au sein des élevages de porcs en post-sevrage notamment.

**LA GESTION DE L'EAU D'ABREUVEMENT EN ELEVAGES CUNICOLE ET
AVICOLE :
MIEUX COMPRENDRE LES DIFFERENTES ATTITUDES DES ELEVEURS POUR
LES SENSIBILISER EFFICACEMENT**

Rousset Nathalie¹, Baudin Jade¹, Travel Angélique¹, Evrat-Georgel Caroline²

¹*ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris, France*

²*Idele, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France*

rousset@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

En élevages avicole et cunicole, la maîtrise de la qualité de l'eau d'abreuvement, constitue une mesure de prévention sanitaire importante. Des guides techniques sur les objectifs à atteindre et sur les bonnes pratiques de sa gestion existent. Toutefois, le niveau de réceptivité et d'application des conseils est très différent entre éleveurs. Afin de construire des actions de sensibilisation et d'accompagnement efficaces, une étude qualitative a été conduite auprès de 11 éleveurs de lapins et 7 éleveurs de poulets, afin d'identifier et comprendre les différentes attitudes sur la gestion de l'eau. Les résultats montrent que la qualité de l'eau n'est pas citée par les éleveurs comme étant le premier levier de maîtrise de la santé animale. La majorité des éleveurs définissent la qualité d'eau de manière très générale, peu précise, en s'appuyant pour certains sur des critères d'apparence visuelle. Quatre profils ont été identifiés pouvant être représentés selon deux axes : le niveau de connaissances et le niveau de sensibilisation sur le sujet : 1/ « L'eau, c'est le sujet sur lequel, personnellement je ne me penche pas ». Il faudra développer des outils pour attirer l'attention de ce profil et sensibiliser au sujet. 2/ « L'eau, je ne m'y intéresse pas actuellement, mais peut être que je devrais ». Il faudra les intéresser, expliquer, les motiver. 3/ « L'eau, je sais que c'est important mais... ». Il faudra les décider, et les inciter à changer. 4/ « L'eau c'est ce qu'il y a de plus important ». Il faudra à ces éleveurs des conseils plus pointus techniquement, pour les inciter à agir, les guider davantage. Sur la base de ces profils, des supports adaptés sont en cours de construction.

ABSTRACT

Water management practices in rabbit and poultry farms: improve understanding of different attitudes to sensitize farmers effectively

In poultry and rabbit farms, water management practices have to permit the control of water quality as an important animal health prevention lever. Technical guides expose good water management practices, and the objectives on criteria of water quality. However, the level of receptivity and application of these advices is very different between breeders. In order to sensitize farmers effectively, a qualitative study was conducted with 11 rabbit farmers and 7 broilers farmers, to improve understanding of different attitudes to water management practices. The results show that farmers do not mention the quality of the water as being the first lever of control of the animal health. The majority of breeders define the quality of water in a very general, imprecise way, relying for some on criteria of visual appearance. Four profiles have been identified that can be represented along two axes: the level of knowledge and the level of sensitiveness on the subject: 1 / "Water quality is the subject about that I personally do not interest me at all". It will be necessary to develop tools to nudge these breeders and to raise sensitiveness them about this subject. 2 / "Water quality, I'm not actually interested by that, but maybe I should." It will be necessary to interest these breeders, to explain, to motivate them. 3 / "Water quality, I know it's important but ..." These farmers will have to be decided and encouraged to change. 4 / "Water quality is the most important lever". These breeders require advices that are more personal. It will be necessary to encourage them, to guide them more. Based on these profiles, suitable supports are being built.

CONTEXTE ET INTRODUCTION

Parce qu'elle contribue aux principales fonctions des organismes, l'eau est indispensable à la vie (Anses, 2010). L'eau est considérée comme le 1^{er} aliment des lapins et des volailles. La maîtrise de sa qualité, constitue une mesure de prévention sanitaire importante et un facteur de réussite technico-économique (CRAPL et al., 2011 ; CRAPL et al, 2007). Qu'elle provienne du réseau d'adduction publique ou d'un forage, l'eau peut se contaminer par des éléments indésirables et pathogènes. En effet, elle emprunte des terrains de nature géologique variée et soumis à divers polluants. Au sein de l'élevage, l'eau traverse des canalisations dans lesquelles du biofilm peut se développer (Anses, 2010).

Des guides techniques sur les objectifs à atteindre en terme de qualité physico-chimique et bactériologique et sur les bonnes pratiques de gestion ont été créés et diffusés aux conseillers et éleveurs entre 2007 et 2011 (CRAPL et al., 2011 ; CRAPL et al, 2010 ; CRAPL et al, 2007). Toutefois, le niveau de réceptivité et d'application des conseils est très différent entre éleveurs et de réels problèmes techniques demeurent. Afin de construire des actions de sensibilisation et d'accompagnement efficaces, une étude qualitative a été conduite auprès d'éleveurs. Cette enquête s'intéresse aux freins et motivations explicatifs du comportement et du changement, en l'occurrence ici, les pratiques de gestion de l'eau d'abreuvement mises en œuvre, et vise à identifier et comprendre les différentes attitudes des éleveurs vis-à-vis de la gestion de la qualité de l'eau.

1. METHODES

1.1 Une enquête qualitative

Des entretiens semi-directifs ont été conduits auprès d'éleveurs de lapins et de poulets en production conventionnelle (l'enquêteur a listé à l'avance les thèmes qu'il souhaite aborder, mais il favorise l'expression spontanée, libre de l'enquête). Un guide d'entretien avec des questions ouvertes et des relances a été construit en s'appuyant sur un cadre théorique sur les facteurs du comportement ou du changement de pratiques. Ces facteurs peuvent ainsi être regroupés en quatre groupes : 1) les connaissances, qu'il s'agisse de connaissances scientifiques ou techniques, mais aussi de connaissances empiriques ; 2) les représentations sociales, c'est-à-dire les manières de penser, de s'approprier et d'interpréter la réalité quotidienne, cela recouvre ce qu'on appelle également les attitudes, les croyances, les opinions ; 3) les aspects matériels, commodités pratiques par exemple, mais également aspects économiques (revenu, capacité d'investissement) ; 4) les personnes avec lesquelles l'éleveur échange (son réseau), que ce soit dans la sphère professionnelle ou personnelle (Kling-Eveillard et al, 2012).

1.2 Une analyse des discours recueillis

Le contenu de chaque entretien a tout d'abord été analysé thème par thème, afin d'identifier la diversité des discours pour chacun des thèmes (présentation générale de l'exploitation, de l'éleveur, la santé animale, la qualité de l'eau et sa gestion, les attentes en matière de conseil). Dans un second temps, une analyse transversale sur l'ensemble des thèmes a été réalisée afin de dégager des profils d'éleveurs ayant globalement des attitudes similaires, et permettant ainsi de révéler des logiques d'action (Kling-Eveillard et al, 2012).

1.3 Le choix des éleveurs interrogés

L'échantillon enquêté a été choisi de manière à ce qu'il soit représentatif de la diversité des situations, dans l'objectif d'approcher la diversité des attitudes existantes, sans chercher à obtenir une représentativité statistique. Des critères d'inclusion ont été définis au préalable, permettant de définir la population cible (taille de l'atelier, secteur géographique, performances technico-économique), et une répartition de l'échantillon entre différentes situations (mise en place d'un traitement biocide sur l'élevage, origine de l'eau, encadrement technique).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 Les éleveurs interrogés

Dix-huit éleveurs ont été interrogés entre mai et juillet 2017 : 11 éleveurs de lapins et 7 éleveurs de poulets en production conventionnelle. L'échantillon est composé en majorité d'hommes (14/18), entre 40 et 50 ans pour la plupart. 5/11 éleveurs de lapins possèdent un atelier entre 400 et 800 cages-mères, 6/11 possèdent un atelier > 800 cages-mères, et 7/7 éleveurs de poulets possèdent un atelier > 2 000 m². 7/18 éleveurs sont localisés en Bretagne (3 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets), les autres en Pays-de-la Loire (8 éleveurs de lapins et 3 éleveurs de poulets). 15/18 éleveurs présentent des performances technico-économique dans la moyenne de leur groupement. Seuls 3 éleveurs de lapins se situent dans le quart inférieur ou le quart supérieur des performances technico économiques de leur groupement. Par ailleurs, 13/18 éleveurs sont équipés d'un ou plusieurs traitements biocides de l'eau (6 éleveurs de lapins et 7 éleveurs de poulets). L'eau est originaire du réseau public pour 9/18 éleveurs (en majorité des éleveurs de lapins), d'un forage privé pour 7/18 éleveurs, et des deux pour 2/18 éleveurs. Les 5 groupements en production cunicole et 3 groupements en production avicole sont représentés de manière équivalente (soit 2 à 3 éleveurs par groupement).

2.2 La santé animale décrite par les éleveurs

Les facteurs de maîtrise de la santé des animaux, cités spontanément par les éleveurs, sont tout d'abord, les conditions d'ambiance du bâtiment, en particulier la température, l'humidité, les gaz nocifs (14/18 : 8

éleveurs de lapins et 6 éleveurs de poulets) : « *si je maîtrise mieux ma ventilation, je maîtrise mieux ma litière et donc mes problèmes de pattes* ». Ce palmarès, peut sans doute être mis en relation avec le fait que l'ambiance de bâtiment est évoquée, plus en amont dans l'entretien, comme un point de préoccupation majeure pour les éleveurs, particulièrement difficile à maîtriser. La qualité de l'aliment est le second facteur le plus cité par les éleveurs (9/18 : 6 éleveurs de lapins et 3 éleveurs de poulets). La qualité de l'eau arrive en 3^{ème} position (7/18 : 5 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de volailles). Enfin, les vecteurs potentiels de pathogènes extérieurs à l'élevage (humains, matériels, faune sauvage) sont cités en 4^{ème} position (6/18 : 4 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets).

La qualité de l'eau est citée spontanément par moins de la moitié des éleveurs interrogés. Cependant, la totalité des éleveurs confirme qu'il s'agit d'un facteur important lorsque l'enquêteur évoque spécifiquement ce sujet (10/18 confirme son importance à l'enquêteur, en plus de ceux qui le cite spontanément : 5 éleveurs de lapins et 5 éleveurs de poulets) : « *en lapin, c'est le gros point noir* », « *l'eau joue sur 75 % de l'élevage avicole, si l'eau n'est pas bonne, tu n'y arriveras pas* ».

Au final, il est possible de distinguer trois attitudes différentes sur le thème de la gestion de la santé animale en lien avec la qualité de l'eau. La qualité de l'eau est un facteur de maîtrise de la santé animale important et sur lequel il faut travailler en priorité pour un premier groupe d'éleveurs (7/18 : 5 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets). Ces éleveurs indiquent que la santé des animaux est plutôt difficile à maîtriser sur leur élevage, et citent spontanément la qualité de l'eau comme facteur de maîtrise. Certains d'entre eux expliquent avoir été confrontés dans leur élevage à des pathologies ayant un lien direct avec la qualité de l'eau, d'autres s'appuient sur les connaissances qu'ils ont acquises. Pour les autres éleveurs (11/18), la qualité de l'eau est un paramètre moins prioritaire. Deux sous-groupes peuvent se distinguer. Un premier sous-groupe (7/11 : 5 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets) se sent néanmoins concerné par ce sujet car ils ont identifié dans leur élevage des pathologies ayant un lien direct avec la qualité de l'eau, mais ces éleveurs sont en premier lieu, préoccupés par la gestion de l'ambiance ou la qualité de l'aliment. Un second sous-groupe (4/11 : 2 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets), ne se sent pas particulièrement concerné par des problèmes sanitaires induit par une mauvaise qualité d'eau dans leur élevage. Néanmoins, certains d'entre eux ont cités des pathologies dans leur élevage qui potentiellement pourraient être induite par une mauvaise qualité d'eau. Ceci suggérerait peut-être un manque de connaissances.

2.3 Les connaissances des éleveurs

Moins de la moitié des éleveurs interrogés (7/18 : 5 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets) expose une définition assez précise de la qualité d'eau en

s'appuyant sur des critères physico-chimiques et bactériologiques chiffrés : « *il faut que l'eau ait un pH à 6-7, une dureté à 15, pas de coliformes...* ». Le pH est très souvent cité, car beaucoup d'entre eux ont identifié un pH trop basique chez eux. La majorité des éleveurs (11/18 : 6 éleveurs de lapins et 5 éleveurs de poulets) définit la qualité d'eau de manière très générale, peu précise, en s'appuyant pour certains sur des critères d'appréciation visuelle ou peu précis : « *c'est une eau claire, propre* », « *il faut qu'elle soit consommable pour les Hommes et les animaux* ».

La notion de biofilm est plus facilement définie par les éleveurs interrogés. En effet, la majorité d'entre eux (16/18 : 10 éleveurs de lapins et 6 éleveurs de poulets) évoquent soit la sensation de gras qui permet de le détecter au toucher, et certains parlent des micro-organismes responsables de sa formation : « *ce sont des algues présentes dans l'eau je pense* », « *l'image du biofilm, c'est un gros dépôt noir, gras, qui bouche les canalisations, c'est tous les micro-organismes qui se développent* ».

Bien que tous les éleveurs n'indiquent pas une définition précise du biofilm, ils expliquent tous que son développement dans les canalisations a des conséquences négatives sur la gestion de l'eau : altération de la qualité bactériologique de l'eau avec des impacts sur la santé animale (pathologies, mortalité) (15/18), obstruction des canalisations avec un impact sur la consommation d'eau (7/18). Par ailleurs, la majorité d'entre eux cite des leviers d'actions pour le maîtriser. Ainsi, les purges sont les plus souvent citées (13/18 : 8 éleveurs de lapins et 5 éleveurs de poulets). Les traitements biocides sont cités en second (9/18 : 5 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets).

2.4 Les freins et motivations à la mise en œuvre des bonnes pratiques

Tous les éleveurs interrogés expliquent réaliser des purges des canalisations pour maîtriser la qualité de l'eau. Cependant, tous ne décrivent pas le même procédé (moment et méthode). La moitié d'entre eux (9/18 : 3 éleveurs de lapins et 6 éleveurs de poulets) indique réaliser des purges régulières en cours d'élevage, toutes les semaines. L'autre moitié réalise des purges ponctuelles en cours de lot (après un traitement médicamenteux ou systématiquement une fois par lot) ou uniquement au vide sanitaire lors des opérations de nettoyage et de désinfection. Une grande majorité des éleveurs expliquent réaliser ces purges pour nettoyer les canalisations (17/18 : 10 éleveurs de lapins et 7 éleveurs de poulets). Une partie des éleveurs (6/18 : 4 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets) ajoute que cette pratique permet d'assurer la distribution d'une eau fraîche pour les animaux. Les éleveurs semblent donc avoir une représentation plutôt positive des purges de canalisations dans leur travail quotidien, ce qui peut constituer un facteur explicatif de leur mise en œuvre. Le technicien d'élevage semble être par ailleurs un facteur de motivation important pour les éleveurs, puisque plus de la moitié d'entre eux indique réaliser cette pratique

sur son conseil (12/18 : 8 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets).

Des analyses de la qualité de l'eau sont réalisées au minimum une fois par an par une majorité d'éleveurs (13/18 : 8 éleveurs de lapins et 5 éleveurs de poulets). Si une majorité d'entre eux réalise ces analyses d'eau par obligation de leur cahier des charges (11/18 : 8 éleveurs de lapins et 3 éleveurs de poulets), certains éleveurs indiquent avoir un intérêt particulier pour ce suivi (7/18 : 3 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets). Ils les utilisent comme des indicateurs de suivi de la qualité de leur eau. Cependant leur intérêt ne présage pas systématiquement d'une fréquence élevée des analyses : parmi ces 7 éleveurs, seuls 2 réalisent une analyse moins d'une fois par an. Les principaux freins évoqués à la réalisation plus régulière des analyses d'eau, sont le manque de temps, la confiance *a priori* dans la bonne qualité de l'eau de l'élevage, le coût des analyses.

La plupart des éleveurs (17/18) utilisent un traitement de l'eau mais avec des procédés différents (nature et finalité du traitement). 12/18 éleveurs utilisent un traitement biocide : chlore ou peroxyde pour la plupart (6 éleveurs de lapins et 6 éleveurs de poulets). 9/18 éleveurs (4 éleveurs de lapins et 5 éleveurs de poulets) utilisent un acide en continu (dont 6 éleveurs en même temps qu'un traitement biocide). 2/18 éleveurs (1 éleveur de lapins et 1 éleveur de poulets) utilisent un traitement pour déferiser. La grande majorité des éleveurs (16/17) expliquent leurs motivations à l'utilisation de ces traitements, avec un objectif global d'amélioration de la qualité de l'eau et de maîtrise de la santé animale.

Une majorité d'éleveurs expliquent réaliser un protocole complet de nettoyage et de désinfection de leurs canalisations lors des vides sanitaires (base, rinçage sous pression, acide, rinçage sous pression,) (12/18 : 8 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets). En revanche, une partie des éleveurs ne suit pas ou pas systématiquement ce protocole recommandé, pour des raisons diverses. Un éleveur de lapins ne réalise ce protocole qu'en salle d'engraissement car il ne peut pas réaliser de vide sanitaire dans sa salle de maternité (frein organisationnel). Un éleveur de poulets utilise un traitement biocide en continu durant le lot, puis assèche ses canalisations durant le vide sanitaire en réalisant une purge. Cet éleveur considère ainsi maîtriser le biofilm dans son élevage, et qu'un protocole de nettoyage et de désinfection base/acide n'est donc pas une pratique justifiée. Les 4 éleveurs restant, procèdent d'une autre manière en poursuivant le traitement biocide de l'eau pendant le vide sanitaire sans réaliser de réelle procédure de nettoyage et une désinfection. Trois de ces éleveurs expliquent que leur façon de faire est efficace pour maîtriser le biofilm et un éleveur indique que l'acide pourrait détériorer les canalisations. Le frein à la réalisation d'un protocole de nettoyage et désinfection tel qu'il est recommandé, semble donc lié à un manque de connaissances.

Le manque de temps pour la réalisation de certaines pratiques ou le changement de pratiques, ne semble pas constituer un frein important exprimé par les

éleveurs. Une majorité d'entre eux (11/18 : 7 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets) estime en effet que passer plus de temps à la gestion de la qualité d'eau pourrait être un facteur d'amélioration de leurs résultats technico-économiques. Par ailleurs, 8/18 éleveurs (5 éleveurs de lapins et 3 éleveurs de poulets) se disent prêts à y consacrer plus de temps.

En croisant les thèmes des connaissances et des pratiques mises en œuvres, il est possible de distinguer trois profils d'éleveurs. Un premier groupe d'éleveurs (9/18 : 5 éleveurs de lapins et 4 éleveurs de poulets) semble posséder des connaissances solides sur la qualité de l'eau et sur les pratiques de gestion recommandées. Pour ces éleveurs, la maîtrise de la qualité de l'eau sur leur élevage est généralement une priorité, et ils expliquent mettre en œuvre certaines pratiques dans cet objectif. Ce sont des personnes qui indiquent chercher à s'améliorer, ils réalisent des tests, des expériences de changements de pratiques. Un second groupe d'éleveurs semble posséder des connaissances moins complètes. Deux sous-groupes peuvent se distinguer. Un premier sous-groupe (6/18 : 4 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets) semble posséder des connaissances partielles sur les pratiques recommandées pour la maîtrise de la qualité de l'eau et les mettent en pratique au quotidien. Ils semblent conseillés de manière importante par leur technicien d'élevage et expliquent vouloir s'améliorer. Le second sous-groupe (3 éleveurs : 2 éleveurs de lapins et 1 éleveur de poulets) possède globalement peu de connaissances sur la qualité de l'eau et applique peu de pratiques recommandées pour sa maîtrise. Ces éleveurs ne cherchent pas à s'améliorer

2.5 Les attentes en terme de conseils

Si la majorité des éleveurs déclare être suffisamment conseillée (11/18 : 6 éleveurs de lapins et 5 éleveurs de poulets), certains expriment des attentes (7/18 : 5 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets) portant d'une part, sur des explications des liens entre les objectifs sur les critères de qualité de l'eau, et les impacts sur la santé animale : « *on a été informé sur les pratiques, mais c'est tout. On nous a juste dit qu'il fallait que le pH se situe entre 6 et 7* » ; d'autre part sur des informations techniques sur les nouveautés (équipement, avancées techniques...) : « *il y a toujours des nouveautés, il faudrait répéter les informations* ».

On note que les guides techniques sur les objectifs à atteindre en terme de qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau et sur les bonnes pratiques de sa gestion semblent effectivement peu connus par le public d'éleveurs interrogés (5/18 éleveurs connaissent ces guides : 3 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets).

2.6 Des attitudes différentes

L'analyse transversale des entretiens permet de distinguer 4 profils d'éleveurs caractérisés par des attitudes différentes vis-à-vis de la gestion de la qualité de l'eau :

1/ « L'eau c'est le sujet sur lequel moi personnellement je ne me penche pas » (6/18 : 3 éleveurs de lapins et 3 éleveurs de poulets) : ces éleveurs possèdent globalement peu de connaissances sur le sujet, et n'ont pas établi de lien entre qualité d'eau et santé animale. La maîtrise de la qualité de l'eau n'est pas leur priorité car ce risque n'est pas visible sur leur élevage. Ces éleveurs observent peu de pratiques recommandées et ne cherchent pas particulièrement à s'améliorer.

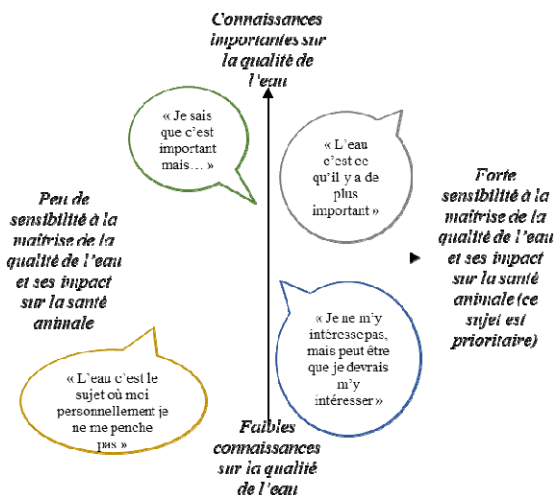
2/ « Je ne m'y intéresse pas, mais peut être que je devrais m'y intéresser » (3/18 : 2 éleveurs de lapins et 1 éleveurs de poulets) : ces éleveurs possèdent quelques connaissances sur le sujet. Ils n'ont pas toujours été confronté directement à des problèmes sanitaires en lien avec la qualité de l'eau sur leur élevage, mais y sont sensibilisés et ont conscience de ce facteur de risque important. Cependant, ils ont souvent d'autres problèmes techniques prioritaires à travailler. Ils observent néanmoins un certain nombre de pratiques recommandées.

3/ « Je sais que c'est important mais... » (4/18 : 3 éleveurs de lapins et 1 éleveur de poulets) : ces éleveurs ont des connaissances sur la gestion de la qualité d'eau et ses impacts pour la santé animale. Ils observent un certain nombre de pratiques recommandées mais pas systématiquement. Ils déclarent généralement être prêts à y accorder plus de temps à conditions que cela améliore leurs résultats technico-économiques.

4/ « L'eau c'est ce qu'il y a de plus important » (5/18 : 3 éleveurs de lapins et 2 éleveurs de poulets) : ces éleveurs connaissent bien le sujet et les impacts sur la santé animale. La plupart ont eu à gérer des problèmes sanitaires en lien direct avec la qualité de l'eau sur leur élevage. Ils observent beaucoup de pratiques recommandées et souhaitent s'améliorer en étant accompagnés dans leur démarche pour se rassurer dans leurs choix.

Ces 4 profils peuvent être représentés selon deux axes : le niveau de connaissance sur les pratiques de gestion de la qualité de l'eau et ses impacts sur la santé animale, le niveau de sensibilisation sur le sujet (« ça me concerne ») (figure 1).

Figure 1. Typologie des attitudes vis-à-vis de la gestion de l'eau d'abreuvement



CONCLUSION

Cette étude montre qu'une partie des éleveurs ne se sent pas suffisamment concernée par la gestion de l'eau d'abreuvement pour appliquer systématiquement les pratiques recommandées. Le niveau de connaissances en particulier sur les liens entre qualité d'eau et impacts sur la santé animale apparaît comme un facteur important de motivation. Afin de construire des actions de sensibilisation et d'accompagnement, il est intéressant de s'appuyer sur des méthodes développées en publicité comme le modèle AIDA (Attention, Intérêt, Désir et Action) (Idele, 2005). Ainsi, pour le premier profil identifié, une affiche de sensibilisation a été créée avec le message « l'eau, leur capital santé, prenez en soin – Soyez au top ». L'objectif étant d'attirer l'attention sur le sujet. Le second profil est sensibilisé au sujet mais celui-ci n'est pas prioritaire. Un outil d'auto-évaluation simple et rapide en cours de développement visera à les intéresser, expliquer, motiver. Les deux derniers nécessitent un accompagnement individualisé, afin de lever les freins, apporter des informations techniques plus pointues, pour les inciter à agir, les guider davantage.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier de la DGAL dans le cadre du plan Ecoantibio2017. Les auteurs remercient l'ensemble des éleveurs ayant participé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anses, 2010. In : Etat des lieux des pratiques et des recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage (Anses édit), pp 121
- CRAPL, ITAVI, GDS Bretagne, GDS Mayenne, 2010. In : Eau de boisson en élevage avicole – la qualité bactériologique : un facteur de réussite – Systèmes de traitement : actualisation des données (CRAPL édit), pp4
- CRAPL, ITAVI, GDS Bretagne, GDS Mayenne, Groupe Chêne vert, 2007. In : Eau de boisson en élevage avicole – un levier majeur de réussite – Systèmes de traitement : actualisation des données (CRAPL édit), pp12
- CRAPL, ITAVI, SNGTV 2011. In : Eau de boisson en élevage cynicole – un facteur majeur de réussite – Systèmes de traitement : actualisation des données (CRAPL édit), pp16
- Kling-Eveillard F., Frappat B., Couzy C., Dockès A-C., 2012. In : Les enquêtes qualitatives en agriculture. De la conception à l'analyse des résultats. Institut de l'élevage (Idele édit) pp 95.
- Idele, 2005. In : Concevoir et animer une action de conseil collectif, Collection méthode et outils (Idele édit), pp51.

MESURAGE DES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE DE CARBONE EN BATIMENT DE POULETS DE CHAIR

Créach Pauline¹, Robin Paul², Keita Alassane³, Nicolas Christian⁴, Amand Gérard¹, Pigache Elodie¹, Prigent Jean-Philippe⁵, Le Comte Marcel², Tavares Manuel³, Galliot Pascal¹, Rousset Nathalie¹.

¹ ITAVI – 41 rue de Beaucemaine – 22440 PLOUFRAGAN ; ² INRA UMR SAS – rue de Saint Briec- RENNES ; ³ ANSES SELEAC – 41, rue de beaucemaine, 22440 PLOUFRAGAN ; ⁴ Chambre d'agriculture de Bretagne, Carhaix ; ⁵ Avipôle Formation, 22440 PLOUFRAGAN

creach@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

La directive européenne 2007/43/CE établissant des normes pour la protection des poulets de chair, fixe une limite de 3000 ppm de concentration en dioxyde de carbone (CO₂) à ne pas dépasser au niveau animal, sur toute la durée du lot. Depuis, les capteurs de concentration de CO₂ se développent dans les bâtiments avicoles français. Le but de cet article est de fournir des conseils méthodologiques pour la mesure continue des concentrations de CO₂ en bâtiment de poulets de chair, au regard des spécifications techniques des capteurs commerciaux de CO₂ et de leur position optimale dans un poulailler. Divers capteurs de CO₂ ont été comparés en bâtiment commercial. L'analyse de la précision et du temps de réponse de chaque capteur a montré que deux capteurs sur cinq n'étaient pas appropriés pour une utilisation en poulailler. Des essais en conditions expérimentales montrent que la position du capteur de CO₂ à 80 cm +/- 20 cm de hauteur, entre les lignes de pipettes et de mangeoires, semble être le meilleur compromis pour mesurer, non seulement une concentration de CO₂ représentative de ce que respire l'animal mais aussi de la concentration globale du bâtiment. Cependant d'après les mesures réalisées en bâtiments commerciaux en fin de lot, cette hauteur peut sous-estimer les concentrations de CO₂ au niveau de l'animal, en cas de forte production de CO₂ par les animaux et la litière. Dans les bâtiments commerciaux étudiés, l'hétérogénéité horizontale du CO₂ était plus élevée au début du lot qu'à la fin. Ces résultats suggèrent d'utiliser plus d'un capteur de concentration en CO₂ pour des mesures en continu en poulailler afin de caractériser cette hétérogénéité. Selon les tests des capteurs, il est préférable d'investir dans un capteur performant et dans sa maintenance plutôt que dans l'achat d'un capteur supplémentaire.

ABSTRACT

Measuring carbon dioxide concentrations in broiler houses

European directive 2007/43/CE establishing standards for the protection of broilers, sets a limit of 3000 ppm of carbon dioxide (CO₂) concentration not to be exceeded at animal's level, over the entire duration of the flock. Since then, CO₂ concentration sensors are developing in French poultry buildings. The purpose of this article is to provide methodological advices for continuous measurement of CO₂ concentrations in a broiler house, by looking at CO₂ commercial sensors' technical specifications and their optimal position in barn.

Various CO₂ sensors were compared in a commercial barn. Analysis of accuracy, response time and drift in time of each sensors showed that two sensors over five were not suitable to be used for CO₂ monitoring and/or control in poultry houses. Tests in experimental conditions show that the position of the CO₂ sensor at 80 cm +/- 20 cm of height, between pipets and feeders appeared to be the best compromise to measure, not only a representative CO₂ concentration at animal's level but also of the whole house. However according to measurements done in commercial barns at the end of the flock, this height can underestimate CO₂ concentrations at animal's level in case of high CO₂ productions by animals and litter. In the observed commercial barns, the horizontal heterogeneity of CO₂ was higher at the beginning of the flock than at the end. These results suggest using more than one CO₂ sensors for continuous measurements in poultry barns to characterize this heterogeneity. According to the sensors's tests, first level investment should be in high-performance sensor and in its maintenance than purchasing an additional sensor.

INTRODUCTION

En bâtiment avicole, le dioxyde de carbone (CO₂) est produit par la respiration des animaux, la dégradation aérobie des matières de la litière par les microorganismes et la combustion de matériaux carbonés, d'énergie fossile et de matières organiques (Hassouna et al., 2015). Les dispositifs de chauffage à combustion directe (combustion du gaz propane avec rejet des gaz à l'intérieur du bâtiment) constituent une source importante de production de CO₂ dans l'ambiance des bâtiments. **Le dioxyde de carbone est une molécule naturellement présente dans l'atmosphère.** La concentration dans l'air extérieur environne les 400 ppm (INRS, 2005). Le gaz carbonique est un gaz à effet de serre, inodore, incolore et plus lourd que l'air. La concentration dans l'air intérieur des bâtiments d'élevage est un **indicateur du niveau de confinement de l'air.**

Dans les bâtiments d'élevage de poulets de chair, la présence de capteurs de CO₂ s'est développée depuis l'application de la réglementation européenne sur le bien-être des poulets de chair (directive 2007/43/CE). Cette réglementation fixe en effet un plafond à 3 000 ppm à ne pas dépasser sur toute la durée de l'élevage, à hauteur des animaux. Le CO₂ peut *in fine* avoir des effets négatifs sur la santé, le bien-être et les performances des poulets (McGovern, 2001 ; Olanrewaju et al., 2008 ; Scientific Committee on Animal Health and animal Welfare, 2000 ; Reece, 1980).

Au démarrage, des concentrations supérieures à 3 000 ppm peuvent être mesurées. En effet, dans les 10-15 premiers jours les besoins thermiques des poussins sont plus importants qu'en fin de lot et certains éleveurs ont tendance à sous-ventiler (débit de renouvellement faible) pour éviter d'évacuer la chaleur du bâtiment et limiter les coûts liés au chauffage (Robin et al., 2017). La concentration en CO₂ est d'autant plus élevée avec l'utilisation de chauffage à combustion directe.

Cet article a pour objectif (1) d'évaluer la performance de capteurs de concentration en CO₂ (2) et de conseiller sur la position du capteur en bâtiment de poulets de chair pour une mesure représentative de l'ambiance moyenne du bâtiment, à hauteur des volailles.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Comparaison de différents capteurs de concentrations en CO₂

1.1.1 Description des capteurs de concentrations en CO₂ testés (Tableau 1)

4 capteurs de concentrations en CO₂ dit « autonomes » (numérotés de C1 à C4) ont été testés ainsi qu'un capteur de concentrations en CO₂ dit « dépendant » (numéroté C5). Le capteur « autonome » est constitué d'une sonde pour mesurer les concentrations en CO₂, d'un boîtier d'acquisition avec affichage de la mesure et d'une batterie. Ce type de capteur est généralement utilisé pour des mesures ponctuelles des concentrations en CO₂ et peut aussi être utilisé pour des mesures en continu. Le capteur « dépendant » est uniquement constitué d'une sonde. Il doit être raccordé à une centrale d'acquisition ou au boîtier de régulation du bâtiment pour pouvoir accéder au résultat de la mesure. Ce type de capteur est utilisé pour des mesures en continu des concentrations en CO₂.

Les critères de choix pour l'achat des capteurs de concentration en CO₂ pour des mesures en bâtiment avicole sont :

- Une **plage de mesure** comprise entre **0 et 10 000 ppm** pour être capable de mesurer certains pics de concentration particulièrement au démarrage du lot de volailles.
 - Une **précision de 100 ppm** pour obtenir le meilleur compromis entre le besoin de précision pour caractériser la diversité des situations rencontrées en élevage **et un niveau d'exigence pas trop élevé pour limiter le coût** (<2000€ par appareil) des capteurs et leur vérification régulière.
- Les besoins en termes d'**inertie** (=temps de réponse) du capteur sont liés à l'utilisation que l'on fait de ce capteur. Pour un usage en bâtiment, une inertie qualifiée comme :
- faible (=forte réactivité du capteur) peut être considérée comme étant inférieure ou égale à 5 minutes ;
 - modérée (=réactivité moyenne du capteur) entre 5 et 10 minutes ;
 - élevée (=faible réactivité du capteur) supérieure ou égale à 10 minutes.

La technologie infrarouge non dispersif (IRND) a été ciblée pour l'achat de tous les capteurs puisqu'elle semble être le meilleur compromis entre le coût du capteur, le peu de sensibilité à la dérive dans le temps (variation du biais au cours du temps) et aux interférences avec d'autres gaz. De plus, elle ne nécessite pas de consommable autre que l'électricité.

1.1.2 Comparaison des performances de capteurs de concentration en CO₂ en élevage commercial

Les 5 capteurs ont été placés ensemble à 80 cm du sol, au centre d'un bâtiment commercial de poulets de chair, en présence des volailles et sur toute la durée du lot (46 jours en période estivale). Pour les besoins de comparaison, les concentrations en CO₂ ont été mesurées en continu. La fréquence d'acquisition des données pour les capteurs était inférieure ou égale à 3 minutes, de façon à capter les variations temporelles des concentrations en CO₂. Les concentrations en CO₂ des 5 capteurs ont été comparées à celles mesurées par un analyseur de gaz INNOVA 1412® (spectrométrie photoacoustique infrarouge ; précision de 1 %). La concentration mesurée par l'analyseur a été retenue comme référence pour la comparaison, ci-après dénommée « référence ». L'échantillonnage de la référence a été réalisé au niveau des 5 capteurs testés et la fréquence d'acquisition des données était fixée à 3 minutes.

1.1.3 Méthodes d'analyse des performances des capteurs testés

Dans la suite (pour la compréhension de la partie 2.1.2), le biais a été calculé pour déterminer la précision des capteurs. Il correspond à l'écart en ppm entre la concentration mesurée et la concentration de référence. Une précision dite « élevée » signifie que le capteur indique des valeurs proches de la référence. Le biais est faible (< 50 ppm). Au contraire, une précision dite « faible » signifie que le capteur indique des valeurs éloignées de la référence (biais > 150 ppm). Le biais est alors élevé par rapport au besoin identifié. Les analyses de la précision de mesure et le calcul des moyennes de concentrations en CO₂ ont été réalisées sur des données corrigées par l'inertie des capteurs. Cette inertie a été quantifiée en évaluant le déphasage entre un pic de concentration observé par le capteur de référence à faible inertie et la valeur maximale observée sur le capteur considéré. Le décalage temporel est exprimé en minutes.

1.2 Positionnement du capteur de concentration en CO₂ en bâtiment poulets de chair

1.2.1 Essai en conditions expérimentales

Les essais ont été menés dans 2 salles d'élevage de 270 m² de l'ANSES de Ploufragan, l'une avec et d'autre sans brassage de l'air. Ce dispositif permet de vérifier s'il est nécessaire de faire varier la hauteur du capteur de concentration en CO₂ en fonction du niveau de brassage de l'air dans la salle d'élevage. En effet, le dioxyde de carbone est plus lourd que l'air. Ainsi, la salle non brassée était un dispositif favorable à l'hétérogénéité verticale des concentrations en CO₂ et potentiellement favorable à la stratification de l'air.

Les 2 salles ont été conduites de la même manière, avec un nombre d'animaux identiques, un même niveau de renouvellement minimum et du chauffage par combustion directe. Les enregistrements de concentrations en CO₂ ont été réalisés dans les 2 salles, en présence des volailles sur toute la durée d'un lot de poulets de chair (33 jours, du 2 mars au 4 avril 2017). Les concentrations en CO₂ ont été mesurées avec un appareil de référence (partie 1.1.3) à différentes hauteurs : 15 et 80 cm pour la salle brassée et 10, 20 et 80 cm, entre les lignes de pipettes et de mangeoires. L'évolution des concentrations en CO₂ entre les différentes hauteurs et l'extraction a été examinée en début et en fin de lot.

1.2.2. Essai terrain

L'objectif est de vérifier si les résultats des essais en conditions expérimentales nécessitent des adaptations méthodologiques en fonction du type de ventilation, notamment sur le nombre de capteurs de concentration en CO₂ à installer et la position horizontale du capteur en bâtiment (généralement placé au centre de celui-ci).

Les essais ont été menés dans 3 bâtiments à ventilation longitudinale pour vérifier l'incidence d'une hétérogénéité par rapport aux essais réalisés en station expérimentale. L'hypothèse initiale est qu'un bâtiment en ventilation longitudinale présente des différences de concentrations en CO₂ entre les deux pignons (concentrations supérieures en pignon d'extraction par rapport à l'autre pignon). Les 3 bâtiments étudiés sont différents en termes d'équipements de chauffage utilisés et d'isolation (Tableau 2).

Tableau 2 : principales caractéristiques des trois bâtiments étudiés (E=élevage).

	E1	E2	E3
Niveau d'isolation global* (W/k/m²) [référence bâtiment moyen parc bâtiment français 1 W/k/m²]	0.63	0.54	1.67
Type de chauffage	Combustion indirecte (+ chauffage d'appoint aérotherme gaz combustion directe au démarrage)	Combustion indirecte**	Combustion directe***

(*) niveau de déperditions global parois, plus il est élevé plus le bâtiment présente des déperditions thermiques (=bâtiment mal isolé) ; (**) pas de production de CO₂ par le dispositif de chauffage (exemple : chauffage eau chaude, etc) ; (***) combustion du gaz propane avec rejet des gaz à l'intérieur du bâtiment.

Une première visite a été réalisée dans les 1^{ers} jours des lots de poulets de chair et une seconde visite lors de la dernière semaine de vie des animaux. Lors de chaque visite les concentrations en CO₂ ont été mesurées à 10 et 80 cm de hauteur pour différents points de mesure dans le bâtiment. Toutes les mesures de concentrations en CO₂ ont été réalisées avec l'appareil Vaisala MI70 équipé du capteur de CO₂ GMP 252. Chaque séquence de mesure comprend des mesures toutes les 5 secondes durant 2 minutes au cours desquelles l'opérateur est immobile de façon à s'abstenir de l'effet de l'activité des animaux sur la

concentration en CO₂ mesurée. Les mesures ont été répétées pour chacun des points de mesure suivant :

- au centre du bâtiment ;
- au niveau des trappes d'entrée d'air à 1 m de la paroi ;
- au niveau de l'extraction d'air à 2 m de la turbine d'extraction de l'air vicié.

Les mesures ont été réalisées entre les lignes de pipettes et de mangeoires. Au cours de la réalisation des mesures, les heures de démarrage et d'arrêt du chauffage ont été relevées, ainsi que les heures de début et de fin de période de mesure. Les températures et taux d'hygrométrie extérieurs ont été mesurés avant l'entrée dans le bâtiment d'élevage. Une notation de la qualité de la litière a aussi été réalisée lors de la seconde visite et à chaque emplacement de mesure (score de 1 [sèche et friable] à 5 [totalement croûteuse ou humide] notée 5).

Pour évaluer la variabilité spatiale (horizontale et verticale) des concentrations en CO₂ les concentrations moyennes et les écart-types associés ont été calculés pour les deux hauteurs, pour les 3 bâtiments et les 3 points de mesures en début et en fin de lot. Afin de vérifier la significativité des différences observées des tests non paramétriques ont été réalisés au seuil de significativité de 5% :

- de comparaison de moyenne (kruskal.test) pour l'étude de la variabilité horizontale des concentrations en CO₂ et
- de comparaison multiples de moyenne (kruskalmc) pour l'étude de la variabilité verticale des concentrations en CO₂.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Comparaison de capteurs de concentration en CO₂

2.1.1 Concentrations en CO₂ mesurées durant l'essai en bâtiment d'élevage commercial (Tableau 3)

Tableau 3 résultats descriptifs sur les 46 jours du lot ; calcul avec fréquence d'acquisition de 6 minutes (REF = concentrations en CO₂ de référence, mesurées par l'analyseur de gaz INNOVA 1309®)

	REF	C1	C2	C3	C4	C5
Moyenne +/- écart-type (ppm)	1 331 +/-490	1 618 +/-691	1 850 +/-429	1 449 +/-451	1 057 +/-450	1 415 +/-467
Mini (ppm)	416	434	498	441	153	464
Maxi (ppm)	2 836	2 940	2 661	2 928	2 724	3 584
Nombre de mesures	5075	6903	125 514	37 242	133 920	26 800
Fréquence d'acquisition	3 min	3 min	30 sec	30 sec	30 sec	2 min

Au cours de l'essai, les concentrations en CO₂ n'ont pas dépassé les 3 000 ppm réglementaires pour le bien-être des poulets de chair, au regard du maximum mesuré par l'appareil de référence. La période estivale de comparaison n'était en effet pas propice à des concentrations élevées en CO₂ car les débits de renouvellement d'air sont plus importants en été avec les températures extérieures élevées qu'en période froide (Robin et al., 2017). Des valeurs aberrantes (inférieures à 300 ppm alors que la concentration de l'air extérieur est proche de 400 ppm) ont été observées pour C4. Pour le calcul des moyennes, les valeurs aberrantes n'ont pas été supprimées. Le nombre de mesures réalisées pour chacun des capteurs et pour la référence n'est pas le même car des micro-coupures de courant au niveau du bâtiment d'élevage ont engendré des arrêts d'enregistrement et la fréquence d'acquisition n'était pas identique pour tous les capteurs.

La moyenne des concentrations en CO₂ est plus élevée pour le capteur C1 et plus faible pour le C4. Les écart-types se situent dans la gamme 400-500 ppm pour tous les capteurs.

2.1.2 Précision et temps de réponse des capteurs testés (Tableau 4)

Tableau 4. précision moyenne observée (en ppm) et inertie (en minutes), sur les 46 jours de test, pour chacun des 5 capteurs testés

	C1	C2	C3	C4	C5
Précision moyenne observée (écart à la référence) +/- écart-type (ppm)	181 +/-99 [avec valeurs aberrantes]	136 +/- 63	97 +/-55	422 +/- 321 [avec valeurs aberrantes]	78 +/-82
Nombre de valeurs pour le calcul de la précision	1166	1454	1572	787	4468
Inertie (minutes)	4	3	3	10	9

Les capteurs C3 et C5 présentent des biais inférieurs à 100 ppm. Leur précision correspond au besoin de 100 ppm défini précédemment. Au contraire, les capteurs C1, C2 et C4 ont des biais supérieurs à 100 ppm. Le biais le plus élevé est observé pour le capteur C4 (422 ppm). Il est associé à une très forte variabilité. De même, le capteur C1 présente un biais élevé, deux fois supérieur au besoin de 100 ppm. Le capteur C2 se rapproche des besoins prédéfinis au regard de sa précision et de l'écart-type de 63 ppm associé.

Concernant l'inertie, les capteurs C2 et C3 présentent des inerties faibles (temps de réponse inférieur ou égal à 5 minutes). Les capteurs C4 et C5 présentent une inertie qualifiée de modérée puisqu'elles sont proches de 10 minutes. **L'utilisation du capteur C4 en bâtiment avicole n'est pas recommandée au regard de sa précision et de la présence de valeurs aberrantes. De même au regard du tableau 1 et des retours sur les essais réalisés, la forme du capteur C1 rend son utilisation difficile en bâtiment avicole. De plus, le C1 présente un écart-type supérieur aux autres capteurs.**

Les différences de précision observées entre les capteurs peuvent s'expliquer en partie par le dispositif expérimental :

- Les mesures ont été réalisées en bâtiment conventionnel où l'air est hétérogène et le brassage de l'air peut faire que les capteurs ne mesurent pas exactement le même air (même si positionnés proche les uns des autres). Des essais en situation contrôlée permettraient de garantir l'homogénéité et la stabilité des concentrations autour des capteurs.
- Des différences d'inertie des différents capteurs. En effet, les capteurs à faible inertie vont capter des bouffées d'air expirées concentré en CO₂ à un instant proche de l'instant t. Au contraire, un capteur à forte inertie ne va pas mesurer ces bouffées ponctuelles.

Au regard du tableau 1, les biais mentionnés par les fournisseurs sont plus faibles que ceux calculés dans l'étude (+137 ppm en moyenne pour les précisions calculées par rapport aux indications des fournisseurs). Ce résultat s'explique par des différences de protocoles car les données des fournisseurs ne sont pas issues d'essais réalisés en bâtiment avicole.

La réalisation des essais en période hivernale aurait peut-être permis d'avoir des résultats plus discriminants car les concentrations en CO₂ sont plus élevées en période hivernale. **Dans les conditions de test, les capteurs C2, C3 et C5 semblent être les plus performants pour une utilisation en bâtiment avicole.**

2.2. Positionnement du capteur de concentration en CO₂ en bâtiment poulets de chair

2.2.1 Étude de la variabilité verticale des concentrations en CO₂, en conditions expérimentales

En début de lot, les variations spatio-temporelles des concentrations en CO₂ mesurées aux différentes hauteurs et à l'extraction suivent la même évolution (figure 1). Aucune différence n'est observée entre la salle brassée et la salle non brassée. Ainsi **en début d'élevage, les concentrations en CO₂ mesurées à 80 cm sont représentatives de celles mesurées à 10-20 cm du sol donc de ce que respire l'animal. Elles évoluent aussi de la même manière que celles mesurées à l'extraction donc sont représentatives de l'ambiance globale du bâtiment d'élevage.** En fin de lot, les concentrations en CO₂ mesurées à 80 cm et celles mesurées à l'extraction suivent les mêmes évolutions. Ainsi, comme en début de lot, les concentrations mesurées à 80 cm sont représentatives de l'ambiance globale du bâtiment d'élevage pour les deux salles (Figure 2).

Au regard de la figure 2, les concentrations en dioxyde de carbone mesurées à 15 cm pour la salle brassée et à 10 et 20 cm pour la salle non brassée ne suivent pas la même évolution que les mesures à 80 cm et à l'extraction. Les mesures réalisées entre 10 et 20 cm dans chacune des salles sont supérieures à celles à 80 cm et à l'extraction. Ces différences s'expliquent par une dégradation de la litière en fin de lot, probablement causée par l'absence de récupérateurs de gouttes sous les pipettes. Cette fermentation de la litière a généré une production de dioxyde de carbone entre 10 et 20 cm, par rapport à 80 cm du sol.

Pour conclure, il semble donc opportun de positionner le capteur de concentrations en CO₂ à 80 cm du sol en début de lot. En revanche, en fin d'élevage une mesure à cette hauteur ne permet pas d'évaluer les fluctuations de concentrations en CO₂ provoquée par une dégradation de la litière. En fin d'élevage, l'ajout d'un capteur plus bas à hauteur des animaux en plus d'un capteur à 80 cm permettrait de considérer ces fluctuations. Cependant, il faudra veiller à ce que le capteur soit protégé pour éviter d'être endommagé par les animaux.

2.2.2 Variabilité des concentrations en CO₂, en bâtiments d'élevage commerciaux

Début du lot de volailles

Variabilité verticale (Tableau 5)

Tableau 5. concentrations en CO₂ moyennes (ppm) mesurées à 10 cm et 80 cm pour chacun des 3 endroits du bâtiment dans les 3 élevages durant la période démarrage des volailles. [E=élevage ; résultat au seuil de significativité de 5 % : P<=Significatif ; NS=Non Significatif]

Point de mesure	Elevage	10 cm	80 cm	Résultat
centre	E1	2735	2782	P<0,01
entrée	E1	2352	2740	P<0,01
extraction	E1	2217	2454	P<0,01
centre	E2	1824	1810	NS
entrée	E2	1695	1679	P<0,05
extraction	E2	1772	1757	NS
centre	E3	4172	4169	NS
entrée	E3	4694	4903	P<0,01
extraction	E3	4984	5157	P<0,01

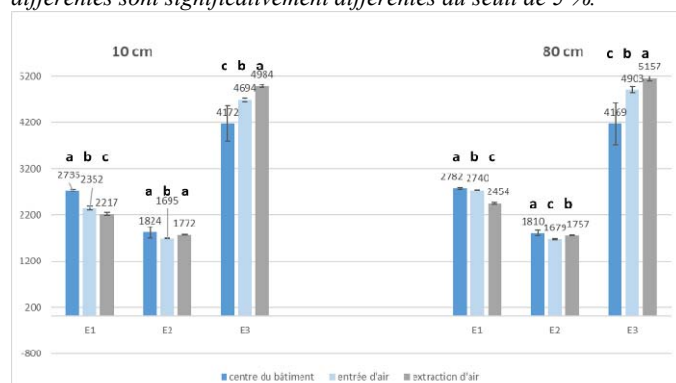
Les concentrations en CO₂ mesurées à 80 cm sont significativement supérieures à celles mesurées à 10 cm du sol pour l'élevage E1 et E3 (excepté au centre du bâtiment où les mesures à 10 et 80 cm ne sont pas significativement différentes). Ces deux éleveurs disposent de chauffage à combustion directe au démarrage du lot de volailles (potentielle stratification

thermique liée au faible renouvellement d'air en début de lot associé à une forte demande en chauffage). Au contraire pour l'élevage E2, il n'y a pas de différence significative entre les mesures à 10 et à 80 cm, au centre et à l'extraction d'air, potentiellement lié à l'usage de chauffage à combustion indirecte associé à un brassage de l'air par les aérothermes eau chaude.

En début de lot, sur l'échantillon des 3 élevages étudiés il semblerait que les concentrations à 10 cm du sol soient supérieures dans les bâtiments à chauffage combustion directe, par rapport à celles à 80 cm.

Variabilité horizontale (Figure 3)

Figure 3. concentrations en CO₂ moyennes (ppm) pour chacun des 3 élevages, mesurées à 10 cm (gauche du graphique) et 80 cm (droite du graphique), à 3 endroits du bâtiment, en période de démarrage des volailles. [E=élevage]. Les moyennes présentant des lettres (a, b ou c) différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.



En début de lot pour 2 des 3 élevages (E1 et E3), les concentrations en CO₂ mesurées au centre du bâtiment, à l'entrée d'air et à l'extraction sont différentes aussi bien pour les mesures à 10 qu'à 80 cm. Le même résultat est observé pour l'élevage E2 mais uniquement pour les mesures réalisées à 80 cm du sol. Pour l'élevage E2, à 10 cm du sol, les concentrations en CO₂ mesurées au centre du bâtiment et à l'extraction n'étaient pas significativement différentes (au seuil de 5%). Ces observations sont probablement à mettre sur le compte du brassage assuré par les systèmes de chauffage (aérothermes à eau chaude) et le positionnement en long pan des extracteurs en début de lot.

Pour l'élevage E1, les concentrations en CO₂ sont significativement supérieures à l'entrée d'air par rapport à l'extraction d'air pour les mesures réalisées à 10 et 80 cm du sol (+210 ppm en moyenne pour l'entrée d'air par rapport à l'extraction). Ce résultat peut s'expliquer par la distance de 1 mètre de la paroi pour la mesure à l'entrée d'air (mauvaise homogénéité de l'air à proximité de la paroi et sous la trappe d'entrée d'air), mais il est observé pour l'élevage E1 uniquement. Pour les élevages E2 et E3, les concentrations en CO₂ sont supérieures à l'extraction d'air par rapport à l'entrée d'air (+175 ppm en moyenne pour les deux élevages).

Les mesures de concentrations en CO₂ sont supérieures au centre du bâtiment par rapport à l'extraction et à l'entrée d'air pour l'éleveur E1 (+318 ppm pour les mesures réalisées au centre par rapport à celles de l'extraction et de l'entrée d'air), ceci peut être lié à l'allumage du chauffage au cours des mesures et d'un brassage d'air moins efficient. De plus, cet élevage est équipé d'un aérotherme gaz d'appoint au démarrage (chauffage à combustion directe). En revanche pour l'élevage E3, les concentrations en CO₂ sont plus basses au centre et plus élevées à l'extraction (pour les mesures à 10 et 80 cm). Dans cet

élevage, le bâtiment est équipé d'un dispositif de chauffage par combustion directe, il y a davantage d'hétérogénéité des concentrations en CO₂ entre les 3 points de mesures, par rapport aux 2 autres bâtiments (en chauffage à combustion indirecte).

Au contraire, les concentrations en CO₂ mesurées dans l'élevage E2, en chauffage combustion indirecte, étaient moins hétérogènes pour les mesures à 10 cm du sol. Ces observations sont probablement à mettre sur le compte du brassage assuré par les systèmes de chauffage (aérothermes à eau chaude) et le positionnement en long pan des extracteurs en début de lot.

Ainsi, ces mesures mettent en évidence **une hétérogénéité horizontale des concentrations en CO₂ dans les 3 bâtiments étudiés, confirmant l'hypothèse initiale. Ce résultat peut suggérer l'ajout de capteurs pour prendre en compte cette variabilité horizontale. Cependant, cette variabilité reste voisine du biais que l'on peut constater entre les capteurs et l'achat de capteur(s) supplémentaire(s) représente un coût non négligeable pour l'éleveur. Il convient donc de privilégier un investissement dans un capteur performant plutôt qu'un capteur supplémentaire.**

Fin du lot de volailles

Variabilité verticale (Tableau 6)

Tableau 6. concentrations en CO₂ moyennes (ppm) mesurées à 10 cm et 80 cm pour chacun des 3 endroits du bâtiment dans les 3 élevages à la fin du lot de volailles. [E=élevage; Résultat au seuil de significativité de 5 % : P<=Significatif; NS=Non Significatif]

Point de mesure	Elevage	10 cm	80 cm	Résultat
centre	E1	2885	2363	P<0,01
entrée	E1	2973	2693	P<0,01
extraction	E1	2703	2614	P<0,01
centre	E2	1619	1337	P<0,01
entrée	E2	1871	1574	P<0,01
extraction	E2	1356	1299	P<0,01
centre	E3	2948	3111	P<0,01
entrée	E3	2995	3192	P<0,01
extraction	E3	3050	2973	P<0,01

A la fin du lot de volailles, les concentrations en CO₂ moyenne mesurées à 10 cm et à 80 cm du sol et pour chacun des points de mesure sont significativement différentes. Pour les élevages E1 et E2, les mesures à 10 cm sont significativement supérieures par rapport à celles à 80 cm. Ceci peut s'expliquer par des litières dégradées, productrices de CO₂ et notées 4 à l'endroit des mesures dans l'élevage E1.

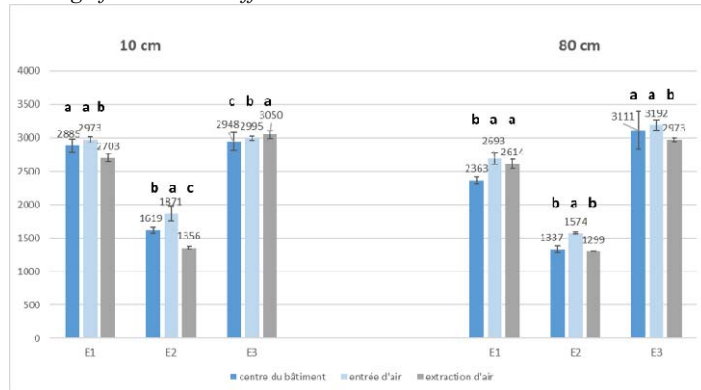
Par contre dans l'élevage E2, la litière est notée 1 (litière sèche et friable à l'endroit des mesures). Ce résultat peut s'expliquer par un potentiel gradient de CO₂ provenant de la respiration des animaux et à un brassage d'air moins efficient.

Les concentrations sont plus élevées à 10 cm du sol et sont le reflet d'une dégradation de la litière, par rapport aux mesures à 80 cm, chez un des 3 élevages. **Les résultats obtenus en station expérimentale sont confirmés dans un élevage uniquement. Ainsi, si le capteur est positionné à 80 cm du sol, les concentrations en CO₂ à hauteur des animaux vont avoir tendance à être sous estimées.** Au contraire dans l'élevage E3, les concentrations en CO₂ mesurées à 80 cm sont significativement supérieures à celles mesurées à 10 cm du sol, excepté pour les mesures réalisées au niveau de l'extraction d'air.

Variabilité horizontale (Figure 4)

Figure 4. concentrations en CO₂ moyennes (ppm) pour chacun des 3 élevages, mesurées à 10 cm (gauche du graphique) et 80 cm (droite du

graphique), à 3 endroits du bâtiment, à la fin du lot de volailles. [E=élevage]. Les moyennes présentant des lettres (a, b ou c) différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.



Pour les 3 élevages, les concentrations en CO₂ sont significativement supérieures à l'entrée d'air par rapport à l'extraction, pour les mesures à 10 et 80 cm du sol, excepté pour l'élevage E1 pour les mesures à 80 cm (NS). Ce résultat peut s'expliquer, comme en début de lot, par le protocole utilisé pour la prise de mesure. De plus, en fin de lot, le brassage et le renouvellement d'air sont augmentés ce qui peut aussi expliquer ce résultat. Les concentrations en CO₂ mesurées au centre du bâtiment sont systématiquement plus basses que celles mesurées à proximité des entrées d'air, néanmoins ces différences ne sont pas significativement différentes pour l'élevage E1 pour les mesures à 10 cm et pour l'élevage E3 pour les mesures à 80 cm. Pour les 3 élevages, les concentrations en CO₂ sont significativement différentes entre le centre du bâtiment et l'extraction, pour les mesures à 10 et 80 cm du sol, excepté pour l'élevage E2 pour les mesures à 80 cm où la différence n'est pas significative. **L'hétérogénéité horizontale des concentrations en CO₂ en fin de lot est moins marquée qu'en début**

d'élevage pour les 3 élevages étudiés et suggère que l'ajout d'un capteur supplémentaire en début de lot est utile.

CONCLUSION

Le test de capteurs CO₂ d'une même technologie (infrarouge non dispersif) met en évidence que 2 des 5 capteurs (C1 et C4) sont à déconseiller pour une utilisation en poulailler. Les essais réalisés en station expérimentale suggèrent **une position optimale du capteur de la sonde en début d'élevage à 80 cm +/- 20 cm du sol**, entre les lignes de pipettes et de mangeoires. En fin de lot comme en début, cette hauteur permet une représentation de la concentration en CO₂ globale du bâtiment mais peut sous-estimer les concentrations dans l'aire de vie des animaux en fin de lot. Ce résultat peut suggérer l'ajout d'un capteur à hauteur des animaux en plus d'un capteur à 80 cm. L'hétérogénéité horizontale des concentrations en CO₂ en fin de lot est moins marquée qu'en début d'élevage pour les 3 élevages étudiés où les différences entre le centre, la sortie d'air et l'extraction sont significatives. De nouveau ce résultat peut suggérer l'ajout de capteurs supplémentaires en début de lot. Cependant au regard du test de capteurs, il est préférable d'investir dans un capteur de qualité et dans sa maintenance plutôt que dans un nombre élevé de capteurs.

REMERCIEMENTS

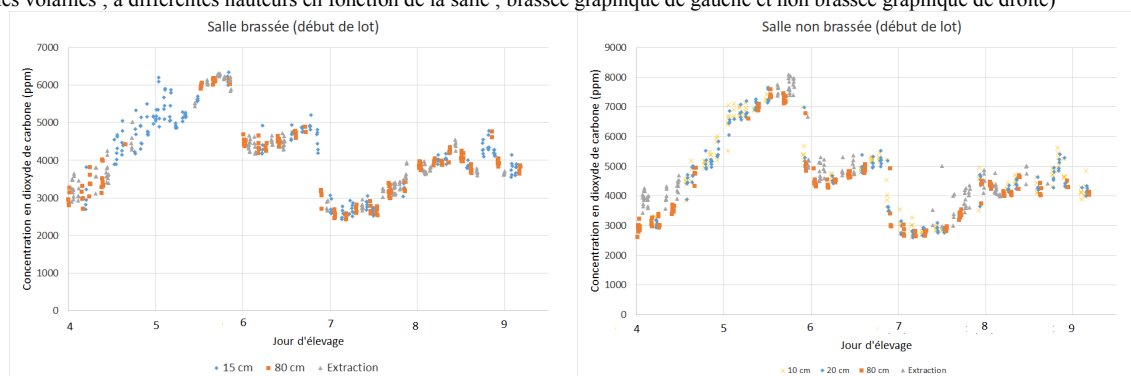
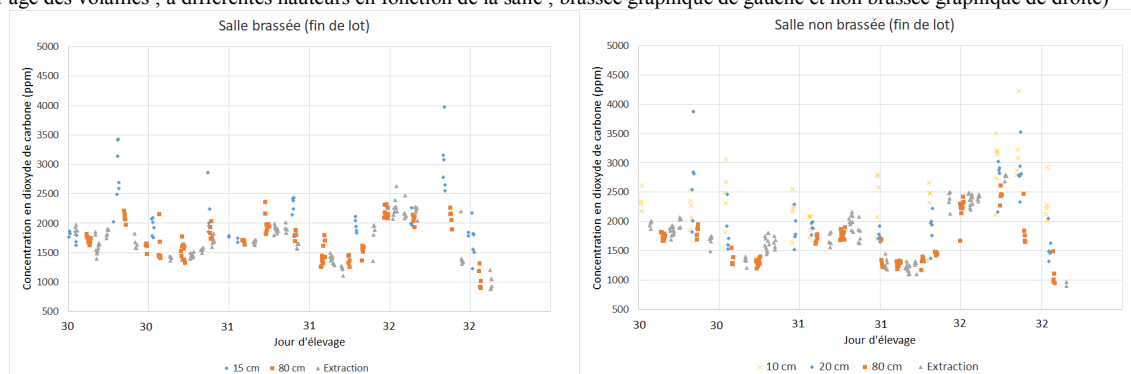
Cette étude a été conduite dans le cadre du projet Cas Dar GestCO₂ piloté par l'ITAVI, en partenariat avec l'ANSES (dans le cadre de l'UMT SANIVOL), la chambre régionale d'agriculture de Bretagne, l'INRA UMR SAS et Avipôle formation. Les auteurs remercient les éleveurs ayant participé, les membres du comité de pilotage de l'étude GestCO₂ et notamment les deux équipementiers du Cluster Elinnové (Tuffigo-Rapidex et Sodalec Distribution), partenaires techniques de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CIGR, 1984. Report of working group on Climatisation of Animal Houses. Editors: Scottish Farm Building Investigation Unit. Craibstone, Aberdeen, Scotland. ISBN 0 902433 33 4. 80 pages.
- INRS (N.Bonnard, M-T Brondeau, M.Falcy, D.Jargot, S.Miraval, J-C Protois, O. Scheneider.), 2005. Fiche toxicologique Dioxyde de carbone FT 238.
- INRS, 1999. Intoxication par inhalation de dioxyde de carbone. Dossier médico-technique. 79 TC 74. Document pour le médecin du travail. N°79 ; 3ème trimestre.
- McGovern R.H., Feddes J.J.R., Zuidhof M.J., Hanson J.A. and Robinson F.E., 2001. Growth performance, heart characteristics and incidence of ascites in broilers in response to carbon dioxide and oxygen concentrations. Canadian Biosystems engineering, 43 : 4.1-4.6
- Hassouna M., Eglin T., Cellier P., Colomb V., Cohan J-P et al. : Mesurer les émissions gazeuses en élevage : gaz à effet de serre, ammoniac et oxydes d'azote. INRA-ADEME (France), 2015, 2-7380-1375-9
- Olanrewaju H., Dozier W. A, Miles D., Lott B. D, 2008. Growth performance and physiological variables for broiler chickens subjected to short-term elevated carbon dioxide concentrations. International journal of poultry science 7 (8): 738-742.
- Reece F. and Lott B., 1980. Effect of carbon dioxide on broiler chicken performance. Poultry Science, 59 (11):2400-2402
- Robin P., Amand A., Nicolas C., Chevalier D., Gallot S., Pigache E., Keita A. : Modélisation thermique des bâtiments d'élevage de poulets de chair en vue d'optimiser le choix des équipements et les paramètres de régulation, 2017. 12èmes journées de la recherche avicole et palmipèdes à Foie Gras, Tours, 5 et 6 avril 2017.
- Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2000. The Welfare of Chickens Kept for Meat Productions (Broilers).

Tableau 1. description des capteurs de concentrations en CO₂ testés (informations fournisseurs) (technologie InfraRouge Non Dispersif)

	C1	C2	C3	C4	C5
Visuels du capteur (photos crédit ITAVI)					
Plage de mesure (ppm)	0-10 000	0-10 000	0-10 000	0-10 000	0-10 000
Précision des mesures de CO ₂ (ppm)	+/- 50 ppm + 5 % de la lecture	Entre 0 et 5 000ppm : +/- 50 ppm + 2 % de la lecture Entre 5001 et 10 000 ppm : +/- 100 ppm + 3 % de la lecture	A 25°C et 1013 hPa : • 0 – 3 000ppm : +/- 40 ppm • 3000 – 10 000 ppm : +/- 40 ppm + 2% de la lecture Incertitude d'étalonnage : • à 2000 ppm +/-18ppm • à 10 000ppm +/- 66 ppm	+/- 50 ppm + 3 % lecture	A 25°C et 1013 hPa : • 0 – 3 000ppm : +/- 40 ppm • 3000 – 10 000 ppm : +/- 40 ppm + 2% de la lecture Incertitude d'étalonnage : • à 2000 ppm +/-18ppm • à 10 000ppm +/- 66 ppm
Coût d'achat (prix sur devis ITAVI 2017)	Inférieur ou égal à 550 €HT	Supérieur ou égal à 1000 €HT	Supérieur ou égal à 1000 €HT	Entre 550 €HT et 1000 €HT	Inférieur ou égal à 550 € HT

Figure 1. évolution de la concentration en dioxyde de carbone mesurée en début lot (du 6 mars au 11 mars 2017 ; 4 à 9 jours d'âge des volailles ; à différentes hauteurs en fonction de la salle ; brassée graphique de gauche et non brassée graphique de droite)**Figure 2.** évolution de la concentration en dioxyde de carbone mesurée en fin de lot (du 1 avril au 3 avril 2017 ; 30 à 32 jours d'âge des volailles ; à différentes hauteurs en fonction de la salle ; brassée graphique de gauche et non brassée graphique de droite)

MODELISATION HORAIRE DES PRODUCTIONS DE CHALEUR ET DE DIOXYDE DE CARBONE EN ELEVAGE DE POULETS DE CHAIR

Chetouane Wejden¹, Robin Paul¹, Amand Gérard², Keïta Alassane³, Tavares Manuel³, Nicolas Christian⁴, Créach Pauline², Prigent Jean-Philippe⁵, Pigache Elodie⁶, Rousset Nathalie²

¹INRA, UMR SAS – F-35000 Rennes, France

²ITAVI – Antenne Ouest – F-22440 Ploufragan, France,

³Anses UEB – Service SELEAC – F-22440 Ploufragan, France,

⁴Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne – F-29270 Carhaix, France

⁵Avipôle Formation – F-22440 Ploufragan, France

⁶Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire – F-49105 Angers, France

chetouen_wejden@yahoo.com

RÉSUMÉ

La modélisation des productions de chaleur en élevage de poulets de chair permet de dimensionner les équipements thermiques et d'optimiser le pilotage de l'ambiance. Les modèles de référence datent d'une quinzaine d'années. L'estimation journalière des productions de chaleur y est déduite du poids vif des animaux et n'intègre ni la diversité des systèmes d'élevage, ni le progrès génétique. Les exigences en matière de bien-être animal et d'environnement nécessitent désormais des simulations à un pas horaire voire plus court. Notre objectif est de proposer un modèle horaire des productions de chaleur, de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau intégrant les paramètres zootechniques spécifiques d'un lot commercial de poulets de chair. Pour actualiser les équations de référence, les flux de chaleurs de deux lots de 4580 poulets ont été mesurés, durant 33 jours, dans des conditions similaires à un élevage commercial. Les deux salles d'élevage étaient équipées de capteurs pour l'enregistrement en continu de l'hygrométrie, de la température, de la teneur en CO₂, de la durée d'éclairage, du débit de ventilation et du chauffage. Les données zootechniques usuelles nous ont permis de calculer les bilans de masse d'eau et de carbone. Une nouvelle conception pour modéliser la production de chaleur est proposée. Les principaux paramètres de la relation allométrique sont calés sur les phases nocturnes en raison de la stabilité observée des flux. Sur la durée totale du lot, à l'intérieur d'un cycle de 24 h, les productions de chaleur peuvent varier entre -1 W animal⁻¹ et + 50 % de la production de chaleur nocturne. Ne pouvant expliquer les cinétiques au cours des périodes diurnes, la production de chaleur totale est encadrée. La valeur de la conversion d'énergie en CO₂ a été actualisée à 0,197 L CO₂ h⁻¹ W⁻¹. Lorsque la température intérieure reste proche de la consigne, une baisse de l'hygrométrie intérieure entraîne une augmentation de l'évaporation diurne. Les perspectives sont d'appliquer ce modèle au pilotage de l'ambiance et au dimensionnement thermique des bâtiments de poulets.

ABSTRACT

Modeling heat and Carbon Dioxide production of a broiler house at hourly time step

Models of heat production of broilers are used to design the thermal equipment to optimize climate control. The reference models are now around fifteen years old. Daily values of heat productions are deduced from the live weight of broilers and do not integrate the diversity of livestock systems and the genetic progress's evolution. Animal welfare and environmental issues now require simulations at an hourly time step or even shorter. Our objective is to propose an hourly model of heat, carbon dioxide and water vapor productions incorporating the zootechnical parameters specific of a commercial batch of broilers. To update the reference equations, we measured the heat fluxes of two lots of 4580 chickens, during 33 days, in conditions similar to commercial farming. Both breeding rooms were equipped with sensors for continuous recording of hygrometry, temperature, CO₂ concentration, lighting duration, ventilation rate and heating. The usual zootechnical data enabled us to calculate the balance of water and carbon mass. We propose a new model design for heat production. The main parameters of the allometric relationship are calibrated with the nocturnal phases because of the observed stability of fluxes. Over the total duration of the batch, within a 24-hour cycle, heat outputs can vary between -1 W animal⁻¹ and + 50 % of the night heat output. Since we cannot explain the kinetics during the daytime periods, we propose to border the total heat production. The value of energy conversion to CO₂ has been updated to 0,197 L CO₂ h⁻¹ W⁻¹. When indoor temperature remains near the temperature setpoint, diurnal evaporation increases when indoor hygrometry decreases. The perspectives are to apply this modeling to climate control and thermal design of broiler houses.

INTRODUCTION

La Directive qui établit des normes minimales de bien être pour la protection des poulets de chair (CCE, 2007) fixe un seuil maximum de teneur de dioxyde de carbone (CO₂) de 3000 ppm au sein du bâtiment d'élevage, sur toute la durée de l'élevage. Le CO₂ est apporté principalement par les animaux. Cependant, le chauffage est susceptible d'y contribuer fortement en cas de combustion directe à l'intérieur du bâtiment. La concentration en CO₂ diminue lorsque le débit de ventilation augmente. Pendant la période endothermique, l'augmentation de la ventilation engendre une surconsommation d'énergie nécessaire au fonctionnement des appareils de chauffage. Il en résulte un impact économique non négligeable pour l'éleveur et une augmentation de l'impact environnemental de l'élevage. La modélisation des productions de chaleur en élevage de poulets de chair permet de dimensionner le chauffage, la ventilation et l'isolation thermique du bâtiment et d'optimiser le paramétrage des boîtiers de régulation d'ambiance. La précision horaire du modèle permet de moduler l'optimum de débit minimum entre la nuit (refroidissement extérieur et augmentation du chauffage), le jour (activité des animaux et diminution du besoin de chauffage) et les journées humides (augmentation de la ventilation pour garder une litière sèche). Les exigences en matière de bien-être animal et d'environnement nécessitent désormais des simulations à pas de temps horaires voire plus courts. Or, les modèles de référence datent d'une quinzaine d'années (CIGR, 2002 ; Xin *et al.*, 2001). L'estimation journalière y est déduite du poids vif des animaux (PV) et n'intègre ni la diversité des systèmes d'élevage, ni le progrès génétique. Ces modèles sont assez fiables en valeur moyenne mais la dispersion de leurs valeurs horaires de chaleur (Xin *et al.*, 2001) et de production de CO₂ (Calvet *et al.*, 2011) ne permettent pas une prédiction précise. Le métabolisme énergétique des poulets est à l'origine de ces flux, d'où le recours à des facteurs de conversion de la chaleur produite en CO₂ (Pedersen *et al.*, 2008). Il existe deux sources d'incertitudes pour cette conversion : les spécificités du lot élevé (litière, aliment, mode d'abreuvement, climat, ventilation, ...) et la dynamique des émissions, notamment les transitions entre les phases nocturnes et diurnes (Calvet *et al.*, 2011). L'objectif de l'étude est de proposer un modèle horaire des productions de chaleur, de CO₂ et de vapeur d'eau pouvant s'adapter aux paramètres zootechniques spécifiques d'un lot commercial de poulets de chair.

1. MATERIELS ET METHODES

Bâtiment expérimental

Deux salles identiques de 270 m² et indépendantes, situées dans le même bâtiment (ANSES, Ploufragan), ont été utilisées avec le même régime lumineux en

période printanière (10 à 25 °C extérieur). Une salle était équipée d'un brassage d'air modéré destiné à homogénéiser l'ambiance (SB). La salle non brassée (SNB) était exposée à la stratification thermique en début de lot. Seules les observations sur la salle brassée ont été utilisées pour caler le modèle. Les observations sur la salle non brassée ont été utilisées pour évaluer la validité du modèle. Les mêmes consignes de température et d'hygrométrie ont été utilisées pour réguler la ventilation de chaque salle. Le débit minimum est resté stable à 1 m³ h⁻¹ kg⁻¹ PV durant tout le lot, hormis deux journées pour tester l'effet du débit minimum sur les consommations de gaz et les teneurs en CO₂ (J₆ et J₇) et une journée où un aérotherme était en panne (J₅). Les mêmes aliments commerciaux ont été distribués (starter : J₁ à J₁₂, croissance : J₁₃ à J₂₁, finition : J₂₂ à J₃₀, retrait : J₃₁ à J₃₃). La mortalité quotidienne a été relevée.

Paramètres techniques et de bien être

Un effectif de 4580 poussins ROSS 308 a été mis en place dans chaque salle. A J₁₂, J₂₂, J₂₆ et J₃₂, un échantillon représentatif de 200 poulets par salle a été pesé individuellement pour déterminer le poids moyen et les indices de consommation correspondants. La date d'abattage (33 jours) a été définie en tenant compte du poids moyen objectif de l'abattoir (1,67 kg PV poulet⁻¹ pour les 2 lots).

Paramètres environnementaux

La température, le taux d'hygrométrie relative et la teneur en CO₂ intérieure et extérieure ont été mesurées en continu de J₀ à J₃₂ (Vaisala HMD70 ; Innova 1412 ; Vaisala GMP 252 ; Campbell Scientific 21X et 23X). Les temps de fonctionnement des aérothermes, des ventilateurs et de l'éclairage ont été enregistrés par des pinces ampèremétriques (Kimo). La quantité de fumier a été pesée après le départ des animaux à l'abattoir. Six échantillons de fumier par salle ont été prélevés pour l'analyse de matière sèche.

Calage des paramètres du flux de chaleur totale

La forme mathématique choisie pour représenter la production de chaleur totale est une relation allométrique (CIGR 2002 ; équation [1]) :

$$[1] \quad \varphi_{tot} = a_{Htot} PV^{b_{Htot}}$$

où φ_{tot} est la production de chaleur totale en W poulet⁻¹, PV est le poids vif en kg poulet⁻¹, a_{Htot} et b_{Htot} sont des coefficients de calibration, variables selon les auteurs, pour lesquels la CIGR (2002) propose de retenir 10,62 et 0,75 pour des poulets en croissance élevés sur litière. En raison de la stabilité nocturne des flux de production de chaleur totale, par opposition à la variabilité diurne des flux, les coefficients de cette relation allométrique ont été calés sur les seuls flux nocturnes dans notre cas. Ce choix permet de réduire l'incertitude de prédiction déjà observée par Xin *et al.* (2001). Les coefficients sont

déduits de la régression linéaire entre les logarithmes de la chaleur totale et les logarithmes du poids vif.

Le calage d'une seule relation de J_0 à J_{32} induit un biais, notamment sur l'estimation de la production de chaleur durant la phase de démarrage. Pour le réduire, deux relations ont été calées en se basant sur le changement d'aliment à J_{13} .

L'augmentation des flux diurnes est attribuée à l'activité des animaux, difficilement prédictible. En conséquence, pour représenter la dispersion possible des flux sur 24 h, la valeur théorique est encadrée par une valeur minimale ($\max[\varphi_{tot} - 1 ; \varphi_{tot} \times 0,5]$) et une valeur maximale ($\max[\varphi_{tot} + 1 ; \varphi_{tot} \times 1,5]$).

Calage des flux de chaleur latente et de CO_2

La part de chaleur latente nocturne ($\varphi_{lat} : \varphi_{tot}$) a augmenté de J_0 à J_3 (23 à 55 %) puis a diminué, pour rester stable à 40 % à partir de J_{15} . Comme déjà observé par Xin *et al.* (2001), la part de chaleur latente augmente lorsque l'hygrométrie intérieure diminue. Dans l'étude réalisée la part de chaleur latente augmentait d'environ 40 % en période diurne (φ_{lat} à $\varphi_{lat} \times 1,4$) lorsque l'hygrométrie baissait de 70 à 50 %.

La CIGR (2002) propose un facteur de $0,185 \text{ L } CO_2 \text{ h}^{-1} \text{ W}^{-1}$ pour déduire la production de CO_2 de la production de chaleur totale (équation [1]). Le facteur de conversion est voisin de 0,12 (0,117 à 0,127) pour la combustion de propane. Le facteur augmente lorsque davantage de CO_2 est émis par le métabolisme anaérobie, notamment celui de la litière. Ici, la valeur de $0,197 \text{ L } CO_2 \text{ h}^{-1} \text{ W}^{-1}$ a été déduite de la confrontation des pertes de chaleur totale de chaque salle (animaux + litière + aérotherme) et des émissions de CO_2 , sachant que la contribution de l'aérotherme, majoritaire en début de lot, s'annule en fin de lot.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Production de chaleur totale

Les paramètres des relations allométriques ont été déduits des régressions observées sur la salle SB (Figure 1a). La production de chaleur totale nocturne pour la phase de croissance (J_0 à J_{13}) est représentée par l'équation [2] :

$$[2] \quad \varphi_{tot, nuit} = 17,05 \times PV^{1,22}$$

pour la phase de finition (J_{13} à J_{33}) par l'équation [3] :

$$[3] \quad \varphi_{tot, nuit} = 8,76 \times PV^{0,78}$$

L'exposant pour la phase de finition est proche de celui du poids métabolique ($PV^{0,75}$). Le facteur de la relation allométrique pour la phase de finition est dans la gamme observée par Pedersen et Thomsen (2000 : 8,2 à 11,5 ; entre J_{16} et J_{35}). Le calage sur la phase nocturne peut expliquer la valeur faible du facteur dans l'équation [3]. Pour la période de démarrage, les trois valeurs observées par Pedersen *et al.* (2008) confirment nos observations (Figure 1a).

La production de chaleur totale augmente en période diurne (Figure 1b). L'amplitude voisine de 50 % de la chaleur nocturne (ou au minimum 1 W poulet⁻¹) est confirmée par les observations de Xin *et al.* (2001). Le déterminisme de cette augmentation reste incertain (Xin *et al.*, 2001 ; Calvet *et al.*, 2011). Il est en conséquence plus robuste de prédire simplement un intervalle de confiance des valeurs horaires de chaleur totale au cours d'une période de 24 h. La production de chaleur nocturne étant stable, la modulation de l'estimation théorique est envisageable, dans les élevages équipés d'une mesure de ventilation, en fonction des observations de bilan thermique.

Les productions de chaleur latente sont représentées avec moins de dispersion par le modèle développé que les productions de chaleur totale (Figure 2 ; hypothèse d'une augmentation moyenne de 25 % de la production de chaleur totale diurne). Le calcul de chaleur sensible déduit de la chaleur latente a permis une prédiction fiable des consommations d'énergie thermique sur le lot. Ce résultat confirme celui de Xin *et al.* (2001) qui observait déjà une meilleure prédiction de la chaleur latente en utilisant l'hygrométrie de l'air intérieur. En revanche le modèle CIGR (2002) surestime fortement les valeurs. Cette surestimation est due à l'influence de la température ambiante, avec une hypothèse de thermoneutralité des poulets à 20 °C, alors que la température ambiante descend progressivement de 32 à 25 °C.

Dioxyde de carbone

Les concentrations en CO_2 ont été élevées en début de lot (2500 à 6000 ppm) en raison de la combustion de gaz du chauffage à l'intérieur de la salle d'élevage et d'un débit d'air faible, légèrement supérieur à la préconisation européenne ($0,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ PV}$; SCAHAW, 2000).

La prédiction de la production de CO_2 est basée sur un facteur de conversion de la production de chaleur totale en CO_2 . Le facteur calé dans le modèle ($0,197 \text{ L } CO_2 \text{ h}^{-1} \text{ W}^{-1}$) est légèrement supérieur à la gamme indiquée par Pedersen *et al.* (2008 ; 0,154 à 0,185 pour les poulets). Il est nettement inférieur à celui observé par Calvet *et al.* (2011 ; 2,60 à 3,71 L h^{-1} pour un poulet de 1 kg PV alors que notre calcul indique 1,73). Il est en revanche identique à la moyenne observée par Para *et al.* (2003 ; $1,72 \text{ L h}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ PV}$). Ces écarts peuvent être dus à une contribution de la litière pouvant varier entre 4 et 35 % (Pedersen *et al.*, 2008 ; Calvet *et al.*, 2011 ; Para *et al.*, 2003). En conséquence, il apparaît souhaitable de calculer les flux cumulés de carbone sur le lot pour s'assurer de l'absence de biais dans l'estimation des prédictions de CO_2 (Henn *et al.*, 2015).

La dispersion importante des prédictions de chaleur totale induit dans le cas de l'étude une dispersion des prédictions de CO_2 (Figure 3). Calvet *et al.* (2011) constatent également que la variabilité des émissions nocturnes de CO_2 est moindre qu'en période diurne.

Ils suggèrent que cette difficulté de prédiction est liée à l'absence de synchronisation des flux horaires de chaleur totale (thermique) et de CO₂ (métabolique). En conséquence, les débits de ventilation déduits d'hypothèses sur le flux de CO₂ devraient être associés à une incertitude voisine de $\pm 25\%$.

Bilans de carbone et d'eau

La vérification du calcul basé sur la production de chaleur a été faite par des bilans d'eau et de carbone simplifiés (évaporation = ingéré $\times 0,88$ – gain PV $\times 0,6$; émission C = ingéré $\times 0,76$ – gain PV $\times 0,2$). Pour les flux cumulés d'évaporation et de CO₂ le biais de notre modèle est inférieur à 5 %, ce qui fournit une estimation plus juste que celle de la CIGR (2002).

CONCLUSION

Des équations ont été établies pour prédire la production de chaleur totale des poulets en fonction du poids vif au pas de temps horaire. En s'appuyant sur des valeurs stables de chaleurs totale et latente, en période nocturne, le modèle peut être adapté à chaque lot de poulet.

Le CO₂ produit dans le bâtiment d'élevage dépend du poids vif, du stade physiologique, de la contribution de la litière et du programme lumineux. Pour les lots observés, il était en moyenne de $0,197 \text{ L CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ W}^{-1}$.

Les flux de chaleur et la production métabolique de CO₂ ne sont pas nécessairement synchronisés. Une incertitude voisine de $\pm 25\%$ devrait être associée à

l'estimation du taux de ventilation horaire déduit d'hypothèses sur les flux de CO₂.

Les cumuls estimés permettent d'évaluer le biais entre le modèle horaire et les flux de carbone et d'eau entrant dans le bâtiment.

Ces résultats peuvent être utilisés pour améliorer le paramétrage des boîtiers de régulation d'ambiance des bâtiments équipés de capteurs CO₂ et hygrométrie, notamment pour optimiser le débit minimum et détecter une dérive des capteurs.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet GESTCO2, piloté par l'ITAVI dans le cadre du programme de l'UMT SANIVOL, et financée par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Nous remercions sincèrement l'ensemble des personnes ayant participé aux expérimentations de cette étude, notamment M. Lecomte (INRA), P. Galliot (ITAVI), J. Allain et C. Szypula (ANSES) ainsi que le personnel administratif ayant concouru à sa réalisation (Tiphaine Labbé, INRA ; Katell Gallouet, ITAVI). Nous remercions enfin le cluster ELINNOVE et les participants aux Comités de Pilotage du projet GestCO2 (Alain Christien, Philippe Roslagadec, Jacques Lemeur, Tuffigo-Rapidex ; Fabrice Poisbeau, Sodalec Distribution ; Anthony Gobin, Lead Leroy Concept ; Philippe Gouault, Cobb Europe ; Claude Toudic, Hubbard Breeders ; David Labbé, éleveur ; Yves Guyon, éleveur).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Calvet, S., F. Estellés, M. Cambra-López, A. G. Torres, and H. F. A. Van den Weghe, 2011. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*, 90, 2449–2458.
- CCE, 2007. Directive du Conseil 2007/43/EC fixant des règles minimales de protection des poulets destinés à la production de viande. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007L0043>
- CIGR, 1984. Report of working group on Climatization of Animal Houses. Editors: Scottish Farm Building Investigation Unit. Craibstone, Aberdeen, Scotland. ISBN 0 902433 33 4. 80p. <http://www.cigr.org/documents/CIGR-Workinggroupreport1984.pdf>
- CIGR, 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses. Heat and moisture production at animal and house levels. Editors: Pedersen, S. & Sällvik, K. ISBN 87-88976-60-2. http://www.cigr.org/documents/CIGR_4TH_WORK_GR.pdf, 46p.
- Henn, J. D., L. Bockor, R. Borille, A. Coldebella, A. M. L. Ribeiro, and A. M. Kessler, 2015. Determination of the equation parameters of carbon flow curves and estimated carbon flow and CO₂ emissions from broiler production. *Poultry Science*, 94, 2303–2312.
- ITAVI-CNEVA, 1998. La gestion technique des bâtiments avicoles. *Sciences et Techniques Avicoles* 1998, hors série, 64 p.
- Para, L., Bis-Wencel, H., Ondrasovic, M., Vargova, M., Ondrasovicova, O., 2003. Production of water vapours and carbon dioxide by broilers under experimental and operation conditions. *Folia veterinaria*, 47, 66-70.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, H. Jorgensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M. J. Heetkamp, and A. J. A. Aarnink, 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. *The CIGR e-Journal*, X, 1-19.
- Pedersen, S., and M. G. Thomsen, 2000. Heat and moisture production of broilers kept on straw bedding. *J. Agric. Eng. Res.*, 75, 177–187.
- SCAHAW, 2000. The Welfare of Chickens Kept for Meat Productions (Broilers). Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, European Commission, 150p.
- Xin H., Berry I.L., Tabler G.T., and Costello T.A., 2001. Heat and Moisture Production of Poultry and Their Housing Systems: Broilers. *Transactions of the ASAE*, 44(6), 1851-1857.

FIGURES

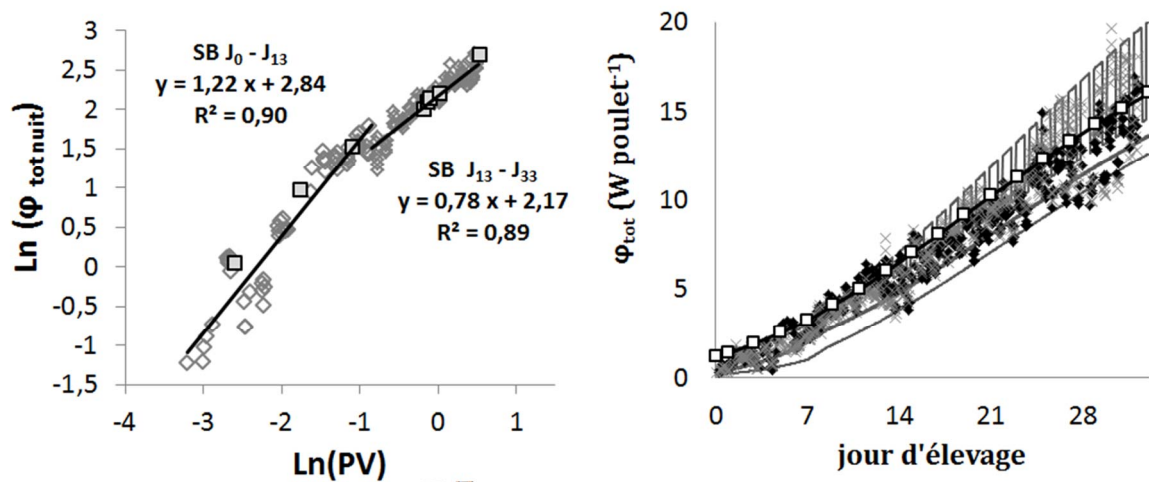


Figure 1 Modèle des flux de chaleur totale nocturne. (a) calage des régressions linéaires sur la salle brassée [SB] ; les losanges représentent nos observations, les carrés sont issus de Pedersen *et al.* (2008). (b) comparaison des flux calculés et observés ; les traits gris représentent la chaleur totale nocturne et les valeurs minimales et maximales de la production de chaleur totale ; les carrés blancs représentent le modèle CIGR (2002) ; les losanges et les croix représentent respectivement les observations des salles SB et SNB.

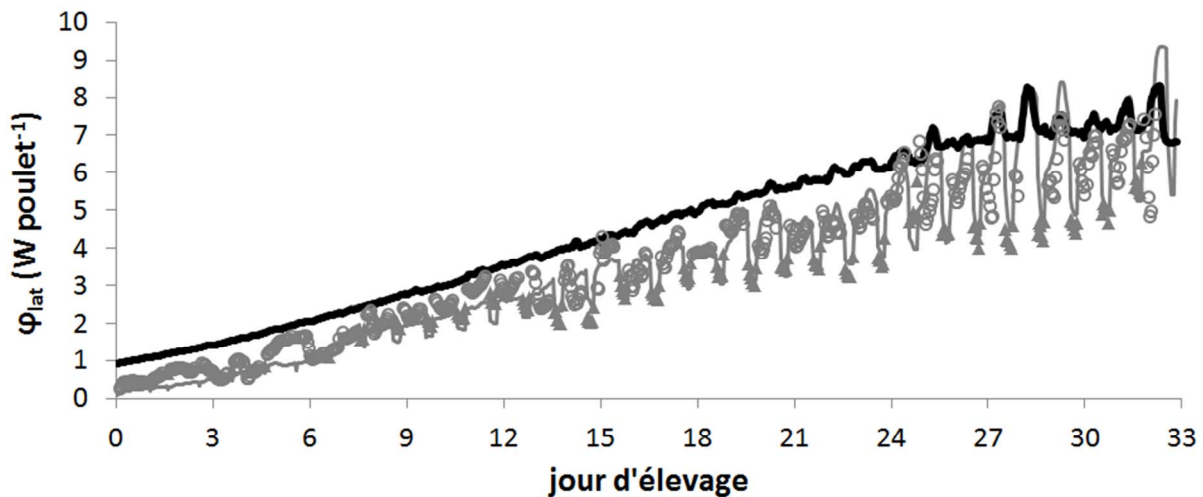


Figure 2 Production de chaleur latente de la salle SNB. Le trait noir représente le modèle CIGR (2002) ; le trait gris notre modèle ; les triangles, les observations nocturnes ; les cercles, les observations diurnes.

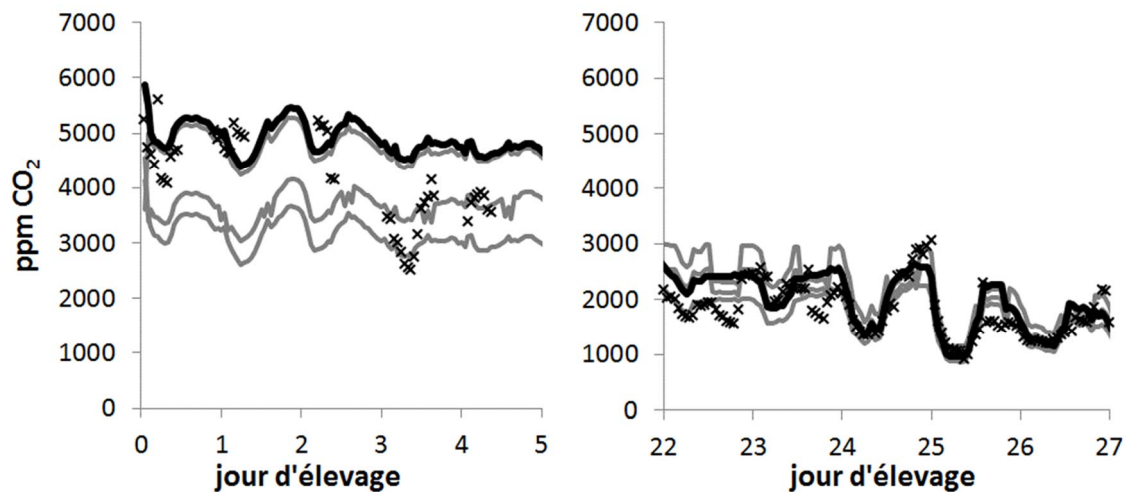


Figure 3 Concentration en CO₂ de la salle SNB en semaine 1 (a) et 4 (b). Les croix représentent les observations ; le trait noir, le modèle GIGR (2002) ; les traits gris, le modèle proposé ici

IMPACT D'UNE MANIPULATION THERMIQUE PENDANT L'EMBRYOGENESE SUR LA PRODUCTION DE FOIE GRAS DES CANARDS MULARDS

**William Massimino¹, Stéphane Davail¹, Marie-Dominique Bernadet², Tracy Pioche¹,
Karine Ricaud¹, Karine Gontier¹, Cécile Bonnefont³, Hélène Manse³, Mireille Morisson³,
Anne Collin⁴, Stéphane Panserat¹, Marianne Houssier¹**

¹INRA, Univ Pau & Pays Adour, E2S UPPA, UMR 1419, Nutrition, Métabolisme,
Aquaculture, F-64310 SAINT PEE SUR NIVELLE,

²UE-PFG-UE89, Centre INRA Bordeaux-Aquitaine, (Unité Expérimentale sur les Palmipèdes
à Foie Gras), Domaine d'Artiguères, 1076, route de Haut Mauco, F-40280 BENQUET,

³GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, F-31326 CASTANET TOLOSAN

⁴UMR-BOA, Centre INRA Val de Loire, F-37380 NOUZILLY

william.massimino@univ-pau.fr

RÉSUMÉ

Différentes études ont montré que des événements survenus très tôt dans la vie d'un animal pouvaient avoir des effets de « programmation » sur la physiologie de l'adulte. L'exposition d'embryons de volaille à des températures d'incubation élevées améliore leur capacité de survie lors de pics de chaleur à l'âge adulte. Récemment, il a été démontré que la manipulation thermique embryonnaire (MT) avait un impact sur le développement musculaire et le métabolisme hépatique chez les canards Pékin. Dans cette étude, notre objectif était de mesurer l'impact d'une élévation de la température d'incubation sur le développement, la croissance et les performances des canards mulards, principalement utilisés pour la production de foie gras. Nous avons testé trois modalités expérimentales d'augmentation de la température dans l'incubateur sur des embryons de canards mulards, parallèlement un groupe témoin était maintenu à température constante tout au long de l'embryogenèse. Une éclosion plus précoce a été observée pour tous les groupes soumis à une MT (1 jour d'avance en moyenne). Des changements significatifs de la température et du poids corporels ont été mesurés à l'éclosion et tout au long de l'élevage. Enfin, le gavage a entraîné une augmentation significative du poids vif, des muscles de la cuisse, du tissu adipeux et du foie dans tous les groupes traités, tandis qu'une MT embryonnaire augmentait de manière significative le poids de graisse abdominale (jusqu'à +13,3% ; P=0,0001) et du foie (jusqu'à +16,9% ; P<0,0001), par rapport au groupe contrôle (sans MT) gavé. Ces résultats suggèrent que la MT embryonnaire peut améliorer la production de foie gras chez le canard mulard, mais ses effets potentiels sur l'éclosabilité doivent être approfondis.

ABSTRACT

Impact of embryonic thermal manipulation on fatty liver production in mule ducks

Previous studies have shown that very early life events could have programming effects on adult physiology. Exposing poultry embryos to higher incubation temperatures improve their survival capacity to thermal challenge in adulthood. Recently, embryonic thermal manipulation (TM) has been shown to impact muscle development and hepatic metabolism in Pekin ducks. In this study, we aimed to test whether rising incubation temperature has an impact on development, growth and zootechnical performances in mule ducks, mainly used for fatty liver production. Different thermal incubation conditions were applied during embryogenesis on mule duck eggs with three TM groups and one control, for which the temperature was maintained stable throughout. A faster embryonic and growth development was observed for all TM groups. Significant changes in body temperature and body weight were measured at hatching time and throughout the breeding period. Finally, overfeeding induced significant increase of live body weight, leg muscle, fat, and liver weights in all groups, while embryonic TM significantly increased abdominal fat and liver weights compared to control overfed group. These results suggest that embryonic TM can improve fatty liver production in male mule ducks, nevertheless potential deleterious effects on eclosability need to be explored further.

INTRODUCTION

La production de foie gras nécessite de soumettre les canards à une période de gavage, principalement avec du maïs. Cette alimentation riche en glucides stimule la lipogenèse *de novo* et induit une stéatose hépatique (Saadoun and Leclercq, 1987; Hermier *et al.*, 1991; Fernandez *et al.*, 2011). À la fin de la période de gavage le poids de foie est généralement multiplié par 10 avec plus de 50% de lipides, alors que ceux-ci ne représentent que 5% chez les canards non-gavés. Les pressions sociétales se faisant de plus en plus fortes, les travaux scientifiques s'orientent vers la recherche d'alternatives au gavage ou de réduction de la durée de la période de gavage. C'est donc dans l'optique d'améliorer la production de foie gras tout en respectant le bien-être animal que nous avons réalisé cette étude.

L'embryogenèse, étant extracorporelle chez les volailles, est donc facilement affectée par les facteurs environnementaux. La température est considérée comme l'un des facteurs les plus influents sur le développement embryonnaire, l'éclosion et la croissance post-embryonnaire chez l'oiseau (DuRant *et al.*, 2011; Yahav and Brake, 2014; Li *et al.*, 2017;). Au cours des 50 dernières années, l'augmentation de la productivité résultant de la génétique, la nutrition et de l'amélioration dans la gestion d'ambiance ont permis de réduire considérablement le temps nécessaire pour atteindre le poids du marché chez les poulets de chair (Zuidhof *et al.*, 2014). Malheureusement, ces améliorations des performances de croissance ont été effectuées au détriment des capacités cardiovasculaire et respiratoire des oiseaux, entraînant une sensibilité accrue aux stress thermiques, provoqués par des températures et une humidité élevées (Renaudeau *et al.*, 2012; Terim Kapakin *et al.*, 2013). Il a été montré que les poulets s'adaptent mieux au stress thermique pendant l'élevage si des manipulations de la température et de l'humidité sont appliquées au cours de la période précédant l'éclosion (Decuyper and Bruggeman, 2007; Renaudeau *et al.*, 2012). Ainsi la manipulation thermique embryonnaire améliore la thermo-tolérance du poulet de chair sans modifier le développement de l'embryon et réduit de 50% la mortalité lors d'une exposition à la chaleur aigue (Piestun *et al.*, 2008a). En outre, une augmentation de 1,7°C pendant 12h/24h, du 7^{ème} jour de développement embryonnaire (E7) à E16 induit une augmentation du poids de filet (+1%) chez le poulet (Piestun *et al.*, 2013), parallèlement à une diminution du taux de gras abdominal (Loyau *et al.*, 2013), tandis qu'une augmentation de 1°C pendant 4 jours lors des premiers stades d'incubation conduit à d'avantage de fibres musculaires à l'éclosion chez la dinde (Ashton *et al.*, 2005). Cette manipulation, également définie comme une « programmation thermique », fait partie du processus plus vaste de « programmation » basé sur les changements permanents causés par diverses manipulations de l'environnement au cours d'une période critique caractérisée par une grande plasticité des systèmes de

commande physiologiques (Decuyper and Bruggeman, 2007; Willemsen *et al.*, 2010). Ces résultats indiquent que la programmation embryonnaire peut avoir un effet physiologique à long terme et induire des gains potentiels en poids vifs intéressants économiquement.

Très peu de données relatives à l'effet des MT embryonnaires sont disponibles chez les canards. Des résultats obtenus chez le canard Pékin montrent une inhibition du développement des muscles du *pectoralis major* pendant l'embryogenèse ainsi qu'à l'éclosion, après une augmentation de 1°C en fin d'incubation (Li *et al.*, 2017). Néanmoins, l'augmentation de la température d'incubation de 1°C 24h/24 pendant les jours embryonnaires E11 à E24 entraîne une augmentation du poids du foie deux semaines après l'éclosion (Liu *et al.*, 2015) et une augmentation de l'activité et de l'expression de la FAS (fatty acid synthase) hépatique qui est une enzyme impliquée dans la lipogenèse (Wang *et al.*, 2014). Ces résultats suggèrent que la manipulation thermique embryonnaire chez les canards Pekin pourrait améliorer le stockage des lipides dans le foie, au moins à court terme. À notre connaissance, aucune donnée n'est disponible sur des manipulations thermiques embryonnaires chez le canard mulard génotype connu pour présenter un engraissement principalement hépatique (Chartrin *et al.*, 2006). Cette étude vise à déterminer les effets de la manipulation thermique embryonnaire chez le canard mulard afin de mesurer son impact sur le métabolisme du foie et la production de foie gras.

1. MATERIELS ET METHODES

Le protocole mis en place a reçu un avis favorable du comité d'éthique du Grand Sud-Ouest (n°73) sous la référence du dossier 201805250850236-v3.

1.1. Dispositif expérimental

Pour cette étude nous avons utilisé 2000 œufs de canards mulards de type génétique H85 provenant de la société Grimaud Frères Sélection (3 la corbière – Roussay, 49450 Sèvremoine, France). Ces œufs ont été répartis dans 4 incubateurs différents de l'Unité Expérimentale des Palmipèdes à Foie Gras (INRA, UEFG), correspondant à 4 modalités expérimentales (500 œufs/groupe) : un groupe contrôle et 3 groupes manipulés thermiquement (MT). Les conditions d'incubation des 4 groupes expérimentaux ont été : T1 (contrôle) : incubation à température (37,6°C, 24h/24h) et hygrométrie (47%) constantes pendant toute la durée d'incubation ; groupe T2 : incubation à 38,6 °C 24h/24h de E13 à E27 ; groupe T3 : incubation à 38,6°C 16h/24h de E13 à E27; et groupe T4 incubation à 39,1°C 16h/24h de E13 à E27. L'hygrométrie a été ajustée à 63% pour les 3 groupes MT. Les canetons ont été identifiés à l'éclosion par une bague alaire et répartis dans 8 loges à raison de 2 loges par groupe et de 100 animaux par loge. Les animaux ont été nourris *ad libitum* avec un aliment de démarrage de 0 à 4 semaines d'âge (EMA 2800 Kcal,

17,5% PB), puis avec un aliment de croissance de 4 à 8 semaines d'âge (EMA 2800 Kcal, 15,5% PB). A partir de la 8^{ème} semaine, un rationnement horaire est pratiqué pour la période de finition jusqu'à la mise en gavage avec une distribution *ad libitum* 1h/jour. A l'âge de 12 semaines, les canards prêts à gaver (PAG) ont été placés en cages collectives pour un gavage en 21 repas, avec 53% de mix (98% maïs) et 47 % d'eau.

1.2. Mesures

La consommation alimentaire par loge, la température corporelle, le poids vif individuel des animaux et l'éclosabilité ont été relevés à l'éclosion, puis toutes les 2 semaines, jusqu'à l'abattage après gavage. A 15 jours d'élevage, 30 mâles par traitements ont été prélevés aléatoirement et abattus pour réaliser des mesures anatomiques. La cuisse droite, le foie, le *pectoralis major* et le gras abdominal ont été prélevés et pesés. Avant gavage (J83), 40 animaux (choisis aléatoirement) par groupe ont été abattus, puis 52 après gavage (J95) pour réaliser les mêmes analyses.

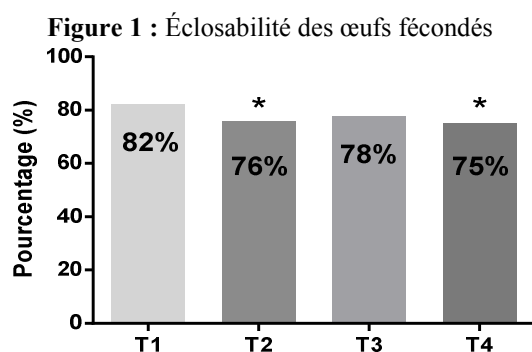
1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel GraphPad Prism 6.01. Un test de Chi² a été utilisé pour l'analyse statistique des résultats d'éclosabilité. Les autres données zootechniques et anatomiques ont fait l'objet d'une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Lorsque les effets des facteurs étaient significatifs, les comparaisons de moyennes 2 à 2 ont été réalisées au moyen du test de Tukey.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

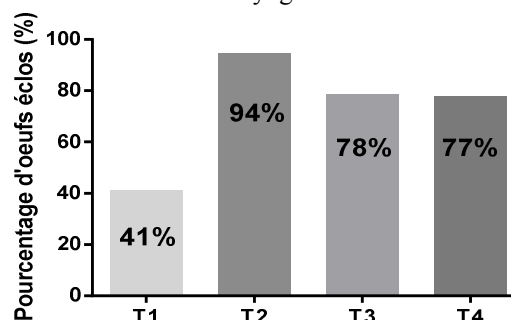
2.1 Résultats d'éclosion

Une modification de la température d'incubation peut avoir un impact très différent sur l'éclosabilité, selon la période, la durée ou le degré de variation (Collin *et al.*, 2005; Piestun *et al.*, 2008a, 2008b). Dans cette étude, nous mesurons une diminution significative du taux d'éclosion pour les 2 groupes ayant subi les plus fortes manipulations thermiques (76% et 75% pour T2 et T4 respectivement contre 82% chez les contrôles), mais nous n'observons pas de diminution significative dans le groupe T3 (Figure 1). Ces résultats confirment des résultats antérieurs (Piestun 2008) indiquant qu'une augmentation continue de la température durant toute la période d'incubation affecte plus l'éclosabilité qu'une augmentation discontinue.



Nos résultats suggèrent également que les canards seraient plus sensibles que les poulets à une augmentation modérée de la température d'incubation. Par ailleurs, 70 à 95% des animaux ayant subi une manipulation thermique sont éclos au 29^{ème} jour d'embryogenèse, contre seulement 40% pour le groupe contrôle (figure 2). Ce résultat confirme que l'augmentation de la température d'incubation accélère le développement embryonnaire (Durant 2013). Cette étude contribuera à perfectionner les conditions de manipulation thermique pour assurer une éclosion optimale dans ce modèle.

Figure 2 : Éclosion des œufs au 29^{ème} jour d'embryogenèse



2.2 Performances zootechniques en condition d'élevage et de gavage

L'évolution de la température corporelle externe des canards, de l'éclosion jusqu'en fin de gavage, est présentée dans le tableau 1. Nous observons une baisse significative de la température chez les trois groupes MT comparés au groupe contrôle, depuis l'éclosion jusqu'au 59^{ème} jours d'âge. Ces premiers résultats chez le canard confirment ceux de nombreuses études obtenus chez les poulets, relevant une baisse moyenne de température de 0,2°C jusqu'à 28 jours post-éclosion (Loyau *et al.*, 2015). En fin de gavage, plus aucune différence de température corporelle n'est observée. L'impact du gavage sur le métabolisme est très important et pourrait induire une augmentation de la thermogénèse (Guéméné *et al.*, 2006), ce qui pourrait expliquer une stabilisation de la température corporelle pour tous les groupes.

L'évolution des poids vifs des canards mulards des 4 groupes du 1^{er} au 95^{ème} jour est présenté sur le tableau 2. Nous observons une diminution significative du poids vif moyen des canetons à l'éclosion pour les 3 groupes ayant subi une MT par rapport au groupe contrôle, comme précédemment rapporté chez le poulet (Al-Rukibat *et al.*, 2017; Zaboli *et al.*, 2017). Cependant, dès la deuxième semaine les canetons des 3 groupes ayant subi une MT ont compensé la différence de poids vif initiale, puis excède celui des contrôles entre J45 et J59. Les différences s'estompent totalement au moment de la mise en gavage. Cette augmentation de poids vif pendant l'élevage pourrait être liée à une croissance musculaire plus rapide du *pectoralis major*, dont nous avons mesuré une augmentation dans deux des groupes traités à deux semaines d'âge (Tableau 3).

Tableau 1. Moyenne et écart-types de la température corporelle externe par jours et par traitement

Température moyenne (°C)	J1	J31	J45	J59	J70	J83	J95
Nombre d'animaux	123-150	94-96	94-96	92-95	90-95	90-95	48-52
Contrôle	39,03 ± 1,10	35,24 ± 1,41	33,75 ± 1,92	33,34 ± 1,68	31,91 ± 1,55	34,76 ± 1,53	34,81 ± 1,18
+1°C 24h/24h, (E13 à E27)	38,58 ± 0,73 (***)	35,42 ± 1,16 (ns)	32,48 ± 2,26 (***)	31,03 ± 1,86 (****)	31,36 ± 1,86 (ns)	34,93 ± 1,95 (ns)	35,05 ± 0,94(ns)
+1°C 16h/24h, (E13 à E27)	38,56 ± 0,55 (***)	35,19 ± 1,24 (ns)	31,77 ± 2,19 (****)	30,50 ± 1,63 (****)	31,96 ± 1,73 (ns)	34,85 ± 2,12 (ns)	34,72 ± 1,43 (ns)
+1,5°C 16h/24h, (E13 à E27)	38,20 ± 0,46 (***)	35,39 ± 1,30 (ns)	32,26 ± 2,32 (****)	30,64 ± 1,67 (****)	32,51 ± 1,42 (*)	33,99 ± 2,77 (*)	34,68 ± 1,43 (ns)

*, **, ***, **** : Effet significatif respectivement à P<0,05 ; <0,01 ; <0,001 ; <0,0001

Tableau 2. Moyenne et écart-types du poids vif des canards mulards par jours et par traitement

Poids vif moyen (g)	J1	J31	J45	J59	J70	J83	J95
Nombre d'animaux	123-150	94-96	94-96	92-95	90-95	90-95	48-52
Contrôle	48,16 ± 3,60	1669 ± 130	2622 ± 218	3684 ± 285	4167 ± 343	4562 ± 378	6102 ± 391
+1°C 24h/24h, (E13 à E27)	42,60 ± 4,82 (****)	1713 ± 158 (ns)	2824 ± 235 (****)	3943 ± 322 (****)	4351 ± 373 (***)	4683 ± 400 (ns)	6183 ± 405 (ns)
+1°C 16h/24h, (E13 à E27)	44,70 ± 3,79 (****)	1646 ± 136 (ns)	2770 ± 223 (****)	3808 ± 278 (*)	4181 ± 317 (ns)	4522 ± 366 (ns)	6144 ± 405 (ns)
+1,5°C 16h/24h, (E13 à E27)	43,88 ± 4,55 (****)	1719 ± 161 (ns)	2760 ± 254 (***)	3865 ± 296 (***)	4240 ± 330 (ns)	4576 ± 392 (ns)	6127 ± 448 (ns)

*, **, ***, **** : Effet significatif respectivement à P<0,05 ; <0,01 ; <0,001 ; <0,0001

Ces données confirment les résultats déjà observés chez le poulet et le canard révélant une augmentation du poids de muscle (Piestun *et al.*, 2011, 2013; Loyau *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2015). En revanche, nous n'avons observé aucune différence de poids du foie à 15 jours post-éclosion. Lors de la mise en gavage, un groupe traité présente encore une augmentation du poids de muscle pectoral (T2), et deux d'entre eux une augmentation du gras abdominal (T2 et T4, Tableau 3). Comme attendu, le gavage induit une prise de poids significative pour le gras abdominal, la cuisse et le foie, dans les quatre groupes. Le gain de poids corporel et l'indice de consommation pendant la période de gavage n'étaient pas significativement différents (non montrés). Après gavage, la MT induit une augmentation significative du poids de gras abdominal pour tous les groupes MT (Tableau 3). De façon plus intéressante, la manipulation thermique embryonnaire augmente significativement le poids des foies gras pour les 3 groupes MT par rapport au groupe contrôle, jusqu'à +16,9% pour le groupe avec l'augmentation de température la plus élevée (T4). Cette augmentation est corrélée à une augmentation du contenu lipidique dans les trois groupes MT (+2,5 à 3%, données non montrées), ce qui peut expliquer un taux de fonte plus élevé pour deux d'entre eux (Tableau 3). Ces résultats suggèrent donc qu'une modification de la température d'incubation pendant l'embryogenèse pourrait effectivement moduler le métabolisme énergétique chez le canard adulte,

ouvrant la voie à une nouvelle procédure simple et peu coûteuse pour la filière de production de foie gras.

CONCLUSION

Les résultats obtenus lors de cette étude ont permis de mettre en évidence un impact de la modification de température lors de l'embryogénèse sur la physiologie des canards mulards, avec comme principal résultat une augmentation du poids de foie gras après gavage chez tous les groupes ayant subi une manipulation thermique embryonnaire. Ces résultats pourraient être très encourageants pour la filière et ouvrent désormais un nouveau champ d'étude afin de déterminer les mécanismes mis en jeu lors d'une manipulation thermique. Les conditions de programmation devront néanmoins être optimisées afin de limiter les impacts négatifs sur l'éclosabilité et le taux de fonte.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (CIFOG, Conseil départemental des landes), et l'ensemble du personnel de l'Unité Expérimentale sur les Palmipèdes à Foie Gras qui a participé activement à ce travail.

Tableau 3 : Composition corporelle à J15, avant (J83) et après (J95) gavage en fonction du traitement thermique

	T1 (contrôle)	T2 (+1°C, 24h/24h, E13 à E27)	T3 (+1°C, 16h/24h, E13 à E27)	T4 (+1,5°C, 16h/24h, E13 à E27)
Dissection à J15 (n=28-31)				
Poids de corps (n=122-151)	481,5 ± 50,4	495,2 ± 75,8	482,4 ± 55,5	506,9 ± 73,7
Poids du foie (g)	31,84 ± 6,79	31,22 ± 8,19	30,42 ± 5,89	34,64 ± 6,05
Poids du <i>pectoralis major</i> (g)	3,20 ± 0,70 a	3,73 ± 0,82 b	3,31 ± 0,92 a	3,75 ± 0,82 b
Poids du gras abdominal (g)	1,21 ± 0,76	1,16 ± 0,64	1,18 ± 0,96	1,22 ± 0,82
Poids de la cuisse (g)	29,93 ± 3,97	29,98 ± 5,24	30,25 ± 4,38	31,20 ± 4,91
Dissection avant gavage (n=36-38)				
Poids carcasses ressué	3541 ± 258 a	3715 ± 267 b	3592 ± 231 a	3653 ± 278 a
Poids du foie (g)	82,94 ± 12,15	83,61 ± 10,06	81,18 ± 10,42	85,03 ± 11,05
Poids du <i>pectoralis major</i> (g)	290,1 ± 27,6 a	306,8 ± 22,2 b	299,4 ± 25,7 a	297,1 ± 27,5 a
Poids du gras abdominal (g)	55,72 ± 23,88 a	72,86 ± 23,74 b	65,11 ± 23,59 a	69,83 ± 21,93 b
Poids de la cuisse (g)	343,8 ± 32,9	350,8 ± 35,5	341,7 ± 29,6	352,3 ± 33,2
Dissection après gavage (n=47-52)				
Poids carcasses ressué	5163 ± 329	5275 ± 325	5200 ± 281	5208 ± 433
Poids du foie (g)	449,1 ± 70,2 a	491,6 ± 96,9 b	494,8 ± 80,8 b	525,0 ± 96,2 c
Poids du <i>pectoralis major</i> (g)	300,1 ± 32,7	303,0 ± 35,2	303 ± 26,6	302,4 ± 31,5
Poids du gras abdominal (g)	173,6 ± 21,1 a	196,7 ± 33,9 b	189,2 ± 23,8 b	195,2 ± 30,0 b
Poids de la cuisse (g)	497,0 ± 43,4	495,4 ± 47,4	491,6 ± 41,5	491,6 ± 48,5
Taux de fonte (%)	24,23 ± 12,28 a	32,30 ± 12,28 b	28,87 ± 13,65 a	30,91 ± 13,04 b

a, b, c : sur une même ligne, les moyennes affectées d'au moins une lettre en commun ne diffèrent pas significativement (p<0,05), Moyenne ± écart-type

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al-Rukibat, R.K., Abu-Basha, E.A. 2017. Poult. Sci. 96, 234–240.
- Ashton, C., Stickland, N., 2005. Arch Tierz Dummerstorf 48, 04–10.
- Chartrin, P., M.J., Baéza, E., 2006. Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol. 145, 413–418.
- Collin, A., Yahav, S., 2005. Anim. Res. 54, 105–111.
- Decuyper, E., Bruggeman, V., 2007. Poult. Sci. 86, 1037–1042.
- DuRant, S.E., Hepp, G.R., 2011. Physiol. Biochem. Zool. 84, 451–457.
- Fernandez, X., M.D., Manse, H., 2011. Poult. Sci. 90, 2360–2369.
- Guémené, D., Faure, J.-M., 2006. Anim. Res. 55, 443–458.
- Hermier, D., Sellier, N., Rousselot-Paillet, D., Chapman, M.J., 1991. Lipids 26, 331–339.
- Li, X., Wang, J., 2017. J. Therm. Biol. 70, 37–45.
- Liu, H., Wang, J., 2015. J. Therm. Biol. 53, 80–89.
- Loyau, T., Collin, A., 2015. Animal 9, 76–85.
- Loyau, T., Yahav, S., 2013. J. Anim. Sci. 91, 3674–3685.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2013. Poult. Sci. 92, 1155–1163.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2011. J. Therm. Biol. 36, 469–474.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2008a. Poult. Sci. 87, 1516–1525.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2008b. J. Therm. Biol. 33, 413–418.
- Renaudeau, D., Collier, R.J., 2012. Animal 6, 707–728.
- Saadoun, A., Leclercq, B., 1987. J. Nutr. 117, 428–435.
- Terim Kapakin, K.A., Saglam, Y.S., 2013. Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.
- Wang, G., Liu, H., 2014. J. Therm. Biol. 43, 40–45.
- Willemsen, H., Everaert, N., 2010. Poult. Sci. 89, 2678–2690.
- Yahav, S., Brake, J., 2014. J. Stem Cells 9, 17.
- Zaboli, G.-R., A., Mehri, M., 2017. Poult. Sci. 96, 478–485.
- Zuidhof, M.J., Robinson, F.E., 2014. Poult. Sci. 93, 2970–2982.

SESSION

DURABILITE – ENVIRONNEMENT
– SYSTEMES D'ELEVAGE

Synthèse

POURQUOI ET COMMENT EVALUER LES SERVICES RENDUS PAR LES PRODUCTIONS AVICOLES ?

Méda Bertrand¹, Dupuy Louis², Dumont Bertrand³, Hercule Jonathan⁴

¹*BOA, INRA, Université de Tours, 37380, Nouzilly, France*

²*APESA, 64000, Pau, France*

³*Université Clermont Auvergne, INRA, Vetagro Sup, UMR Herbivores, F-63122, Saint-Genès-Champanelle, France*

⁴*ITAVI, 7 Rue du Faubourg Poissonnière, 75009, Paris, France*

bertrand.meda@inra.fr

RÉSUMÉ

Bien que les filières avicoles œuvrent pour répondre aux enjeux du développement durable, elles font aujourd'hui face à différentes controverses, notamment sur leurs impacts environnementaux ou sur le bien-être animal. Dans ce contexte, il apparaît crucial de mieux cerner les atouts des filières, c'est-à-dire les services que ces filières rendent à la société. Le concept de service (dit « écosystémique ») est d'abord apparu dans le domaine de l'écologie, et peut être défini comme un bénéfice fourni à la société par un écosystème. Des définitions plus larges, intégrant le caractère multifonctionnel de l'élevage, ont depuis été proposées. En tenant compte des services rendus, mais également des effets négatifs (« dysservices ») de l'élevage, la notion de bouquet de services émerge alors. Elle repose sur l'existence de synergies ou d'antagonismes entre les différents (dys)services, et sur la recherche de compromis entre ceux-ci. En production avicole, deux grands types de bouquets de services sont observables. D'une part, des bouquets plutôt orientés vers des services de production de denrées alimentaires et de vitalité territoriale, notamment dans les zones à forte densité animale. D'autre part, des bouquets plus orientés vers la qualité des produits et une image positive auprès des consommateurs (e.g. des productions Label Rouge). Afin d'aider les filières avicoles à s'approprier ces nouveaux concepts, et à proposer des bouquets de services « équilibrés », le développement d'outils d'évaluation des services est en cours, de même que des réflexions sur la monétarisation de ces services, qui pourraient permettre de créer de la valeur. L'approche « Services » représente donc un changement de paradigme pour les productions avicoles qui pourrait les aider à aborder de manière conjointe les enjeux de durabilité auxquelles elles doivent répondre.

ABSTRACT

Assessing the services provided by poultry production: Why and how?

Poultry supply chains are facing the challenges of sustainable development as well as societal controversies, especially those focusing on environmental impact or animal welfare. In this context, it is crucial better evaluating the assets of these supply chains, i.e. the “services” they provide. The concept of (ecosystem) service was first described by ecologists. It can be defined as a benefit provided by an ecosystem to society. Since this first definition, larger definitions considering the multifunctionality of livestock production were proposed. The concept of “bundles of services” arises when the production of multiple services or dysservices (i.e. negative effects) is considered. Bundles of services are based on the existence of synergies or antagonisms between the different (dys)services provided, and the research of compromises. For poultry production, two main bundles can be observed. First, bundles oriented towards the provision of food products and territorial vitality, especially in areas with high animal density. Secondly, bundles more oriented towards the production of high quality products and a positive perception of production by consumers (e.g. Label Rouge productions). In order to help the supply chains integrating those new concepts, and produce “balanced” bundles of services, assessment tools are being developed, as well as approaches for the monetization of services in order to create added value. The “services” framework therefore represents a paradigm shift for poultry production, one that could help supply chains to address the sustainability issues awaiting ahead.

INTRODUCTION

La demande mondiale en viande de volaille et œufs est en croissance soutenue sur les trois dernières décennies, avec pour principal moteur le marché asiatique. Au sein de l'Union Européenne, le solde des exportations vers les pays tiers est excédentaire en volume, mais est déficitaire pour les produits de découpe à forte valeur ajoutée tel que les filets, dont environ un quart de la consommation européenne est importée. Cette demande croissante, notamment pour approvisionner la restauration hors domicile (RHD), où l'argument prix est déterminant, crée une incitation forte pour les opérateurs français à améliorer leur compétitivité sur la découpe (Chatellier *et al.*, 2015). Ce contexte très concurrentiel dans lequel s'inscrit l'aviculture européenne, et nombre d'autres productions animales, a favorisé depuis plusieurs décennies le phénomène de spécialisation des exploitations et de concentration géographique des activités agricoles pour rechercher des économies d'échelle et d'agglomération (Roguet *et al.*, 2015). Ainsi, les productions avicoles françaises sont fortement concentrées dans les départements de Bretagne et des Pays-de-la-Loire qui concentrent 53 % des effectifs de poules et représentent 63 % des abattages de volailles (DGAL, 2017 ; SSP, 2018).

En parallèle, différentes controverses ont émergé autour de l'élevage, notamment sur ses effets néfastes sur l'environnement (*e.g.* le rapport FAO « Livestock's Long Shadow » de Steinfeld *et al.*, 2006) ou sur les conditions d'élevage et d'abattage des animaux (Delanoue et Roguet, 2015 ; Dockes *et al.*, 2017). Ces débats ont favorisé, ou *a minima* accompagné, une tendance globale à la réduction de la consommation de viande, voire à une montée du végétarisme et du véganisme (Delanoue et Roguet, 2015), la volaille semblant néanmoins faire exception grâce à un positionnement prix favorable (croissance de la consommation européenne de 1,6% par an depuis dix ans ; ITAVI, 2018). Toutefois, malgré une demande forte pour des systèmes davantage garant du bien-être des volailles (*e.g.* arrêt des poules en cages), le consentement des consommateurs à payer plus cher pour des cahiers des charges « premium » semble encore limité (Clark *et al.*, 2017), en particulier en comparaison avec d'autres productions animales.

Malgré les efforts consentis pour proposer, des systèmes d'élevage et des filières conciliant performance économique, réponses aux attentes sociétales et préservation de l'environnement (Protino *et al.*, 2013 ; Spoelstra *et al.*, 2013), l'élevage de volailles peut être perçu de façon très négative auprès d'une catégorie de consommateurs et de citoyens, qui parlent encore souvent d'élevage « industriel » (Dockes *et al.*, 2017). Dans un tel contexte, il est donc crucial de pouvoir mieux cerner les atouts des filières avicoles, en d'autres termes de considérer également les services que ces filières rendent à la société.

Cet article aborde donc les différents concepts développés en recherche autour de la notion de services rendus par les (agro-)écosystèmes avec animaux d'élevage, et notamment le concept-clé de « bouquet de services », intimement lié à la notion de compromis. Les services rendus par différentes productions avicoles françaises sont ensuite présentés en utilisant différents cadres conceptuels issus de la littérature. Enfin, des pistes sont proposées pour évaluer ces services et aider les acteurs des filières à i) la prise de décision et ii) à créer de la valeur en s'appuyant sur les services rendus.

1. QU'EST-CE QU'UN SERVICE ?

1.1. Les services dits « écosystémiques » du *Millenium Ecosystem Assessment*

A l'interface entre écologie et économie, les services écosystémiques sont définis comme les bénéfices fournis à la société par les écosystèmes (MEA, 2005). Les services écosystémiques sont la résultante de l'attribution par des bénéficiaires (*i.e.* les différents acteurs qui utilisent un territoire : éleveurs, consommateurs, professionnels des filières, etc.) d'une valeur positive à certaines fonctions ou structures écosystémiques. Cette notion, initialement largement dévolue aux écosystèmes naturels, a été étendue aux écosystèmes agricoles (on parle alors d'agroécosystèmes) parmi lesquels ceux façonnés par l'activité d'élevage. La nomenclature du MEA (2005) considère quatre grandes catégories : les services d'approvisionnement, de régulation, culturels et de support (Figure 1). Les services support sont de plus en plus fréquemment assimilés aux « services intrants » tels que la fertilisation organique. Parmi les services de l'élevage on peut citer la valeur esthétique des paysages, la régulation du climat au travers de la séquestration du carbone par les prairies. La biodiversité rend aussi des « services intrants » tels que la stabilité des rendements fourragers, la qualité des sols et la pollinisation.

1.2. Impacts, dysservices, compromis et bouquets

Reconnaître les services fournis à la société par les agroécosystèmes, et en particulier ceux reposent sur des activités d'élevage, n'occulte pas la nécessité d'examiner conjointement ses effets négatifs (le terme « impacts » souvent connoté négativement est alors utilisé). On trouve ainsi dans la littérature la notion de « dysservices », qui correspond à des nuisances pour l'homme, issues soit du fonctionnement « naturel » de l'écosystème, soit des externalités négatives générées (pollutions et dégradations) par les activités agricoles humaines (*e.g.* pratiques d'élevage) qui ne sont pas prises en compte dans les services écosystémiques listés par le MEA.

Associer les termes « services » et « impacts » conduit à considérer les différents effets de l'élevage de manière conjointe. Le cadre des « bouquets de

services » permet de considérer cette coexistence d'effets positifs et négatifs des activités d'élevage, les interrelations entre services, et les interactions entre les processus écologiques qui les sous-tendent (Bennett *et al.*, 2009). Ainsi, pour mieux comprendre ces relations entre un ensemble de services et de dysservices, Raudsepp-Hearne *et al.* (2010) définissent la notion de « bouquets de services » comme un ensemble de services écosystémiques qui apparaissent ensemble de manière récurrente dans différents sites et au cours du temps, en d'autres termes des associations stables de services écosystémiques.

Dans le cas fréquent où l'augmentation d'un service pénalise la fourniture d'un autre service, voire engendre des externalités négatives, on parle d'antagonisme, et il s'agit alors de rechercher un compromis entre production de services et de dysservices. A l'inverse, lorsque la fourniture d'un service est favorisée par celle d'un autre service, on parle de synergie (Dumont *et al.*, 2017). Comme le soulignent Tancoigne *et al.* (2014), les services écosystémiques ont jusqu'ici surtout été considérés individuellement ou par deux afin de mettre en évidence des synergies et des antagonismes, les approches par « bouquets de services » restant à ce jour minoritaires.

1.3. Vers une définition plus large des services rendus par les territoires d'élevage

Ryschawy *et al.* (2017) ont décliné le concept de bouquets de services aux territoires d'élevage de France métropolitaine. Ce que ces auteurs qualifient de « services » recouvre à la fois les services d'approvisionnement (production de lait, de viande de ruminants, de viande de monogastriques et d'œufs), des services écosystémiques au sens du MEA (services de qualité environnementale et d'identité culturelle), et des services dits de « vitalité territoriale (emploi, maintien d'un tissu rural), essentiels lorsqu'on s'intéresse à l'avenir de l'élevage. Au sein des quatre catégories principales, cinq services ont été considérés et quantifiés (Figure 2). L'analyse a été réalisée à la maille des départements, et à ce grain d'analyse, c'est l'effet des systèmes dominants qui est donc représenté. A l'instar d'autres cartographies de services (Turner *et al.*, 2014), le choix a ici été fait de représenter uniquement les services rendus par l'élevage (soit ses effets positifs). La représentation explicite des effets négatifs de l'élevage n'a pas été retenue, au motif d'un risque de double comptage (Ryschawy *et al.*, 2017). Parmi les indicateurs retenus, certains révèlent toutefois des nuisances occasionnées par l'élevage lorsque leur valeur est faible ; c'est par exemple le cas du service de préservation de la qualité de l'eau qui lorsqu'il est faible ou nul traduit des problèmes de pollution des eaux liés à l'élevage dans ces départements.

1.4. La « grange » synthétise de manière visuelle les services et impacts de l'élevage

En cohérence avec la littérature scientifique sur les systèmes socio-écologiques (*e.g.* Vallejo-Rojas *et al.*, 2016), Duru *et al.* (2017) ont représenté l'élevage par le système biotechnique en interaction avec un système écologique (son environnement local, mais aussi ses effets sur le climat et ses besoins en aliments concentrés importés) et un système social (travail, emploi, enjeux sociaux et culturels). Les filières d'élevage au sein des territoires sont représentées par un pentagone caractérisé par un mode d'utilisation des terres, des animaux (dont la densité et l'alimentation sont schématisés par leur taille et leur couleur), des éléments paysagers (haies) et des activités agro-industrielles sur lesquelles s'appuie l'élevage. Dans ce mode de représentation (Figure 3), les systèmes ou les territoires d'élevage interagissent avec cinq interfaces, des pictogrammes symbolisant les éléments concernés par ces interfaces. La nature et l'ampleur des effets sont représentées par des flèches sortantes plus ou moins large et dont la couleur indique que ceux-ci sont positifs (*i.e.* des services représentés par une flèche verte), négatifs (*i.e.* des impacts représentés par une flèche rouge) ou mitigés (hachures) ; dans ce dernier cas, l'effet dominant borde la flèche. Sur l'interface travail-emploi, les emplois directs en élevage et les emplois indirects (IAA, tourisme, flèche vers personnage blanc) sont distingués. Sur l'interface *Intrants*, les flèches entrantes indiquent l'utilisation d'intrants exogènes (qui symbolisent les effets délocalisés de l'élevage). Sur l'interface *Marchés*, la flèche entrante indique des pressions liées aux marchés (flèche rouge) ou des opportunités liées à des marchés spécifiques (*e.g.* circuits courts ; flèche verte). Sur l'interface *Environnement et Climat*, la flèche entrante indique que l'élevage bénéficie de services intrants (flèche verte) ou subit des dysservices ou la pression de facteurs environnementaux (prédation, sécheresse, etc. ; flèche rouge). La taille des pictogrammes et la largeur des flèches peut aisément s'appuyer sur des indicateurs quantitatifs, comme par exemple sur les interfaces *Marchés* et *Intrants*. La quantification est plus délicate pour l'interface *Enjeux sociaux et culturels*, pour laquelle des indicateurs qualitatifs sont très majoritairement utilisés.

A la différence du travail de Ryschawy *et al.* (2017) les effets positifs et négatifs de l'élevage sont représentés de manière explicite sur un même graphique. Il s'agit d'une représentation simplifiée, mais pédagogique, qui permet de comparer les territoires d'élevage entre eux, de visualiser leurs principales forces et faiblesses, ainsi que la nature et l'intensité des compromis à y rechercher. Si on applique la grange à l'échelle d'un territoire, les effets des systèmes de niche n'apparaissent toujours pas. Toutefois la grange permet une représentation fractale mais non quantifiée d'un territoire (Figure 3a), d'un

système (Figure 3b) voire d'une exploitation agricole, avec un même symbolisme. Elle permet ainsi de comparer les services et impacts d'un système dominant avec ceux d'un système de niche.

2. QUEL(S) BOUQUET(S) DE SERVICES POUR LES PRODUCTIONS AVICOLES ?

2.1. Exemples de bouquets de services rendus par les productions avicoles à l'échelle d'un territoire

Ryschawy *et al.* (2017) ont réalisé une analyse à la maille des départements et identifié quatre types de territoires d'élevage en France métropolitaine selon les bouquets de services qu'il fournit (Figure 2). Le bouquet de type 1 correspond à des territoires d'élevage « productifs » (Figure 2). Ainsi, les départements du Grand-Ouest (régions Bretagne et Pays-de-la-Loire) sont tous classés dans ce type de bouquet qui correspond à une forte expression des services d'approvisionnement (*e.g.* la Bretagne produit environ un tiers de la consommation annuelle nationale de protéines animales hors poisson ; Dourmad *et al.*, 2017) et de vitalité rurale (emplois directs et indirects nombreux dans les filières agricoles et agroalimentaires), mais cette approche a pu masquer certaines productions minoritaires ou de niche. De même, si les régions Bretagne et Pays-de-la-Loire contribuent largement à la production avicole nationale (53 % des effectifs de pondeuses ; DGAL, 2017, et 63 % des abattages de volailles ; SSP, 2018), le bouquet proposé par Ryschawy *et al.* (2017) ne distingue pas les différents niveaux de qualité des produits. Ainsi, les systèmes avicoles Label Rouge, pourtant très présents sur ce territoire, n'y sont pas explicitement représentés (voir 2.2. pour un bouquet de services associé à ces productions). Le bouquet « type 1 » décrit dans la Figure 2 met également en évidence une moindre expression des services contribuant à la qualité environnementale, et donc un antagonisme avec les services d'approvisionnement mentionnés précédemment.

Le cadre conceptuel de Duru *et al.* (2017) a permis à Dourmad *et al.* (2017) de préciser les dysservices, notamment environnementaux, associés au modèle « intensif » breton (Figure 3a). La représentation fait alors apparaître l'antagonisme entre ces dysservices et les services d'approvisionnement fournis par ce territoire. En effet, la forte concentration des élevages (avicoles, mais également porcins et bovins) conduit à des risques accrus en termes de lessivage des nutriments (azote, phosphore), mais que l'excellente efficacité de ces productions permet de produire de grands volumes de protéines animales avec de faibles niveaux d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'ammoniac (NH₃), et à des prix compétitifs. Enfin, elle montre que ces systèmes sont très dépendants de céréales et protéines végétales provenant du reste de la France voire importées (*e.g.* tourteaux de soja et de tournesol) et que ces systèmes souffrent d'une image

ternie auprès des citoyens et des consommateurs (Dockes *et al.*, 2017).

2.2. Exemples de bouquets de services rendus par un système d'élevage avicole au sein d'un territoire

Pour intégrer les dysservices, Bijja *et al.* (2017) ont adapté la méthode de Ryschawy *et al.* (2016) en y ajoutant une cinquième catégorie les caractérisant (Figure 4). Ils ont ensuite identifié trois services par catégorie pour évaluer un système d'élevage en particulier dans un territoire précis : la production de foie gras en agroforesterie dans le Périgord, associant l'élevage d'oies et la production de noix. Si l'objectif premier d'un tel système est la fourniture de biens et de denrées alimentaires, la représentation proposée par Bijja *et al.* (2017) permet de constater que la fourniture de services d'approvisionnement par ce système est faible (Figure 4). En effet, en 2015, la production annuelle de foie gras d'oie dans ce territoire s'élevait à 350 tonnes (contre environ 19 000 pour le foie gras de canard), même si ce tonnage correspond à 75 % de la production nationale de foie gras d'oie. De fait, en Périgord, ce système contribue largement à la vitalité du territoire avec des emplois locaux générés sur les élevages et dans la filière (environ 2 000 selon les auteurs) ainsi qu'un dynamisme lié à l'agrotourisme. De même, ce système contribue largement à l'identité culturelle et patrimoniale du Périgord avec ses paysages et son patrimoine gastronomique riche (foie gras, noix du Périgord). Cependant, le gavage des animaux pose la question sensible de l'acceptabilité sociétale de ce système tandis que la maîtrise des risques sanitaires constitue un enjeu majeur pour la compétitivité des filières, comme l'illustrent les épisodes d'influenza aviaire entre 2015 et 2017 (Figure 4).

Le système de production de poulets Label Rouge évalué par Benoit et Méda (2017) en utilisant la « grange » de Duru *et al.* (2017) présente un bouquet de services assez similaire à celui venant d'être décrit (Figure 3b). Les poulets Label Rouge bénéficient en effet d'une image largement favorable auprès des consommateurs et des citoyens, à la fois pour leurs qualités organoleptiques supérieures et pour l'accès au parcours, gage de bien-être supérieur pour les animaux. En termes d'approvisionnement en denrées alimentaires, les élevages Label Rouge représentent une part non négligeable de la production de viande de poulet (15 % des abattages nationaux selon l'ITAVI, 2018). Les filières adossées à ces élevages génèrent un grand nombre d'emplois directs et indirects, en particulier en région Pays-de-la-Loire qui concentre 44 % de la production nationale de volailles Label Rouge (SSP, 2018). Sur le plan environnemental, l'efficacité alimentaire moindre des animaux à croissance lente élevés engendre des émissions (GES, NH₃) par kg de vif supérieures à celles des systèmes avicoles bretons décrits par Dourmad *et al.* (2017). Des questions autour des risques liés aux déjections sur les parcours

(accumulation devant les bâtiments et risques de lessivage) se posent également. Mais, lorsqu'ils sont bien aménagés, les parcours pourraient également constituer une opportunité en termes de connectivité des milieux (arbres, haies, etc.) et de maintien de la biodiversité « ordinaire » (Benoit et Méda, 2017). Toutefois, comme dans le système décrit par Bijja *et al.* (2017), l'accès à un parcours extérieur pour les volailles peut également constituer un risque sanitaire supplémentaire en cas d'épisode d'influenza aviaire. Enfin, concernant l'utilisation d'intrants, même si la production de poulets Label Rouge repose sur l'utilisation d'aliments concentrés produits à l'extérieur des élevages, ces aliments sont majoritairement constitués de céréales (75 %) pouvant être produites localement (y compris sur les exploitations produisant des poulets Label Rouge). Ceci contribue à renforcer l'image d'une production ancrée dans son territoire (Benoit et Méda, 2017).

3. L'APPROCHE « SERVICES », OUTIL DE PROGRES POUR LES FILIERES AVICOLES ?

3.1. Penser « services » pour agir « durable » ?

L'approche « Services » décrite précédemment est encore récente et la question est donc de savoir ce que peut apporter ce cadre conceptuel par rapport à celui du développement durable. Certains auteurs suggèrent que la prise en compte des services rendus par les (agro-)écosystèmes pourrait permettre de satisfaire aux objectifs de durabilité sur le long terme. Ce serait en particulier le cas lorsqu'un agroécosystème fournit un bouquet de services « équilibré ».

Ainsi, Wood *et al.* (2018) ont enquêté différents experts des services écosystémiques (recherche académique, acteurs du développement), et ont montré des relations fortes existant entre les catégories de services du MEA (2005) et les Objectifs de Développement Durable des Nations-Unies (2015). En outre, un même service peut contribuer à la réalisation de plusieurs objectifs, dans différents « piliers » de la durabilité. Ainsi, dans le cas d'un élevage avicole avec parcours, la présence d'arbres et de haies sur le parcours peut permettre la production de biomasse (service d'approvisionnement ; Figure 1). Ce service peut alors i) contribuer au revenu de l'éleveur si ce bois est vendu (pilier « économie » de la durabilité) et ii) participer à la mitigation du changement climatique via le stockage du carbone et la production d'énergie renouvelable (pilier « environnemental »).

3.2. Vers des outils pratiques utilisables dans les élevages : exemple de la méthode « BOUQUET »

Comme évoqué précédemment l'approche proposée par Duru *et al.* (2017) permet une évaluation qualitative ou « semi-quantitative » des services et dysservices fournis par un système d'élevage ou un territoire d'élevage, tandis que le cadre

méthodologique proposé par Ryschawy *et al.* (2015) repose sur des indicateurs quantitatifs, mais à une échelle « macro » du département (une même approche pourrait être utilisée à des échelles infra dès lors que les indicateurs sont disponibles). Ces deux approches permettent de tirer des enseignements sur les « grandes tendances » d'un territoire. Pour aller, plus loin dans l'évaluation, et faire évoluer un système ou certaines pratiques (approche « diagnostic-conseil » ; Bouvarel et Fortun-Lamothe, 2013), des outils « de terrain » sont alors nécessaires (e.g. Darnat *et al.*, 2019).

La méthode « BOUQUET » décrite par Chiron *et al.* (2019) propose un cadre conceptuel pour évaluer les services rendus par les systèmes avicoles avec parcours (systèmes dits « plein-air »), dans un objectif d'aide à la décision. Ici, les bénéficiaires des services sont doubles : d'une part les éleveurs et d'autre part la société. Comme dans les autres approches mentionnées précédemment, on retrouve des grandes catégories de services déclinées ensuite en services. Cependant, les catégories de services sont plus nombreuses (5 au total ; Tableau 1) et les termes employés s'éloignent fortement de ceux utilisés dans le cadre conceptuel du MEA, même si les concepts sont similaires. Toutefois, à l'inverse de l'approche proposée par Bijja *et al.* (2017), la méthode « BOUQUET » ne considère pas les éventuels dysservices fournis par le système étudié. En réalité, comme dans l'approche de Ryschawy *et al.* (2017), la fourniture de dysservices peut être considérée indirectement par l'absence de fourniture d'un service (par exemple les services de « Qualité environnementale » S10 à S13 ; Tableau 1). Par ailleurs, certaines notions font leur apparition par rapport aux approches décrites précédemment. Ainsi, l'éleveur est identifié comme un bénéficiaire à part entière et des services autour de « la fierté du métier » et de « la qualité de vie et de travail de l'éleveur » sont ici considérés. De même, les consommateurs de produits avicoles *sensu stricto* et la société dans son ensemble sont considérés comme des bénéficiaires différents pour certains services (voir Chiron *et al.*, 2019 pour plus de précisions).

Chiron *et al.* précisent cependant, qu'à l'heure actuelle, seul le cadre conceptuel est fixé, et que la méthode « BOUQUET » doit encore se doter d'un « cadre méthodologique » (Lairez *et al.*, 2017), c'est-à-dire d'indicateurs fiables, pertinents, sensibles et facilement mesurables pour pouvoir être appliquée sur le terrain. Cette étape cruciale permettra à terme d'aider les éleveurs, techniciens de groupements et conseillers agricoles à mieux comprendre le rôle central des parcours dans ces systèmes, et à orienter les décisions pour mieux les aménager. Néanmoins, cette méthode ne concerne que les systèmes avec parcours. Aussi, des efforts de recherche et développement sont encore nécessaires pour proposer une méthode d'évaluation générique permettant des services rendus par toutes les productions avicoles.

3.3. La monétarisation des services : intérêt pratique ou débat théorique ?

Une fois que la question de la mesure des services fournis par un système est traitée, la question de monétariser (ou non) ces services se pose. Monétariser un service revient à lui attribuer une valeur en euros courants, qui reflète sa valeur relative par rapport à la production de l'exploitation ou par rapport à une demande sociétale. Ainsi, dans le cadre d'un élevage avec parcours, le service de fourniture de plantes consommables par les animaux sur le parcours pourrait être évalué au regard des économies potentielles d'aliment réalisées, tandis qu'un aménagement paysager du parcours pourrait être évalué en fonction du consentement à payer de la population locale pour un paysage esthétique.

La monétarisation des services pose en filigrane la question des liens entre élevage et société : valoriser des services aujourd'hui négligés sur les exploitations agricoles revient à proposer des incitations aux éleveurs pour réorienter leurs pratiques vers une agriculture « multiservice » ou « multifonctionnelle ». La monétarisation viendrait ainsi en soutien au développement des mesures agro-environnementales (MAE) encore embryonnaires en Europe (Baur et Schlöpfer, 2018) mais qui pourraient prendre de l'ampleur en substitution des aides classiques, y compris en France (Oréade-Brèche, 2016). Il est également possible d'imaginer à terme, des sanctions (e.g. taxes) correspondant à la production de dysservices, lorsque ceux-ci sont estimés en amont.

La monétarisation de certains services est d'ores et déjà utilisée implicitement dans les études sur le consentement à payer des consommateurs pour un élevage plus respectueux de l'environnement et du bien-être animal (Clark *et al.*, 2017). Il y a donc un enjeu concret à la monétarisation des services écosystémiques en lien avec la détermination du prix de vente de la (ou des) production(s) issu du système étudié, voire du partage de la valeur ajoutée générée par ces services entre les acteurs de la filière. Si les bénéfices de la fourniture de services sont collectifs, leur monétarisation et les mécanismes de rémunération permis par cette monétarisation détermineront qui supportera *in fine* le coût de la fourniture de ces services.

Cet intérêt pratique ne saurait cependant occulter les nombreux débats que la monétarisation des services soulève encore. De nombreux chercheurs s'opposent à la valorisation des services écosystémiques pour des raisons éthiques et méthodologiques (Villagómez-Cortés et del-Ángel-Pérez, 2013). Un risque régulièrement identifié réside dans la valorisation de certains services (comme le stockage de CO₂ dans le sol ou les plantes) qui prendrait, du fait de sa valeur, le pas sur d'autres services tout aussi fondamentaux à l'écologie de l'agroécosystème. Des objections sont également régulièrement soulevées sur les méthodes de valorisation des services. Basées sur le

consentement à payer global de la population, elles peuvent ignorer des limites écologiques ou des arguments techniques et scientifiques qui rendraient certains services « non-substituables » par rapport à d'autres, et donc à préserver quel qu'en soit le coût (Farley, 2008).

Malgré ces débats persistants, l'évaluation monétaire des services écosystémiques en agriculture se développe, notamment dans le cadre de la déclinaison française de l'effort international d'évaluation des écosystèmes et des services écosystémiques (EFES ; Tibi et Théron, 2018). Le projet BOUQUET (Chiron *et al.*, 2019) ambitionne également de monétariser l'ensemble des services rendus par les systèmes avicoles avec parcours, tels qu'identifiés au sein de la méthode (Tableau 1). Il sera ainsi possible d'évaluer l'intérêt de la monétarisation des services pour les systèmes avec parcours en fonction des aménagements de parcours et pratiques associées auxquels ils conduisent.

CONCLUSION

Le cadre conceptuel des « services » et la notion de « bouquet de services » décrits dans cette revue propose un regard nouveau sur les agroécosystèmes, en tenant compte du caractère multifonctionnel de l'agriculture. Ces nouveaux concepts représentent un changement de paradigme pour les productions avicoles qui pourraient les aider à aborder de manière conjointe les enjeux sociétaux (e.g. bien-être animal), économiques (compétitivité prix et hors prix) et environnementaux (e.g. changement climatique) auxquelles elles doivent répondre.

Il semble y avoir un intérêt réel à mieux évaluer les bouquets de services fournis par les productions avicoles. L'identification et la quantification des services fournis par l'aviculture permettra aux filières de mieux les mettre en valeur auprès du consommateur (et plus largement de la société, rendant les filières plus acceptables) tandis que la connaissance des dysservices induits permettra d'identifier des leviers pertinents pour tendre vers des bouquets « plus équilibrés ».

Toutefois, étant donné le caractère multicritère de cette approche, et la nécessaire réalisation de compromis, de gros efforts de recherche et développement sont encore nécessaires pour proposer des méthodes et des outils pour i) aider les acteurs des filières dans leurs choix de production et ii) éclairer les décideurs dans l'établissement de politiques publiques en faveur d'une aviculture durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baur I., Schlöpfer F., 2018. *Ecol. Econ.*, (147), 264–275.
- Bennett E.M., Peterson G.D., Gordon L.J. 2009. *Ecol. Lett.*, (12), 1394-1404.
- Benoit M., Méda B., 2017. *INRA Prod. Anim.*, (30), 381-394.
- Bijja M., Arroyo J., Lavigne F., Dubois J.-P., Fortun-Lamothe L., 2017. *INRA Prod. Anim.*, (30), 241-254.
- Bouvarel I., Fortun-Lamothe L., 2013. *JRA-JRPF*, (10), 73-83.
- Chatellier V., Magdelaine P., Trégaro Y., 2015. *INRA, Prod. Anim.*, (28), 411-428.
- Chiron G., Méda B., Pertusa M., Protino J., Fortun-Lamothe L., Dupuy L., Gross H., Lavoyer S., Roinsard A., Guillet P., Fontanet J.-M., Bouvarel I., 2019. *JRA-JRPF*, (13), sous presse.
- Clark B., Stewart G. B., Panzone L.A., Kyriazakis I., Frewer, L.J., 2017. *Food Pol.*, (68), 112–127.
- DGAL, 2017, Direction générale de l'alimentation.
- Delanoue E., Roguet C., 2015. *INRA Prod. Anim.*, (28), 38-50.
- Dernat S., Vollet D., Cayre P., Dumont B., 2019. *Europ. Seminar on Extension and Educ.*, (24), 18-21 June 2019, Acireale, Italy, sous presse.
- Dockes A.-C., Delanoue E., Chouteau A., Philibert A., Magdelaine P., Roguet C., 2017. *JRA-JRPF*, (12), 225-229.
- Dourmad J.-Y., Delaby L., Boixadera J.-L., Ortis C., Méda B., Gagné C., Dumont B., 2017. *INRA Prod. Anim.*, (30), 303-320.
- Dumont B., Ryschawy J., Duru M., Benoit M., Delaby L., Dourmad J.Y., Méda B., Vollet D., Sabatier R., 2017. *INRA Prod. Anim.*, (30), 407-422.
- Duru M., Donnars C., Ryschawy J., Therond O., Dumont B., 2017. *INRA Prod. Anim.*, (30), 273-284.
- Farley, J., 2008. *Conserv Biol.*, (22), 1399-1408.
- ITAVI, 2018, Situation du marché des volailles de chair, Service économie ITAVI, novembre 2018
- Lairez J., Feschet P., Botreau R., Bockstaller C., Fortun-Lamothe L., Bouvarel I., Aubin J., 2017. *INRA Prod. Anim.*, (30), 255-268.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Rapport de synthèse de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire. 59 p.
- Nations Unies, 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 36 p.
- Oréade-Brèche, 2016. Paiements pour services environnementaux et méthodes d'évaluation économique, 135 p.
- Protino J., Magdelaine P., Berri C., Méda B., Ponchant P., Dusart L., Dylan C., Dezat E., Lescoat P., Bouvarel I., 2013. *JRA-JRPF*, (11), 1047-1053.
- Raudsepp-Hearne C., Peterson G.D., Bennett E.M., 2010. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, (107), 5242-5247.
- Roguet C., Gagné C., Chatellier V., Cariou S., Carlier M., Chenut R., Daniel K., Perrot C., 2015. *INRA Prod. Anim.*, (28), 5-22.
- Ryschawy J., Disenhaus C., Bertrand S., Allaire G., Aznar O., Plantureux S., Josien E., Guinot C., Lasseur J., Perrot C., Tchakerian E., Aubert C., Tichit M., 2017. *Animal*, (11), 1861-1872.
- Spoelstra S.F., Groot Koerkamp P.W.G., Bos A.P., Elze B., Leenstra F.R., 2013. *World's Poult. Sci. J.*, (69), 279-298.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C., 2006. *Livestock's long shadow. Environmental issues and options.* FAO, Rome, Italy, 390 p.
- Tancoigne E., Barbier M., Cointet J.P., Richard G., 2014. *Ecosys. Serv.*, (10), 35-48.
- Tibi A., Therond O., 2018. Services écosystémiques fournis par les espaces agricoles – Evaluer et caractériser. Editions QUAE, 188 p.
- Turner K.G., Odgaard M.V., Bocher P.K., Dalgaard T., Svenning J.C., 2014. *Land. Urban Plan.*, (125), 89-104.
- SSP, 2018, Service de la Statistique et de la Prospective, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Vallejo-Rojas V., Ravera F., Rivera-Ferre M.G., 2016. *Regional Env. Change*, (16), 2171-2185.
- Villagómez-Cortés J., del-Ángel-Pérez A., 2013. *Res. J. Env. Earth Sci.*, (5), 278-286.
- Wood S.L.R., Jones S.K., Johnson J.A., Brauman K.A., Chaplin-Kramer R., Fremier A., Girvetz E., Gordon L.J., Kappel C.V., Mandle L., Mulligan M., O'Farrell P., Smith W.K., Willemen L., Zhang W., DeClerck F.A., *Ecosystem Serv.*, (29), 70–82.

Figure 1. Catégories de services rendus par les écosystèmes selon la classification du *Millennium Ecosystem Assessment* et exemples de services associés (d'après MEA, 2005).

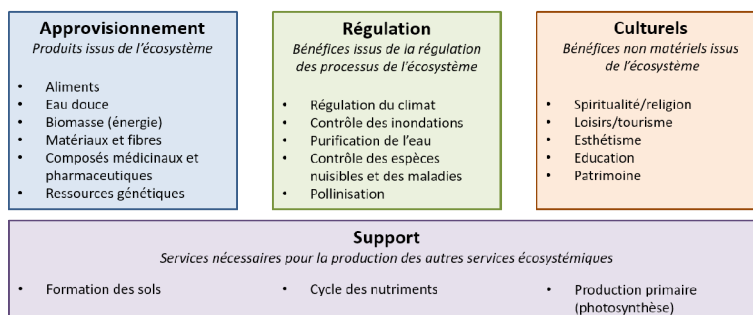


Figure 2. Typologie des bouquets de services rendus par les territoires d'élevage en France (d'après Ryschawy *et al.*, 2017).

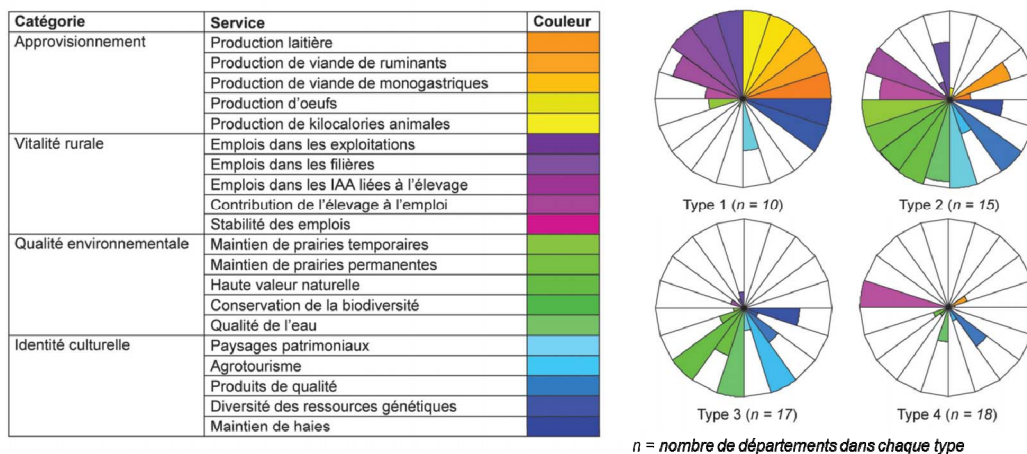


Figure 3. Bouquets de services associés aux élevages a) bovins, porcins et avicoles en Bretagne (d'après Dourmad *et al.*, 2017) et b) de poulets Label Rouge en France (d'après Benoit et Médà, 2017). Les bouquets ont été évalués selon le cadre conceptuel dit de « la grange » proposé par Duru *et al.* (2017).

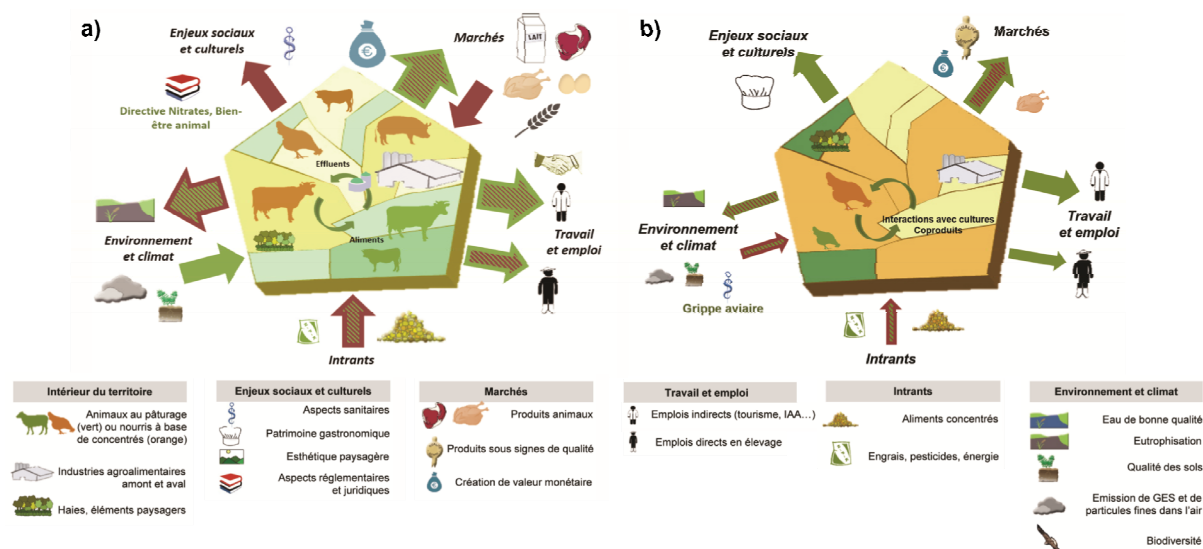


Figure 4. Bouquet de services (traits pleins) et de dysservices (pointillés) associés à la production de foie gras d'oie en système agroforestier (noyers) dans le Périgord. La taille des pétales traduit l'intensité de la fourniture du service ou du dysservice. (d'après Bijja *et al.*, 2017)

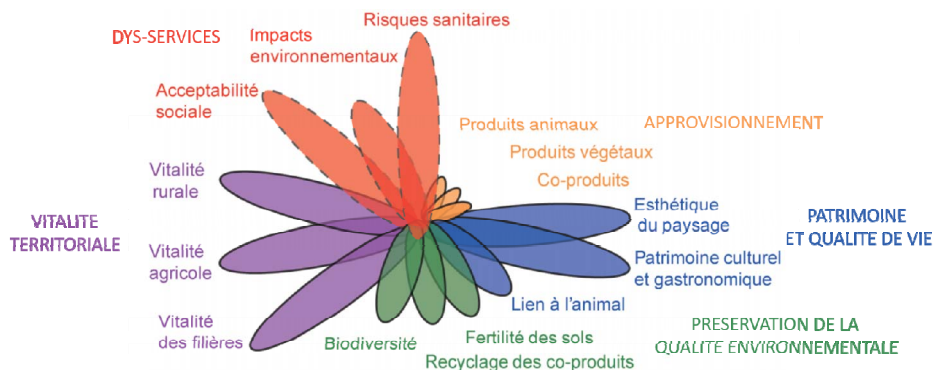


Tableau 1. Liste des services rendus à différents bénéficiaires (E : Eleveur ; C : Consommateur ; S : Société) par les ateliers avicoles avec parcours dans la méthodologie « BOUQUET » (d'après Chiron *et al.*, 2019).

Catégories de services		Services rendus		Destinataires		
				E	C	S
C1	Production de ressources et de valeur	S1	Production d'un revenu et/ou constitution d'un patrimoine	x		
		S2	Approvisionnement en produits agricoles et en énergies renouvelables		x	x
C2	Qualité de vie de l'éleveur	S3	Amélioration des conditions de travail et de vie	x		
		S4	Fierté du métier	x		
C3	Relations élevage-consommateurs-citoyens	S5	Réponses aux attentes des consommateurs et des citoyens		x	x
		S6	Interactions avec les consommateurs et la société		x	x
C4	Intégration territoriale	S7	Création et/ou maintien d'emplois locaux			x
		S8	Esthétisme du paysage	x	x	x
		S9	Contribution à l'identité territoriale		x	x
C5	Qualité environnementale	S10	Recyclage des nutriments	x		x
		S11	Atténuation du changement climatique			x
		S12	Pollinisation	x		x
		S13	Préservation de la biodiversité et connectivité des milieux			x

SESSION

DURABILITE – ENVIRONNEMENT
– SYSTEMES D'ELEVAGE

Communications orales

EVALUER LES SERVICES RENDUS PAR UN ATELIER DE VOLAILLES AVEC PARCOURS : PROPOSITION DU CADRE CONCEPTUEL « BOUQUET »

G. Chiron¹, B. Méda², M. Pertusa¹, J. Protino³, L. Lamothe⁴, L. Dupuy⁵, H. Gross⁶,
S. Lavoyer⁷, A. Roinsard⁸, P. Guillet⁹, J.-M. Fontanet¹, I. Bouvarel¹

¹ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS, France

²BOA, INRA, Université de Tours, 37380 NOUZILLY, France

³SYNALAF, 7 Rue du Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS, France

⁴GENPHYSE, INRA, Université de Toulouse, INP-ENSAT, INP-ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN, France

⁵APESA- 2 avenue du Président Pierre Angot, 64053 PAU, France

⁶ACTA - 149, Rue de Bercy, 75595 PARIS CEDEX 12, France

⁷AFAF, 93 route de Pessan, 32000 AUCH, France

⁸ITAB, 9 rue André Brouard - BP 70510, 49105 ANGERS CEDEX 02, France

⁹Chambre d'agriculture Pays de la Loire, 15 rue Jean Gremillon, 72013 LE MANS Cedex 2, France

chiron@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

En élevage avicole plein-air, l'aménagement des parcours, qui consiste à penser la gestion des surfaces disponibles pour les animaux sous une approche systémique (e.g. réintroduction et/ou meilleure gestion du couvert herbacé, des végétaux ligneux, arbres ou arbustes en plantation ou en régénération naturelle, production de miel, d'énergie...), constitue une clé importante de la durabilité des ateliers. Dans certains cas, l'aménagement des parcours peut être vécu comme contraignant ou difficile s'il n'est pas perçu comme un réel levier pour répondre à des attentes sociétales et apporter des contributions plus globales, au-delà du bien-être animal. Il est nécessaire de pouvoir donner aux éleveurs des outils, adaptés aux différents niveaux de connaissances et différents contextes, leur permettant de réfléchir à un aménagement optimisé ou de mieux prendre en compte la diversité des services rendus par leurs parcours, dans un objectif de valorisation plus large. Le projet CAS DAR Bouquet (2017-20) a pour objectif d'évaluer les services rendus par un atelier de volailles avec parcours (chair, œufs, palmipèdes gras). Le présent article vise à expliquer la démarche générale et le cadre conceptuel construit de manière participative : conçu d'abord dans un premier temps par un groupe d'experts partenaires du projet, il a été discuté et ajusté avec de futurs utilisateurs (éleveurs, techniciens, conseillers intervenant dans l'aménagement...) dans trois bassins de production avicole (Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest). 13 services répartis en 5 catégories ont été définis. Ce cadre servira de base pour la création d'une grille d'évaluation (indicateurs) permettant aux éleveurs, en partenariat avec des techniciens, de pouvoir évaluer leurs parcours et de réfléchir aux aménagements les plus adaptés et produisant un maximum de services.

ABSTRACT

Evaluating services brought by a free-range poultry production unit: the "Bouquet" conceptual framework.

In free-range poultry rearing, outdoor run design which consists in the management of the surface in a systemic approach (e.g. reintroduction and/or better management of the grass cover or woody vegetation, tree/shrub planting or natural regeneration, honey and/or energy production) is a key element for the sustainability of the system. In some cases, outdoor run management can be seen as a constraint or difficult when not perceived as a real lever to meet society's expectations and bring more global contributions, beyond animal welfare. It is necessary to provide tools for farmers, adapted to different knowledge levels and context, allowing them to think about an optimized management of the outdoor run or to better take into account the diversity of services it provides. The Bouquet CASDAR project (2017-2020) has the objective to help evaluating the services provided by a free-range poultry production system (meat, eggs or waterfowl). The present article aims to explain the general approach and the participatory conceptual framework that was built: firstly discussed by an expert group of the project's partners, it was then discussed and adjusted with future users (farmers, advisors, outdoor run management structures...) in three poultry production regions (West, South-East and South West of France). 13 services allocated in 5 categories were defined. This framework will serve as a basis for the creation of an evaluation grid (indicators) allowing farmers, along with their advisors, to evaluate their outdoor run and to reflect about the most appropriate management for a maximal provision of services.

INTRODUCTION

Les productions avicoles plein-air tirent leur croissance du renforcement des attentes sociétales en matière de bien-être animal, de naturalité et d'ancrage territorial (Delanoue *et al.*, 2017 ; Dumont *et al.*, 2017). Toutefois, la place du parcours dans l'atelier de production doit être mieux prise en compte, car elle est parfois perçue comme une contrainte liée à des réglementations ou cahiers des charges plutôt que comme un levier des performances de l'atelier. Des progrès restent à faire pour la mise en œuvre de pratiques agro-écologiques et ce, pour des situations très variées car chaque parcours doit être considéré comme un cas particulier (surface, contexte pédoclimatique, production, orientation, objectifs de l'éleveur...). Le parcours peut pourtant apporter, au-delà d'un revenu, d'autres bénéfices associés à différentes fonctions ayant une utilité pour différentes catégories de parties prenantes (éleveurs, riverains voire la société dans son ensemble ; Guémené *et al.*, 2009). Plusieurs types d'aménagement existent, des modèles les plus simples (couverts végétaux uniquement) aux plus optimisés, associant par exemple des haies brise-vents, des buissons, des couverts végétaux multi-espèces et des arbres (Lubac *et al.*, 2014). L'aménagement d'un parcours de volailles doit être adapté aux ambitions de l'éleveur, à son temps disponible, à la situation pédoclimatique de l'exploitation et doit offrir aux volailles, un environnement propice à leur confort et à l'expression de leurs comportements naturels.

C'est pourquoi il est apparu nécessaire de doter les éleveurs et plus largement les opérateurs de la filière, d'une grille de lecture des différents services rendus par les parcours. Cette grille de lecture sera ensuite assortie d'indicateurs simples et mesurables permettant de les estimer. A terme, ce travail servira à la fois d'outil d'aide à la décision mais aussi de support de sensibilisation, pour raisonner l'aménagement et la gestion des parcours de manière agro-écologique, à l'échelle de l'atelier d'élevage voire de l'exploitation, et ainsi faire prendre conscience aux éleveurs et aux acteurs du territoire, les services que peut rendre l'atelier avec parcours.

Le présent article a pour objectif de présenter la démarche adoptée pour la conception d'une grille d'évaluation des services rendus par les ateliers de volailles avec parcours.

1. MATERIELS ET METHODES

Le travail a été réalisé dans le cadre d'un groupe projet constitué d'experts spécialisés dans différents domaines (zootechnie, économie, environnement, biodiversité, agroforesterie, analyse multicritère...). Le cadre conceptuel des services rendus par les parcours a été établi en deux étapes.

1.1 Définition du cadre conceptuel et identification des services composant la grille

En préalable à la construction de la grille, plusieurs aspects ont été définis de façon partagée par le groupe d'experts :

- Qu'est-ce qu'un service rendu par l'atelier ?
- Quel est le périmètre du système à évaluer ?
- Quelles modalités d'utilisation de la grille ?

Pour répondre à ces questions, un état de l'art a été réalisé afin de bien connaître les différents cadres conceptuels et travaux de recherche portant sur les services écosystémiques et plus généralement, rendus par l'agriculture et l'élevage (Méda *et al.*, 2019).

Dans un second temps, le groupe d'experts a sélectionné des grandes catégories de services et les services qu'ils regroupent.

1.2 Validation par des professionnels

La grille de catégories de services et de services a été ensuite partagée avec les acteurs de terrain pour juger de sa compréhension et de son acceptation et ensuite adaptée en fonction de ces discussions. Ces acteurs comprenaient des éleveurs (ayant aménagé leurs parcours ou non), des acteurs techniques (techniciens de groupements, conseillers des Chambres d'Agriculture), des représentants d'Organismes de Défense et de Gestion détenteurs des cahiers des charges Label Rouge (ODG) et d'agroforestiers, dans trois régions productrices (Bretagne et Pays-de-la-Loire, Nouvelle Aquitaine ; Auvergne – Rhône-Alpes).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

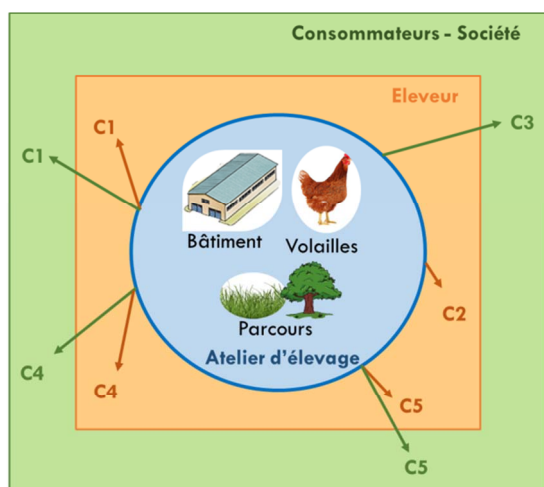
2.1 Définition du « service » et modalités d'utilisation de la grille

Un service est défini comme **une contribution positive, pouvant être matérielle** (e.g. produire des protéines animales) ou **immatérielle** (e.g. offrir un paysage esthétique) **fournie par l'atelier avec parcours à l'éleveur et/ou aux consommateurs et/ou à la société**. Le périmètre du système considéré est celui de l'atelier d'élevage avec parcours (Figure 1).

Les modalités de l'évaluation à l'aide de la grille sont :

- Les résultats de l'évaluation devront guider les éleveurs dans la gestion de leur parcours ou, le cas échéant, dans leur choix à l'installation (diagnostic-conseil ; Bouvarel et Fortun-Lamothe, 2013) ;
- Les services rendus par les parcours seront évalués par les éleveurs eux-mêmes ou par des prescripteurs (techniciens ou aménageurs) ;
- Deux niveaux d'évaluation sont prévus : rapide (1h) pour une sensibilisation et une demi-journée pour un approfondissement.

Figure 1. Représentation schématique des 5 catégories de services rendus (C1 à C5) par un atelier de volailles avec parcours pour trois catégories de bénéficiaires (Éleveur, Consommateurs et Société)



C1 : Production de ressources et de valeur ; C2 : Qualité de vie de l'éleveur ; C3 : Relations élevage-consommateurs-citoyens ; C4 : Intégration territoriale ; C5 : Qualité environnementale

2.2 Cadre conceptuel de la grille

Cinq catégories de services (C1 à C5) et 13 services ont été définis par le groupe d'experts (Tableau 1).

C1 – Production de ressources et de valeur

La catégorie de service *Production de ressources et de valeur* comprend deux services : *Production d'un revenu et/ou constitution d'un patrimoine* et *l'Approvisionnement en produits agricoles et en énergies renouvelables*.

Le premier service considère les revenus liés directement à la production de viande de volailles ou d'œufs et les revenus secondaires associés éventuels. Un parcours aménagé peut constituer en effet une source de diversification pour l'éleveur, par la production de bois d'œuvre, de bois énergie, de miel, d'énergie photovoltaïque ou de fruits (Bijja *et al.* 2017). Les produits de la taille des haies et des arbres peuvent aussi représenter une source de combustible intéressante pour le chauffage, sous forme de plaquettes ou de granulés (Prom'haies, 2006). Ces produits sont aussi utilisables comme compost ou bien comme paillage ou stabilisateur des zones les plus fréquentées par les volailles, sous forme de bois raméal fragmenté (AP32, 2009). La production d'une culture de rente sur un parcours de volailles devra respecter la réglementation sur la biosécurité, applicable en élevages de volailles, lors de phases de mise en culture, d'exploitation et de récolte.

Ce service qualifie également l'investissement de l'atelier à long terme dans le patrimoine forestier (valeur attribuée aux arbres plantés dans le futur). L'implantation d'essences recherchées dans les domaines de l'ébénisterie et de la menuiserie, peuvent

constituer un investissement à moyen-long terme intéressant économiquement (Ministère de l'agriculture, 2012).

Le deuxième service concerne *l'Approvisionnement en produits agricoles et en énergies renouvelables* qui est constitué par les protéines animales produites sur l'atelier. Ce service comprend également les productions secondaires (fruits, miel...) ou la production d'énergies renouvelables (bois énergie, panneaux photovoltaïques) qui permet de tirer au maximum partie de la surface utilisée par l'atelier avec parcours (*i.e.* surface agricole « multi-productive »).

C2 – Qualité de vie de l'éleveur

Les deux services sont *l'Amélioration des conditions de travail et de vie* et *la Fierté du métier*. Un parcours bien aménagé peut constituer en effet une source de satisfaction et de bien-être non négligeable pour l'éleveur, qui prend plaisir à travailler dans un cadre de vie agréable (Bonaudo *et al.*, 2009). Cependant, la mise en place et l'entretien des aménagements devront être adaptés aux objectifs visés par l'éleveur et l'investissement en temps et en pénibilité du travail doit être pris en compte dans la réflexion des aménagements de parcours.

C3 – Relations élevage-consommateurs-citoyens

Les deux services sont les *Réponses aux attentes des consommateurs et des citoyens* et les *Interactions avec les consommateurs et la société*.

L'aménagement d'un parcours peut jouer un rôle dans l'acte d'achat des consommateurs, par la mise en valeur de la « naturalité » du produit et en instaurant ainsi un lien de confiance (Blondeau, 2001). En particulier, la perception du bien-être animal par ces derniers, est prise en compte dans le service *Réponses aux attentes des consommateurs*. La création de points d'ombre/de protection face aux prédateurs et l'implantation d'éléments fixes qui limitent la prise au vent assurent un bien-être des volailles et encouragent les animaux à sortir, même en période climatique défavorable. Ces éléments favorisent la sortie des volailles, qui s'éloignent plus facilement de la zone de sortie de trappes et expriment davantage de comportements de fouillage, grattage, picotage, bain de poussières et courses (Lubac *et al.*, 2003 ; Germain *et al.*, 2014). Les plantations doivent être bien réparties sur le parcours et des buissons ou abris peuvent agrémente des zones dénudées, pour les guider et les amener à explorer plus loin (Mirabito *et al.*, 2002). De plus, ce service comprend également les attentes des consommateurs vis-à-vis de la qualité des produits sous de multiples facettes : nutritionnelle, organoleptique (présentation, goût) et sanitaire.

Le service *Interactions avec les consommateurs et la société* intègre le fait que le système de production est rendu visible aux consommateurs-citoyens (ferme ouverte, vente à la ferme...).

C4 – Intégration territoriale

Les trois services sont la *Création et/ou maintien d'emplois locaux*, l'*Esthétisme du paysage* et la *Contribution à l'identité territoriale*.

Ils correspondent à la place « physique » et « socio-économique » de l'atelier du parcours dans son territoire. En effet, l'atelier peut contribuer à la création ou au maintien d'emplois locaux (directs sur l'atelier ou indirects à l'échelle du territoire). Le maintien d'un paysage agricole par l'intégration du parcours dans son environnement représente un fort atout, tant du point de vue de la cohérence et du dynamisme territorial (Mathieu, 1998, Ambroise *et al.*, 2009). Enfin, le parcours peut également contribuer à la construction d'une image de « patrimoine local » dans certains territoires (e.g. palmipèdes gras dans le Sud-Ouest).

C5 – Qualité environnementale

Les services sont le *Recyclage des nutriments*, l'*Atténuation du changement climatique*, la *pollinisation* et la *Préservation de la biodiversité et connectivité des milieux*.

En ce qui concerne le *Recyclage des nutriments*, l'aménagement du parcours peut contribuer à un meilleur bouclage des cycles de carbone, d'azote et de phosphore, dans une perspective d'agro-écologie (cf. le service écosystémique « Cycle des nutriments » du Millenium Ecosystem Assessment, 2005). L'aménagement du parcours, notamment via l'implantation d'espèces résistantes au tassement ou à fort pouvoir « couvrant » permettent en effet d'assurer le bon fonctionnement du continuum « sol-végétation » et donc de recycler les déjections des animaux. La couverture du sol permet de limiter les impacts à différents niveaux (tassement du sol, lessivage...). De plus, un bon aménagement peut contribuer à une meilleure répartition des déjections, et faciliter/accélérer le recyclage (Guillet *et al.*, 2013). De même, la mise en place alternée de bandes enherbées / fleuries et de haies permet également le recyclage des éléments, en limitant les phénomènes de

ruissellement et de lixiviation hors de la parcelle (Robin *et al.*, 2002).

Le maintien d'un parcours arboré et herbeux permet d'assister le sol dans sa fonction de stockage du carbone. Ainsi, Méda *et al.* (2012) ont estimé qu'un parcours herbeux pouvait stocker environ 1,2 tonnes de carbone par hectare et par an. Le parcours pourrait donc représenter un réel atout dans l'*Atténuation du changement climatique* (cf. initiative 4 pour 1000, MAAF 2017), d'autant plus si des arbres ou des haies sont également présents.

Concernant la *Pollinisation* et la *Préservation de la biodiversité et connectivité des milieux*, un aménagement adéquat (haies, arbres, couverts végétaux ou autre) peut assurer un rôle de refuge, de nourriture, de corridor de déplacement ou d'habitat pour certaines espèces d'intérêt dont les espèces pollinisatrices (Potts *et al.*, 2016).

CONCLUSION

Ce travail de coconstruction a permis d'aboutir à une grille de services rendus par les ateliers avicoles avec parcours. Les étapes suivantes seront de :

- 1) proposer des indicateurs pertinents, fiables, sensibles et mesurables facilement dans différentes configurations de parcours et pour différents types de production de volailles, pour compléter le cadre conceptuel fixé ;
- 2) transformer les valeurs des indicateurs en score ;
- 3) représenter clairement les résultats afin de permettre la réflexion et d'inciter à l'action ;
- 4) mettre en œuvre une méthode d'estimation de la création de valeur pour chaque service rendu.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les partenaires du projet Bouquet ainsi que les professionnels ayant participé aux groupes de réflexion. Ce projet est financé par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (fonds CASDAR), le CIPC et le CNPO.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ambroise R., Toubanc M., Bonneaud F., 2011. *Innov. Agro.*, (17), 149-161.
- Arbres et Paysages 32, 2009. Document BRF[http://www.ap32.fr/pdf/page04/livret_BRF_AP32.pdf].
- Bijja M., Arroyo J., Lavigne F., Dubois J-P. Fortun L., Lamothe L., 2017 *INRA Prod. Anim.*, 2017, 30 (3), 241-254.
- Blondeau P., 2001. *ESO Travaux et Documents*, (15), 7-17.
- Bonaudo T., Lossouarn J., Magdelaine P., 2009. *JRA*, (8), 74-81.
- Bouvarel I., Fortun-Lamothe L., 2013. *JRA-JRFG*, (10), 73-83.
- Delanoue E., Dockes A-C., Chouteau A., Philibert A., Magdelaine P., Roguet C. 2017. *J R P*, (49), 295-300.
- Dumont B., Ryschaw J., Duru M., Denoit M., Delaby L., Dourmad J-Y., Meda B., Vollet D., Sabatier R., 2017 *INRA Prod. Anim.*, (30), 407-422.
- Germain K., 2014. *Innov. Agro.*, (40), 125-132.
- Guillet P., Pineau C., Roinsard A., 2013. *Centre d'études et de prospective*, (37), 4 p.

- Guéméné D., Germain K., Aubert C., Bouvarel I., Cabaret J., Chapuis H., Corson M., Jondreville C., Juin H., Lessire M., Lubac S., Magdelaine P., Leroyer J. 2009. Inra Prod. Anim., 2009, (22), 161-178.
- Lubac S., Senecaille M., Sperandio D., Desquennes A., Arnoult C., Faure J.M., Chauve C., Barroux D., Mirabito L., 2003. Sci. Tech. Avi., (45), 14-23.
- Lubac S., Roinsard A., Dartois S., Pourteau M., Beral C., Germain K., Bourgade E., Guillet P., 2014. Tema, (31), 4-11.
- MAAF 2017 : initiative 4 pour 1000 [<https://agriculture.gouv.fr/enrichir-les-sols-avec-linitiative-4-pour-1000>]
- MAAF, Centre d'Etudes et Prospectives. 2012 Analyse n°37 [http://www.agroforesterie.fr/documents/analyse_agroforesterie_CEP_Mapraat.pdf]
- Mathieu N., 1998. Économie Rurale, (247), 11-20.
- Méda B., Dupuy L., Dumont B., Hercule J., 2019. JRA-JRPFG, (13), Sous presse.
- Méda B., Flécharde C.R., Germain K., Robin P., Walter C., Hassouna H., 2012. Biogeosci., (9), 1493-1508.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Rapport de synthèse de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire. 59 p.
- Mirabito L., Joly T., Lubac S., Aubert C., Mathieu V., Hilaire C., Faure J.M., Arnould C., Chauve C., 2002. Sci. Tech. Avi., (39), 29-35.
- Potts S., Imperatriz-Fonseca V., Ngo T., Aizen M., Biesmeijer J., Breeze T., Dicks L., Garibaldi L., Hill R., Settele J., Vanbergen A., 2016. Rapport IPBES, 30 p.
- Poupeau J.-M., 2011. Biofil, (75), 32-34.
- Promhaies, 2006. Source de production. [<http://www.promhaies.net/association/pourquoiplanter/fonctions-de-production,693/>].
- Robin N., Rigou L., Castaing J., 2002. JRPFG, (5), 232- 236.

Tableau 1. Catégories de services et services fournis par un atelier de volailles avec parcours à différents bénéficiaires (E = Eleveur ; C = Consommateur ; S = Société)

Catégories de services		Services rendus		Destinataires		
				E	C	S
C1	Production de ressources et de valeur	S1	Production d'un revenu et/ou constitution d'un patrimoine	x		
		S2	Approvisionnement en produits agricoles et en énergies renouvelables		x	x
C2	Qualité de vie de l'éleveur	S3	Amélioration des conditions de travail et de vie	x		
		S4	Fierté du métier	x		
C3	Relations élevage-consommateurs-citoyens	S5	Réponses aux attentes des consommateurs et des citoyens		x	x
		S6	Interactions avec les consommateurs et la société		x	x
C4	Intégration territoriale	S7	Création et/ou maintien d'emplois locaux			x
		S8	Esthétisme du paysage	x	x	x
		S9	Contribution à l'identité territoriale		x	x
C5	Qualité environnementale	S10	Recyclage des nutriments	x		x
		S11	Atténuation du changement climatique			x
		S12	Pollinisation	x		x
		S13	Préservation de la biodiversité et connectivité des milieux			x

DES PARCOURS ENRICHIS EN PROTEINES POUR LES POULETS DE CHAIR

Brachet Mathilde¹, Bordeaux Célia², Roinsard Antoine³, Germain Karine¹

¹ INRA UE EASM – Station Le Magneraud -17700 SURGERES, France

² Chambre régionale d'agriculture, 9 rue André Brouard, 49100 Angers, France

³ ITAB-149 rue de Bercy-75595 Paris

mathilde.brachet@inra.fr

RÉSUMÉ

L'autonomie en protéines ainsi que la valorisation des parcours extérieurs sont deux enjeux en élevage de poulets de chair biologiques. Des essais menés sur le site INRA du Magneraud (UE EASM), dans le cadre du projet Casdar Sécalibio, ont concilié ces deux problématiques en évaluant l'impact de la mise à disposition de parcours riches en biomasse et en protéines, sur les performances zootechniques du poulet et son comportement d'exploration. Trois parcours de 2500m² ont été implantés au printemps 2016 par rang de 99m² (3*33m du bâtiment au fond du parcours) avec des graminées (fétuque, RGA), chicorée et/ou légumineuses (luzerne, lotier, trèfle blanc et violet) : en espèce pure sur chaque rang (parcours P4), en association de 2 espèces par rang (P3), ou en mélange de 4 à 5 espèces par rang (P2). Le parcours témoin P1 était une prairie permanente datant de 2009, caractérisée par des graminées et adventices. Deux bandes de 3000 poulets (750/bâtiment) élevés jusqu'à 84 jours se sont succédées entre l'automne 2016 et le printemps 2017. Les performances et comportement des poulets, ainsi que la composition et dégradation du couvert ont été suivis. Les différentes implantations ont eu peu d'effet sur la fréquentation des parcours. Dans le cadre de cet essai, les performances de croissance (poids, gain moyen quotidien et rendement à la découpe) étaient similaires entre les bâtiments. Cependant, l'indice de consommation (IC) semblait meilleur pour les animaux ayant accès à un parcours enrichi : l'IC global a diminué de 0,08 et 0,21 entre la moyenne des P2-P3-P4 et le témoin P1 pour les bandes 1 et 2 respectivement, pouvant aller jusqu'à -0,41 en finition. Le suivi du couvert a montré que les végétaux étaient fortement consommés par les volailles (jusqu'à -80% de la hauteur d'herbe et recouvrement végétal) et représentaient 65 à 104 g/poulet de protéines disponibles lors de l'ouverture des trappes pour les 3 parcours enrichis, soit environ 9% de leurs besoins en protéines sur les périodes croissance et finition, contre 1,3 % pour le parcours P1. Le P4 a permis d'observer des préférences marquées de consommation des végétaux alors que les consommations de mélanges sont plus homogènes.

Il semblerait donc que le parcours puisse être une ressource alimentaire non négligeable, notamment en protéines, ayant une répercussion sur l'indice de consommation. Ces parcours ont également montré leur intérêt au niveau de l'enrichissement de la biodiversité faunistique.

ABSTRACT - Outdoor runs rich in proteins for organic broilers

The autonomy in proteins as well as the use of the outdoor runs are two issues in organic broilers production. In this context, the objective of the study led on the site INRA of Magneraud (EASM), in the project Sécalibio, was to estimate the effect of an outdoor run rich in biomass and in proteins, on the growth performances and the use of outdoor run by broilers. Three outdoor runs of 2500m² were implanted in spring 2016 with grasses (fescue, RGA), chicory and/or legumes (lucerne, lotier, white and purple clover): in pure (outdoor run P4), in association of 2 (P3), or in mixture from 4 to 5 species (P2). The outdoor run model P1 was a permanent meadow dating 2009, characterized by grasses and weed. Two bands of 3000 broilers (750/building) raised until 84 days between the autumn 2016 and the spring 2017. The performances, the composition and the degradation of the outdoor run, and the behavior of the broilers were followed. There wasn't effect on the behavior and performances of growth (weight, GMQ and slaughter yield). However, the feed consumption (IC) was better for animals having access to an enriched outdoor run: the global IC decreased 0,08 and 0,21 on average between P2-P3-P4 and P1 for bands 1 and 2 respectively, to 0,41 in finish. Moreover, vegetables were strongly consumed by broilers (until 80 %) and represented 65 to 104 g of proteins / broiler on J35, that is approximately 9 % of their needs in proteins over the periods growth and finish, against 1,3 % for the outdoor run P1. The outdoor run P4 allowed to observe preferences with consumption of vegetables while the consumptions of mixture are more homogeneous.

It seems that the outdoor run can be a significant feed resource, in particular in proteins, with effect on the feed consumption. These outdoor run also showed their interest in the enrichment of the biodiversity.

INTRODUCTION

Rechercher une meilleure autonomie en protéines dans l'alimentation des poulets de chair biologiques et valoriser les multifonctionnalités des parcours extérieurs sont deux enjeux majeurs, notamment dans un contexte de fortes attentes sociétales en matière de développement durable.

De précédents essais ont permis de montrer 1) la possibilité de diminuer le taux de protéines dans les aliments croissance et finition en maintenant des performances acceptables et en favorisant ainsi la sortie des poulets sur le parcours (Brachet *et al.*, 2017, Germain *et al.*, 2015), 2) que l'aménagement des parcours influence le comportement exploratoire des animaux (Germain, 2014), 3) que le couvert végétal est fortement consommé par les animaux (Jurjanz *et al.*, 2011).

Des essais, menés dans le cadre du projet Casdar Sécalibio à l'INRA du Magneraud (17), ont concilié les problématiques de l'autonomie en protéines et de la valorisation du parcours en évaluant l'impact de la mise à disposition de parcours riches en biomasse et en protéines sur les performances zootechniques du poulet et son comportement d'exploration. L'objectif est d'évaluer si un parcours implanté avec des espèces pérennes riches en protéines et permettant un couvert végétal dense pourrait fournir un apport alimentaire aux poulets et constituer un levier, parmi d'autres, pour réduire la dépendance protéique *via* la diminution de la teneur en protéines dans l'aliment.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

Données générales d'élevage

Les essais ont été menés à l'INRA du Magneraud (17) dans l'unité EASM, au sein de la plateforme AlterAvi, certifiée biologique. Deux bandes de 3000 poulets de chair non sexés de souche à croissance lente (JA 657, GMQ 29g/j) se sont succédées en été/automne 2016 et printemps/été 2017. Chaque bande a été répartie dans 4 bâtiments de 75 m² donnant chacun sur un parcours différent de type prairie de 2500 m². Les conditions d'élevage ont été similaires sur l'ensemble des bâtiments et entre les 2 bandes. Trois aliments ont été distribués, 100% issus de matières premières biologiques. Pour l'ensemble des bâtiments, la teneur en protéines sur les phases de croissance et finition a été diminuée de 2 points par rapport à un aliment « classique » afin d'inciter les animaux à explorer le parcours : démarrage (J1-J28, 22,7% MAT), croissance (J29-J56, 17,8% MAT), finition (J57-J84, 15,6% MAT). Les animaux ont eu accès au parcours de manière continue de J35 à J84 (jour d'abattage).

Implantation des parcours

Le parcours P1 a été laissé tel quel, prairie implantée en 2009, essentiellement composée de graminées (Fétuque, Ray grass) et adventices (rumex, matricaire, pâturin).

Trois parcours (P2, P3 et P4) ont été travaillés et semés au cours du printemps 2016. Les semis ont été réalisés sur des rangs de 3 m de large et 33 m de long, du bâtiment au fond du parcours, afin d'obtenir 3 à 4 répétitions au sein d'une même parcelle.

Les espèces végétales utilisées ont été : Ray Grass Anglais, Fétuque élevée, Trèfle violet, Trèfle blanc, Luzerne, Lotier corniculé, Chicorée.

La sélection des espèces végétales à planter s'est faite selon différents critères de choix :

- la teneur en protéines : luzerne, lotier, trèfle blanc et trèfle violet (espèces riches en protéines) ;
- le port du végétal : ras ou dressé pour avoir une diversité de hauteur et de couverture du sol avec des graminées telles que la fétuque ou le Ray Grass Anglais (RGA) pour assurer un bon couvert et la chicorée pour avoir une plante plus haute à feuille tendre, en plus des légumineuses ;
- la précocité : pour assurer un renouvellement permanent du couvert.

Le parcours P4 a été semé en espèce pure par rang afin de tester l'appétence du poulet pour chaque espèce. Le parcours P3 a été implanté en association de deux espèces par rang afin d'observer si l'association pouvait permettre une consommation plus homogène des végétaux et favoriser un meilleur couvert. Le parcours P2 a été implanté avec des mélanges de 4 à 5 espèces pouvant représenter un couvert prairial enrichi en protéines. Afin de s'abstenir de l'effet bord (présence de grillage) sur le parcours, les contours ont été semés avec un mélange résistant au piétinement (à base de fétuque rouge), considérés hors essais. Ce même mélange a été utilisé sur les 5 premiers mètres devant les trappes de sortie des bâtiments.

1.2. Données collectées

Mesures zootechniques

Les poulets ont été pesés individuellement à J28, J56 et J84. La consommation d'aliment a été relevée sur les trois périodes. A J84, 30 animaux/bâtiment, représentatifs du poids moyen du bâtiment, ont été abattus et une découpe anatomique a été effectuée pour évaluer les rendements en carcasse, cuisse, filet et gras abdominal.

Mesures du comportement exploratoire

Par bâtiment, 200 poulets ont été identifiés à l'aide de poncho. Le déplacement des poulets sur le parcours a été étudié sur 6 journées d'observation (à J43, J49, J58, J63, J70 et J77) par la technique de scan sampling (Germain *et al.*, 2011). Ces suivis ont permis de connaître l'occupation et la répartition des animaux sur le parcours.

Mesures du couvert végétal

Une étude hebdomadaire de la dégradation du couvert a été effectuée avec des mesures d'hauteur d'herbe grâce à un herbomètre à plateau (5 mesures par zone, 3 zones de 3*11m par rang), des notations qualitatives du couvert (12 points par rang, espacés de 2,5m, notation 0 à 3 suivant l'état du couvert) et toutes les 2

semaines par des analyses d'image du sol (photos) pour l'évaluation du recouvrement végétal.

Des prélèvements d'herbe avant la sortie des animaux sur le parcours et en fin d'élevage sur 3 quadrats d'1m² par rang ont été réalisés pour estimer la biomasse et la proportion de chaque végétal. Des analyses chimiques des espèces végétales (MS, MAT) ont été effectuées dans le laboratoire de l'unité.

1.3. Analyses et calculs

Le dispositif mené en expérimentation système permet d'avoir des données sur un nombre important d'animaux mais pas de répétitions par bâtiment. L'analyse des résultats 1) de performance des animaux est effectuée par bande d'élevage car l'effet saison est important, 2) de l'utilisation du parcours par bande et saison en comparant les tendances. Des comparaisons suivant une analyse descriptive ont été réalisées sur la majorité des résultats. Les résultats ont été discutés sur la base de comparaisons numériques. Les parcours P2 à P4 peuvent être regroupés pour être comparés à P1 de part leur parcours riche en biomasse. Des tests de Student ont été pratiqués pour l'étude de rendements à la découpe et les pesées des animaux.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances zootechniques

Le **tableau 1** présente les performances zootechniques pour les 2 bandes. Pour chacune des bandes, les poids des animaux semblent similaires entre les bâtiments. Les animaux de la bande 2 sont moins lourds, s'expliquant par une période chaude au cours de la croissance et finition et une consommation plus faible (-5 g/j/poulet en moyenne entre la bande 1 et 2, données non présentées). Le GMQ sur la période totale d'élevage reste similaire quel que soit le bâtiment pour chaque bande : 24,00 g/j pour les animaux ayant accès au parcours graminée (P1) vs 23,89 g/j en moyenne pour les poulets ayant accès aux parcours enrichis (moyenne de P2, P3 et P4) pour la bande 1 et 21,82 g/j vs 21,74 g/j pour la bande 2. Il en est de même pour chaque période d'élevage (données non présentées).

Le type de parcours ne semble donc pas influencer le gain de poids des animaux de manière conséquente.

De même, les rendements à la découpe sur les animaux âgés de 86 j ne paraissent pas influencés par le parcours, la conformation de l'animal est similaire selon les bâtiments ($p < 0,05$ pour les deux bandes sur les rendements gras abdominal, cuisse et filet entre les bâtiments).

Pour la bande 1, comme pour la bande 2, l'indice de consommation (IC **Figure 1**) est similaire sur la période de démarrage pour les quatre bâtiments. Une différence semble apparaître en période de croissance. Les écarts semblent s'accroître en période de finition avec -0,26 et -0,41 pour les bandes 1 et 2 respectivement entre les animaux du bâtiment P1 (prairie graminée non enrichie) et la moyenne des animaux des bâtiments P2 à P4. Dans le cas de cet

essai, sur toute la période d'élevage, l'IC des poulets (IC **Tableau 1**) P2 à P4 diminue de 0,08 et 0,21 par rapport à P1 pour les bandes 1 et 2 respectivement, avec des écarts plus importants pour P3 et P4 par rapport à P1. Ces valeurs s'expliquent pour la bande 1 par un GMQ plus faible en période de finition et par une consommation sur la période globale plus élevée sur le parcours P1. Pour la bande 2, les différences d'IC se justifient par une consommation plus importante pour P1 en finition notamment (+9 g/j/poulet entre P1 et la moyenne de P2 à P4). Ces différences entre saisons peuvent s'expliquer par un parcours qui se régénérerait davantage pour la bande 2 aux saisons propices à la pousse de l'herbe. Les parcours P2 à P4 avaient une pousse plus homogène au printemps qu'à l'automne.

Il semblerait que la biomasse plus importante avec des prairies plus productives au printemps, aurait permis d'optimiser la potentielle ressource alimentaire fournie par le parcours et d'accentuer l'écart de performance entre les animaux du bâtiment P1 et les autres.

2.2. Comportement sur le parcours et valorisation du couvert végétal

Concernant l'utilisation de l'espace par les poulets, une variabilité est observée entre les parcours (entre 15 et 35% d'animaux présents sur le parcours, données non présentées) mais il n'y a pas de lien entre le type de parcours (enrichi ou non) et le nombre moyen d'animaux présents.

Les trois types de mesures sur les couverts végétaux (notation visuelle qui renseigne sur la consommation et disparition du couvert / hauteur d'herbe qui apporte des informations sur la dégradation du couvert / analyse d'image qui permet d'estimer le taux de recouvrement végétal) ont permis d'obtenir des résultats cohérents, aboutissant aux mêmes tendances. La figure 2 fournit des exemples sur des données représentatives de l'essai.

Sur les 4 parcours, les végétaux étaient fortement consommés par les volailles (jusqu'à -80% de la hauteur d'herbe et recouvrement végétal) avec une disparition pratiquement complète en fin d'élevage.

Au niveau du parcours P4, semé avec des espèces pures par rang, la consommation et dégradation du parcours a été hétérogène. Certaines espèces semblent plus attractives et davantage consommées par les poulets, aussi bien pour la bande 1 que la bande 2. Ainsi, les rangs de luzerne et chicorée sont consommés rapidement, tandis que la fêtuque et le lotier sont les espèces qui paraissent être les moins appétentes, puisque leur consommation progresse moins vite dans le temps. Au sein même des légumineuses, on observe des différences, par exemple, le trèfle blanc semble être plus consommé par le poulet que le trèfle violet, la consommation du RGA évolue plus rapidement que la fêtuque.

Concernant les parcours P2 et P3 composés de mélanges d'espèces végétales sur les rangs, la

progression de la consommation et de la dégradation du couvert est plus homogène. Les poulets ne semblent pas sélectionner en fonction des rangs, et des espèces peu consommées en pure ne diminuent pas l'attractivité des rangs une fois en mélange.

2.3. Composition en protéines du parcours et consommation estimée

Les prélèvements de végétaux sur parcours ont permis de doser les valeurs en protéines des différentes espèces et d'estimer la biomasse offerte lors de l'ouverture des trappes (J35) ainsi que la quantité de MAT disponible par poulet (**Tableau 2**). Le parcours P1 possède la valeur la plus faible de MAT par rapport aux espèces implantées dans les autres parcours (-13 à -6 points de MAT entre la prairie pauvre et la moyenne des autres espèces pour les bandes 1 et bande 2 respectivement).

Concernant la matière sèche (MS) disponible, les quantités sont proches entre les trois parcours réimplantés, tandis que la MS disponible du parcours P1 (prairie ancienne, moins diversifiée et productive) est 68 et 85% plus faible par rapport aux 3 autres parcours pour les bandes 1 et 2 respectivement.

L'alimentation lors des périodes de croissance et finition a apporté en moyenne 750 g de MAT au cours des deux bandes (330 g en croissance et 420g en finition). Avec les estimations de MAT disponible par poulet sur le parcours (65 à 104 g/poulet de protéines disponibles lors de l'ouverture des trappes) et vu que les animaux ont consommé l'ensemble du parcours (d'après les mesures sur le couvert végétal), le parcours offrirait 9% des protéines consommées (sans estimer l'apport supplémentaire fourni par la repousse) contre 1,3% pour le parcours P1.

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brachet M., Bordeaux C., Roinsard A., Juin H., Germain K., 2017. 12^{ème} JRA, Tours, pp. 565-569
 Germain K., Brachet M., Juin H., Lamothe E., Roinsard A., 2015. JRA 2015. 11^{ème} JRA, pp 1023-1026
 Germain K., 2014, Innovations Agronomiques 40 (2014), 125-13
 Germain, K., Parou, P., Chapuis, H., Pouget, R., Juin, H., Guémené, D., Leterrier, C., 2011. 9^{ème} JRA, pp 96-100.
 Jurjanz S., Germain K., Juin H., Jondreville C., 2011. 9^{ème} JRA, Tours, pp. 101-105

L'essai conduit à l'INRA du Magneraud a permis d'étudier l'intérêt de fournir un parcours enrichi en protéines et en biomasse aux volailles de chair, en particulier dans le cadre d'une alimentation 100% AB faible en protéines. Quelque soit l'implantation du couvert végétal, le type de parcours ne semble pas avoir d'impact conséquent sur la croissance et le développement des poulets. Cependant, une différence importante semble apparaître, dans cet essai, sur l'indice de consommation. Les poulets ayant à disposition un parcours riche en biomasse et légumineuses présenteraient un meilleur indice de consommation pour un poids à l'abattage et un rendement carcasse similaires par rapport aux animaux ayant accès à un parcours avec moins de ressource disponible. Les parcours composés de mélanges d'espèces végétales ont permis une consommation plus homogène du couvert.

Ainsi l'aménagement de parcours riches en biomasse et protéines semblerait apporter une réelle source de protéines, consommée par les poulets et représenterait une part alimentaire non négligeable par rapport aux besoins des animaux.

De plus, les couverts à port dressé tels que la luzerne et la chicorée semblent être bénéfiques au bien-être animal par leur effet protecteur et à l'enrichissement de la biodiversité faunistique par leur attractivité. L'intérêt de ces parcours serait à mettre en relation avec le temps de travail de l'éleveur pour l'implantation et l'entretien des parcours.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Patrice Pierre de l'Idéle, le lycée des Sicaudières à Bressuire pour l'aide à l'implantation des prairies, ainsi que l'ensemble du personnel de l'unité EASM pour la réalisation de cette étude.

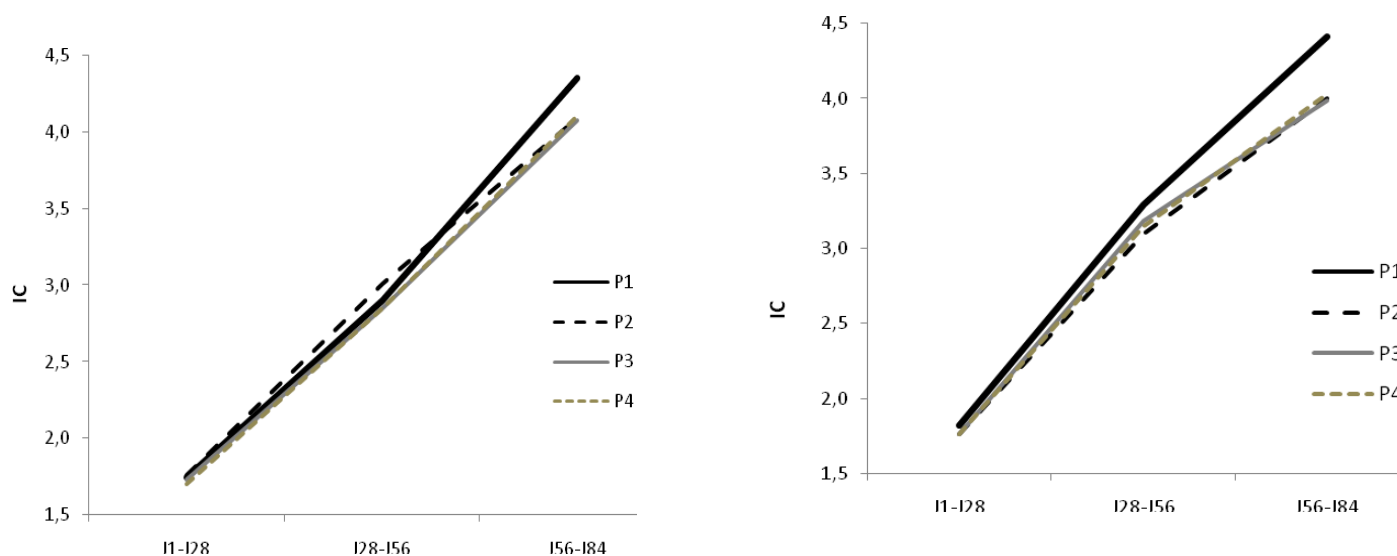
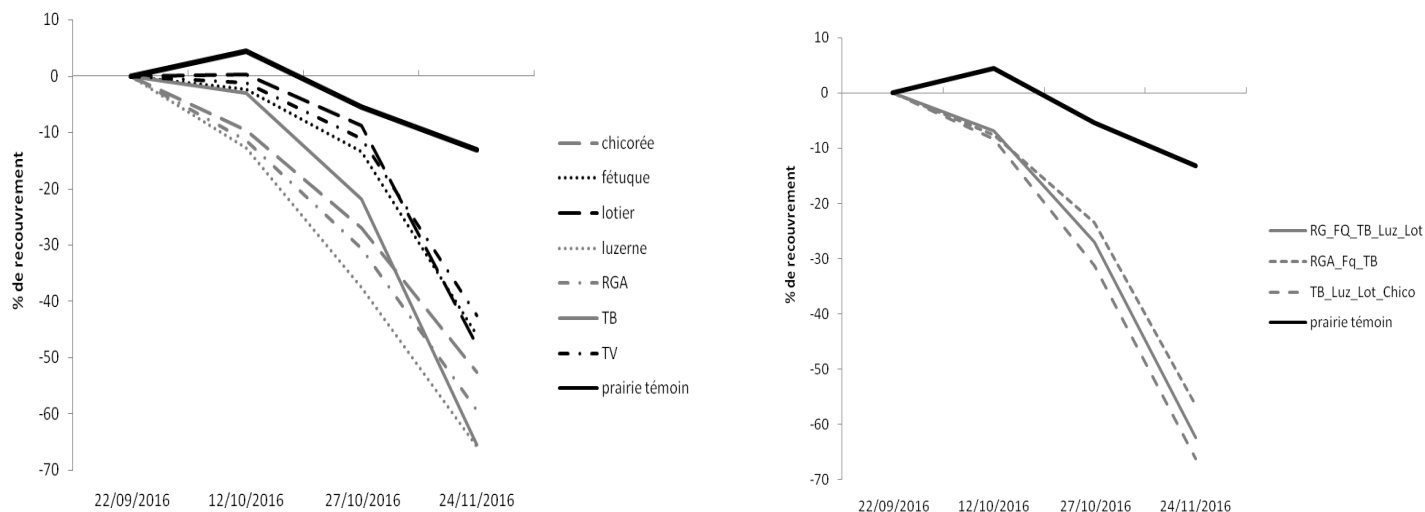
Tableau 1. Performances zootechniques par bande et par type de parcours (**moyenne et écart-type**)

Bande	Parcours ¹	Poids J28 (g)	Poids J56 (g)	Poids J84 (g)	IC ² 1-84J	GMQ ³ (g/j) 1-84J
Bande 1	P1	442 (57)	1205 (175)	2051 (297)	3,26	24,00
	P2	431 (56)	1155 (173)	2013 (293)	3,23	23,55
	P3	449 (61)	1179 (167)	2073 (280)	3,17	23,96
	P4	462 (65)	1219 (180)	2089 (292)	3,15	24,16
Bande 2	P1	482 (65)	1107 (192)	1874 (297)	3,42	21,82
	P2	449 (71)	1082 (187)	1847 (301)	3,19	21,49
	P3	477 (73)	1110 (190)	1904 (296)	3,21	21,92
	P4	469 (78)	1116 (185)	1896 (286)	3,21	21,81

¹Parcours P1 = prairie graminées, P2 = mélange multi-espèces, P3 = association 2 espèces, P4 = espèces en pure ; ²IC = indice de consommation ; ³GMQ = gain moyen quotidien

Tableau 2 –Estimation des quantités de matière sèche (MS) et protéines (matière azotée totale, valeur laboratoire EASM) disponibles sur le parcours à l'ouverture des trappes

		MS (kg)	MAT (kg sur sec)	MAT (g sur sec/poulet)
Bande 1	P1	131,0	10,0	13,3
	P2	426,1	66,4	88,6
	P3	382,3	78,2	104,2
	P4	430,5	74,4	99,2
Bande 2	P1	57,1	5,9	7,8
	P2	387,0	48,6	64,9
	P3	392,4	65,1	86,9
	P4	380,5	54,6	72,8

Figure 1. Evolution de l'indice de consommation (IC) sur les trois périodes d'élevage.
Bande 1 (gauche) et Bande 2 (droite)**Figure 2.** Évolution du recouvrement végétal pour les espèces semées en pur P4 (gauche) et en mélange P2 (droite) pour la bande 1 (automne)

SESSION

DURABILITE – ENVIRONNEMENT
– SYSTEMES D'ELEVAGE

SESSION

DURABILITE – ENVIRONNEMENT
– SYSTEMES D'ELEVAGE

Posters

LA QUALITE DE L'EAU DANS LES ELEVAGES DE POULET DE CHAIR A LA REUNION

Choisis Norma¹, Dalleau Francis¹

¹ GROUPEMENT DE DEFENSE SANITAIRE REUNION – 1 rue du Père Hauck, PK23
Bâtiment E/F/G 97418 La plaine des Cafres
norma.choisis@gds974.re

RÉSUMÉ

A la Réunion, il y a un problème général de potabilité de l'eau qui est amplifié par les conditions climatiques (fortes pluies, cyclones, etc). Dans les élevages, l'eau peut se dégrader à cause de la température, des traitements nutritionnels ou de la mauvaise désinfection avant la mise en place. Avec la dégradation de la qualité de l'eau pendant la phase d'élevage, il y a formation de biofilm dans les lignes de pipettes. Afin d'évaluer l'effet de leur nettoyage sur la qualité de l'eau, nous avons testé le système APIRE©. Trois échantillonnages d'eau dans 10 élevages ont été effectués le jour du traitement, à 0 et 28 jours d'élevage, en début de ligne (DL) et en bout de ligne (BL). Les paramètres mesurés ont été : micro-organismes à 36°C, 22°C, Coliformes totaux, *Escherichia Coli*, Turbidité, Carbone Organique Total, Salmonelles et pH. Un audit de nettoyage a été réalisé.

Si 100% des éleveurs nettoient les lignes pendant le vide sanitaire, seuls 10% et 20% emploient, respectivement, les bons dosages de décapant et de désinfectant. Plus d'un tiers ne fait pas de rinçage et de vidange pendant le lot ou après l'utilisation d'un nutritionnel. La variation du pH est de 7,5-8,5 en DL et de 4,3-8,5 en BL. Globalement, la qualité de l'eau se dégrade entre J0 et J28 et surtout entre DL et BL. Pour la plupart des paramètres, dont les germes totaux et coliformes, il y a une différence hautement significative entre DL et BL pour les lots traités et témoins pour les 3 prélèvements. Par contre, l'analyse ne fait pas apparaître de différence significative entre les lots. Par exemple, pour les micro-organismes à 36°C, le taux d'analyses non conformes est proche de 50% en DL et augmente, en BL, à 65% (J0) et 100% (J28). Si le système APIRE n'a pas d'effet bénéfique, le protocole a permis de poser un diagnostic général sur la qualité de l'eau et a permis d'identifier des solutions à mettre en œuvre, depuis la mise en place de systèmes de filtration au conseil sur les bonnes pratiques, notamment de désinfection.

ABSTRACT

Water quality in broiler farms in Reunion Island

In Reunion Island, there is a global problem of water potability which is amplified by climatic conditions (heavy rainfall, cyclones, etc). In farms, water quality may deteriorate because of temperature, nutritional treatments or bad disinfection before placement. With degradation of water quality during the rearing, there is a biofilm formation in drinking lines. To assess their cleaning on water quality, we tested the APIRE© system. We sampled water in 10 farms on the treatment day and at 0 and 28 rearing days, at the start of the line (SL) and at end of line (EL). We analyze micro-organisms at 36°C and 22°C, total Coliforms, *Escherichia Coli*, Turbidity, Total organic carbon, Salmonella and pH. A cleaning audit was carried out.

If 100% of farmers are cleaning the drinking lines during the fallowing, only 10% and 20% are, respectively, using the right doses of stripper and disinfectant. Over a third do not apply rinsing and emptying during the poultry lot or after using a nutritional. pH varies between 7,5-8,5 in SL and 4,3-8,5 in EL. Globally, water quality deteriorates between D0 and D28 and mainly between SL and EL. For most of the parameters, of which total micro-organisms and coliforms, there is a highly significant difference between SL and EL for the control and treated lots for the 3 samples. By contrast, there is no significant difference between the lots. For example, for micro-organisms at 36°C, the ratio of non-compliant analysis is close to 50% in SL and increases in EL to 65% (D0) and 100% (D28). If the APIRE system has no beneficial effect, the experiment permitted to form a general diagnosis on water quality and to identify solutions to implement, from the installation of filtration systems to the advice on good practices, in particular of disinfection.

INTRODUCTION

La potabilité de l'eau à la Réunion est très variable selon la région. 47% des abonnés au réseau d'eau potable ont une eau de mauvaise qualité ou une qualité sanitaire qui n'est pas suffisante, car il n'y a pas de traitement de clarification de l'eau.

Dans les élevages de volaille les éleveurs peuvent utiliser l'eau du réseau d'eau potable, d'irrigation, des retenues collinaires ou ravines.

Il n'y a pas de norme pour la qualité bactériologique de l'eau pour les élevages. Les normes humaines servent de référence (ANSES, 2010).

Seuils de potabilité de l'eau :

UFC/MI	36°	22°	Coli	Turbi	COT
Potable	<10	100	7,33	0,5	2

Au niveau des élevages, l'eau peut se dégrader à cause de la température de l'eau, des traitements nutritionnels ou d'une mauvaise désinfection avant la mise en place (MEP).

Avec la dégradation de la qualité de l'eau, il y a formation d'un biofilm, qui est une association de microorganismes pathogènes (bactéries, algues champignons) adhérant à une surface lorsque les conditions environnementales le permettent, à leur multiplication et à la formation d'une masse de composition chimique et biologique hétérogène (Servais et al., 1995 cités par Gautier, 2002).

Les incidences économiques et sanitaires sont nombreuses. Les bactéries peuvent alors se fixer à la surface des tuyauteries de manière temporaire (adsorption réversible) ou définitive (adsorption irréversible), en formant des structures permettant une adhésion permanente à la surface (Le Clozer, 1999).

Le Biofilm peut :

- Donner une eau de mauvaise qualité qui va causer des problèmes sanitaires à cause des bactéries pathogènes (*Pseudomonas*, *Campylobacter*, *E. Coli*, *Salmonella*) qui excrètent des substances extracellulaires polymériques (glycocalyx constitué de polysaccharides, glycoprotéines) chargées et neutres qui maintiennent le biofilm et le cimentent à la paroi du tuyau. Les filaments de ces polymères agissent également comme un système d'échange d'ions qui piège et concentre les nutriments et protègent les bactéries des désinfectants (Foulon, 2005 ; Vienot, 2005 ; Le Cozler, 1999 ; Tremblay, 2014).
- Boucher les pipettes, ce qui va entraîner moins de consommation d'eau, d'aliment et comme conséquence une diminution du GMQ et de la croissance des animaux.

Pour le décapage et l'enlèvement de ce biofilm nous avons testé l'efficacité d'un système de nettoyage des lignes des pipettes, le système A.P.I.R.E® (Air Pressure Impulse Rinsing Equipment), qui permet d'enlever le biofilm qu'il n'est pas possible d'ôter avec des solutions chimiques. Il envoie en alternance de l'air et de l'eau avec une fréquence modulable ; il crée un bouchon d'air comprimé et d'eau et envoie mécaniquement les impuretés et le biofilm hors des

lignes d'eau. L'objectif était de disposer d'une eau propre conduisant à une réduction des maladies et garantissant une bonne vaccination.

Ce système ne se substitue pas à la désinfection réalisée par les producteurs.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Méthode de nettoyage

L'A.P.I.R.E. a été appliqué dans dix bâtiments d'élevages avant le nettoyage-désinfection du bâtiment.

L'appareil a été utilisé sur 2 ou 3 lignes, selon les bâtiments, et une ligne a été laissée comme témoin sans traitement.

L'appareil a été branché sur le circuit d'eau et le compresseur sur l'électricité. La pression de l'appareil a été adaptée à l'ancienneté des bâtiments et au type de matériel d'abreuvement.

Le bouchon de la fin de la ligne de pipettes (bout de ligne) a été enlevé et un seau a été posé en dessous pour la récupération de l'eau sale. Avant la prise d'échantillon, nous avons désinfecté le tuyau de la ligne des pipettes et un chalumeau allumé a été passé tout le long de la prise de l'échantillon.

Une caméra endoscopique (Findoo micro-caméra avec microsonde 4,5 mm) a été insérée en bout de ligne, avant et après le nettoyage, pour observer la qualité du nettoyage. Après 5 minutes de nettoyage, la canalisation a été observée et le nettoyage s'est poursuivi jusqu'à niveau satisfaisant d'élimination du biofilm.

1.2. Protocole d'échantillonnage et analyses

A chaque visite, ont été prélevés :

- 2 échantillons d'eau d'un litre, en début de ligne et en bout de ligne, un pour la bactériologie et un pour la turbidité et le Carbone Organique Total (COT),
- Un échantillon d'eau de 5 litres, pour étudier l'absence ou la présence de salmonelle.

Trois prélèvements ont été réalisés, le premier jour de l'utilisation de l'appareil (pendant le vide sanitaire), le deuxième le jour de la mise en place (J0), et le troisième 28 jours après (J28).

Les analyses d'eau, réalisées par un laboratoire privé, sont : Micro-organismes à 22°C et 36°C, coliformes totaux, *Escherichia Coli*, Turbidité, carbone Organique total COT, Salmonelles et pH.

1.3. Enquête et analyse des données

L'éleveur a été questionné sur le protocole de nettoyage et de désinfection des lignes des pipettes : période de nettoyage, présence d'un décapage et d'une désinfection et dosage des produits, présence et durée du rinçage, et présence d'un rinçage après chaque traitement nutritionnel.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R. Les comparaisons des résultats entre bout de ligne et fin de ligne et entre APIRE et Témoin ont été faites avec le test non paramétrique de Wilcoxon

sur échantillons appariés (wilcox.test), à partir des données d'analyses.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Résultats de l'enquête

Des 10 éleveurs, 8 utilisent l'eau du réseau d'eau potable et 2 l'eau d'une ravine. Tous utilisent un système de filtration en début de ligne. Les 2 éleveurs qui utilisent l'eau de la ravine ont des filtres à sable et un à des lampes UV pour le traitement de l'eau.

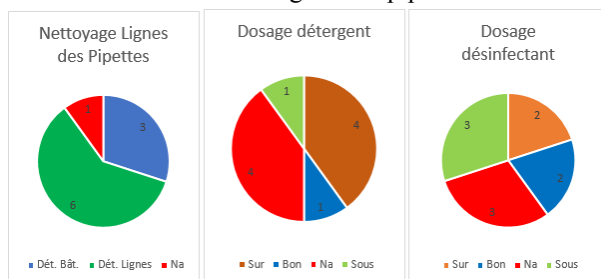
100% des éleveurs nettoient et désinfectent les lignes des pipettes, mais seulement 10% utilisent le bon dosage de produit nettoyant et 20% utilisent les bonnes doses de désinfectant (tableau 1). Ils ne laissent pas agir assez long temps les produits et ne font pas un bon rinçage.

Tableau 1. Résultats de l'audit « nettoyage et désinfection des lignes »

	Oui (%)	Non (%)
Nettoyage, Rinçage décapant, Désinfection	100	0
Produit décapage	90	10
Bon dosage décapant	10	90
Temps de rinçage	40	60 (insuffisant)
Bon dosage désinfectant	20	80
Temps d'action	30	70
Rinçage après désinfection	80	20
Rinçage pendant le lot	30	70
Nutritionnel	70	30
Rinçage	20	80
Acidifiant, peroxyde ou Cl	80	20

Le rinçage des lignes des pipettes, tant à l'arrivée des poussins que pendant le lot, n'est pas bien effectué. (Figure 1 et tableau 1)

Figure 1. Résultats des audits « nettoyage-désinfection des lignes des pipettes »



Pour le rinçage des pipettes pendant le lot de production, 2 le font le premier jour après la MEP, un producteur le fait 3 fois pendant le lot, un tous les jours et les autres le font seulement avant la MEP.

2.1. Résultats des analyses d'eau

Tous les résultats d'analyses de salmonelles ont été négatifs.

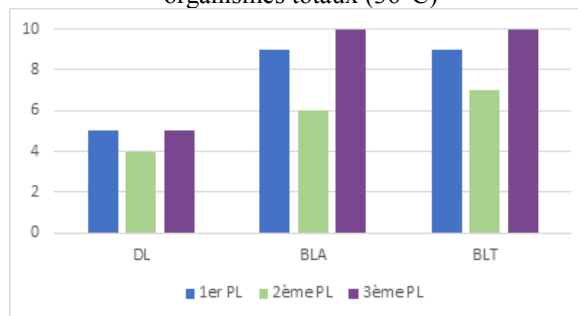
Le **pH moyen** est élevé en début et bout de ligne.

	Objectif*	Début ligne	Bout ligne
pH Moyen		7,84	7,33
pH Min.	5,5	7,50	4,33
pH Max.	6,5	8,50	8,50

* (ITAVI, 2012)

La figure 2 montre que pour **les microorganismes totaux à 36° C**, les analyses d'eau en DL ne sont pas aux normes dans 40 à 50% des cas, selon la date de prélèvement.

Figure 2. Analyses non conformes pour les micro-organismes totaux (36°C)

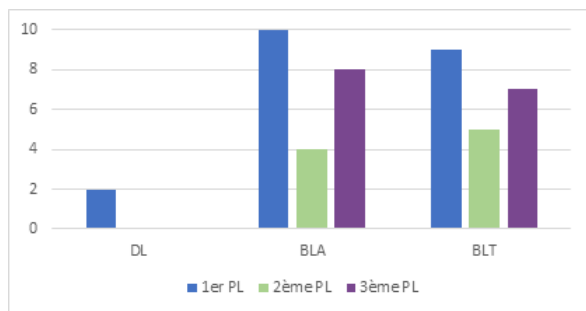


Au premier prélèvement, la différence est hautement significative entre le début de ligne (DL) et le bout des lignes (BL) des pipettes pour l'APIRE (0,009) et le Témoin (0,005) mais il n'y aucune différence entre APIRE (BLA) et Témoin (BLT) (0,109). Pour le 2ème prélèvement, les résultats d'analyse de l'APIRE sont meilleurs uniquement du fait d'un élevage et la différence entre le Témoin et l'APIRE n'est pas significative (0,0726). Pour le troisième prélèvement, il n'y a toujours pas de différence entre les 2 échantillons (0,609), mais elle reste significative entre début de ligne et bout de ligne, dans les 2 cas (0,014).

A 22° C, on observe le même schéma qu'à 36°C, avec cependant moins d'analyses non conformes. Ainsi, dans les 3 prélèvements, l'eau n'est pas aux normes en début de ligne dans 20 à 30% des cas. Globalement, la différence entre DL et BL est significative (0,020) ou en limite de significativité, sauf pour le 2e prélèvement du Témoin. Par contre, il n'y aucune différence significative entre APIRE et Témoin pour l'ensemble des prélèvements (0,916).

Les résultats sont les mêmes pour **Escherichia Coli et pour les coliformes**. En DL, pour le premier prélèvement, 8 élevages sur 10 ont des résultats conformes (figure 3). Ils le sont tous pour les deux autres prélèvements.

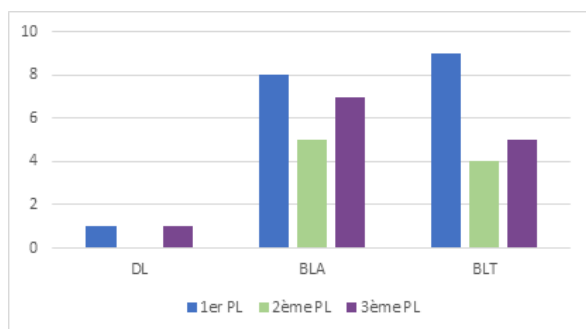
Figure 3. Analyses non conformes pour les coliformes totaux



En BL, les résultats entre APIRE et Témoin varient dans le même sens selon les prélèvements et sont plus fluctuants dans le cas de l'APIRE (de 4 à 10 analyses non conformes). Il n'y a aucune différence significative entre les 2, pour les 3 prélèvements. Le taux de coliformes est utilisé comme témoin de l'efficacité de l'étape de désinfection (Pelleïeux S., 2013).

La turbidité de l'eau est dans les normes en DL (figure 4), mais elle augmente dans la ligne de pipettes.

Figure 4. Analyses non conformes pour la turbidité



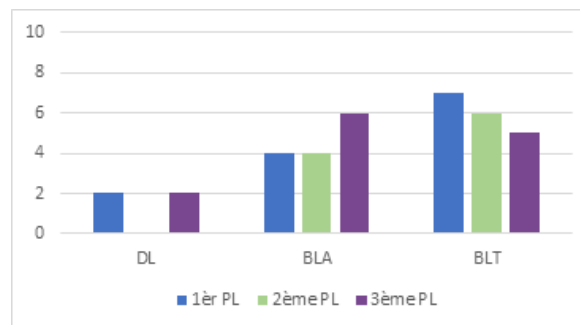
L'eau avec une turbidité élevée contient des matières organiques, transporte des micro-organismes qui se fixent aux particules en suspension et contribue à fournir aux coliformes plus de particules pour se protéger de l'action du chlore. En BL, au premier prélèvement, 80% des analyses ne sont pas aux normes pour l'APIRE et 90% pour le témoin. La proportion d'analyses non conformes est comprise entre 40% et 90%. La proportion d'analyses conformes est plus élevée sur l'échantillon Témoin pour les 2 derniers prélèvements. Les différences entre début et fin de ligne sont significatives (0,0346) ou hautement significatives (0,021) sur les 3 prélèvements. Par contre, il n'y a aucune différence significative entre APIRE et Témoin.

Pour le **Carbone Organique Total**, il n'y a qu'un faible nombre d'analyses non conformes en DL (20%) (figure 5). Il n'y a pas de différence significative entre les 3 prélèvements.

Sur l'ensemble des prélèvements, les analyses se situent entre 40% et 60% de non conformes pour

l'APIRE et entre 60% et 70% pour le Témoin, mais les différences ne sont pas significatives pour les 2 premiers prélèvements. Les différences entre début et fin de ligne sont significatives (0,049) ou hautement significatives (0,009) sur les 3 prélèvements.

Figure 5. Analyses non conformes pour le Carbone Organique Total



CONCLUSION

La comparaison entre l'APIRE et le témoin ne montre pas de différence significative sur la quasi-totalité des paramètres et des prélèvements. L'APIRE ne nous donc pas apporté la solution attendue, mais ce travail nous a permis d'identifier des problèmes sur la qualité de l'eau (contamination de l'eau) et sur le protocole de nettoyage et désinfection.

Les résultats nous ont conduits à formuler un ensemble de conseils, en lien avec les pratiques relevées, sur:

- l'amélioration de la qualité de l'eau via l'installation de filtres et sur leur entretien,
- la réduction du pH avec un acide (pour ne pas altérer l'activité des désinfectants).
- l'attention au montage des stations de traitement
- l'entretien et la surveillance des pompes de dosage
- les bons dosages des produits de nettoyage et désinfection pendant le vide sanitaire et l'utilisation, au préalable d'une base forte,
- le rinçage et vidanges réguliers des lignes des pipettes pendant le lot.

Nous pensons que l'utilisation de l'APIRE© peut avoir une utilité avant le nettoyage et la désinfection du bâtiment dans les situations où le bâtiment est ancien et quand l'eau est de mauvaise qualité. L'APIRE ne se substitue pas au protocole de nettoyage et désinfection mais constitue un complément qui va permettre de retarder l'apparition de biofilm.

Ce travail a contribué à mettre en place une équipe sur la qualité de l'eau, adaptée aux problématiques de la Réunion, qui réalise des diagnostics et apporte des conseils aux éleveurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anses 2010. Etat de lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage. (Saisine 2008-SA-0162) 28-29
- Foulon F., 2005. Une nouvelle alternative contre les biofilms hydriques. Fil. Avi., (681) 65-67.
- Gautier F., 2002, Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de la distribution. Mémoire DESS Univ. Picardie.
- ITAVI, 2012. L'eau en élevage avicole : Une consommation maîtrisée. 1-34
- Le Clozer Y. 1999. Maîtriser le biofilm. Réu. Avi., (49) 44.
- Pelleïeux S., 2013, Interaction de bactériophages avec des surfaces colonisées par des biofilms d'eau potable et évaluation des protocoles de nettoyage. Thèse Ec. Doc. Bio SE, Univ. de Lorraine.
- Servais P., Laurent P., Randon G, 1995, Comparison of the bacterial dynamics in various French distribution systems, Journal Water SRT-Aqua, 44, (1), 10-17.
- Tremblay, 2014, Les biofilms bactériens : leur importance en santé animale et en santé publique. The Can Jour. Vet. Res. (78) 110-116
- Vienot E. 2005. Le dioxyde de chlore arrive à bout des biofilms. Fil. Avi., (673) : 70-71.

MAITRISER LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU EN ELEVAGES DE VOLAILLES DE CHAIR

Suivi de systèmes automatiques de maintien de la qualité de l'eau

Buteau Aurélie¹, Travel Angélique¹

¹ITAVI – 7 rue du Faubourg Poissonnière – 75009 PARIS

buteau@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

La qualité de l'eau de boisson en élevages de volailles est une composante importante des performances et de la santé des animaux. Cette étude avait pour objectif d'étudier 3 dispositifs de maintien de la qualité bactériologique de l'eau en élevages de volailles de chair : des purges automatiques à haute fréquence (toutes les 3 ou 6h, poulets standard) ; un système d'électrolyse saline (canards et poulets Label Rouge) ; un système de circulation d'eau permanente dans les lignes (poulets Agriculture Biologique). Des analyses bactériologiques étaient effectuées tout au long du lot. Le développement du biofilm était évalué par caméra endoscopique. Les traitements effectués et les performances techniques étaient enregistrés. Pour le système "purges", l'efficacité diminuait légèrement en passant d'une purge toutes les 3h à toutes les 6h, avec présence ponctuelle de biofilm et de bactéries. La qualité d'eau restait cependant globalement bonne. Le système "électrolyse" permettait, dans la canardière, le maintien constant d'une bonne qualité d'eau à l'exception d'un pic de biofilm, grâce à la présence de chlore à une concentration satisfaisante. Le bâtiment poulets avait de moins bons résultats, une concentration en chlore faible dans l'eau et du biofilm. On peut supposer une dysfonction du système à faible débit, ou un problème de débitmètre. Pour le système "circulation d'eau", la qualité d'eau était médiocre dans le bâtiment essai comme témoin (pipettes classiques). Ce système ne permet pas de compenser l'absence d'un processus de nettoyage-désinfection et de traitements en cours de lot. L'étude plus poussée de l'électrolyse et des purges haute fréquence pourra confirmer leurs avantages. Dans tous les cas, un système de traitement en cours de lot ne peut se substituer au respect du procédé de nettoyage-désinfection au vide sanitaire.

ABSTRACT

Case studies of three management systems of drinking water quality in meat poultry farms

Drinking water quality is key in achieving good growth performances and animal health in poultry farms. The aim of this project was to study 3 water quality management systems in poultry farms: an automatic purging system functioning at a high purging frequency (every 3 or 6h, standard chickens); a salt electrolysis system (ducks and Label Rouge chickens); a permanent water flow system in water lines (organic chickens). Bacteriological analyses were carried out during the rearing period. Biofilm development was estimated by camera. Water treatments and growth performances were recorded throughout the rearing period. The study of the first system (frequent purging) showed that decreasing purging frequency resulted in a slightly deteriorated water quality, although global water quality was still good in both cases. The electrolysis system allowed to maintain an overall good water quality in the duck house thanks to a continuous presence of free chlorine in the water, except for the observation of some biofilm at d21 and d35. The chicken house was smaller and achieved poorer results, with a very low chlorine concentration in the water and some biofilm. We can assume a dysfunction at a low flow, or a flowmeter dysfunction. For the last system, poor water quality during the whole rearing period made it impossible to draw any conclusion. This system could not make up for the lack of an effective cleaning-disinfection process and water treatments. As a conclusion, it would be interesting to further investigate the efficiency of the automatic purging and the electrolysis systems, although such systems can not completely replace good management practices regarding water quality.

INTRODUCTION

La qualité de l'eau de boisson en élevages de volailles de chair est une composante non négligeable du maintien d'une bonne santé des animaux et de la recherche de bonnes performances. Les volailles de chair consomment de l'eau en quantité importante : environ 1,8 fois la quantité d'aliment ingérée (ANSES, 2010). Il est donc nécessaire pour l'éleveur de disposer d'une eau de bonne qualité, aussi bien sur le plan bactériologique que physico-chimique (pH, dureté...). L'eau peut en effet être vecteur de pathogènes : bactéries, virus et parasites.

Lors du démarrage, la question de la qualité de l'eau est encore plus cruciale. En effet, les volumes d'eau consommés sont peu importants, d'où un faible renouvellement de cette eau dans un contexte de température élevée, situation propice aux développements bactériens. De plus, les jeunes animaux possèdent un système immunitaire encore immature pour lutter contre d'éventuels pathogènes.

L'eau peut être contaminée avant son arrivée sur l'exploitation (forage, réseau...), ou lors de son stockage et de la circulation dans le circuit d'eau. Le développement d'une flore bactérienne est facilité par la présence de zones d'eau stagnantes : coudes, bras morts... La température élevée au démarrage joue également un rôle. Les bactéries les plus fréquemment rencontrées dans l'eau de boisson sont *E. coli* (colibacilles entériques), des entérocoques ou encore *Pseudomonas aeruginosa*. Un biofilm, amalgame de composés organiques et minéraux (fer, calcaire...) et de micro-organismes (bactéries, champignons, microalgues), peut alors se développer sur les parois des canalisations.

Afin d'éviter la formation d'un biofilm et la dégradation de la qualité bactériologique de leur eau de boisson, les éleveurs ont recours à des pratiques diverses : traitements bactériologiques continus ou ponctuels de l'eau, purges haute pression, rinçages, flushing air/eau, etc (ITAVI & CA Pays de la Loire, 2010)(Van der Horst, 2007). Dans le cadre de cette étude, nous avons suivi 3 élevages disposant de systèmes automatiques de maintien de la qualité bactériologique de l'eau de boisson. Des observations de l'intérieur des lignes d'eau à la caméra endoscopique ont permis de noter l'éventuel développement de biofilm, et des analyses bactériologiques ont complété ces observations.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Caractéristiques des élevages suivis

Système de purges "haute fréquence"

L'élevage suivi était un élevage de poulets standards, en bâtiments sol béton de 1200 m². Un système de

pipettes classiques était complété par la possibilité de régler, de façon automatique, un programme de purges haute pression (3 bars, eau du réseau). Le programme était différent selon le bâtiment :

- bâtiment "témoin" : 1 purge toutes les 3 heures jusqu'à J6, puis une purge toute les 6h jusqu'à J20, puis une purge toutes les 12h.

- bâtiment "essai" : 1 purge toutes les 6 heures jusqu'à J6, puis une purge toute les 12h jusqu'à J20, puis une purge toutes les 24h.

L'objectif était de déterminer si une baisse de la fréquence de purges pourrait permettre un maintien de la qualité de l'eau tout en diminuant la quantité utilisée. Le suivi a été réalisé sur un lot. L'éleveur réalisait par ailleurs un traitement continu (pompe doseuse) au peroxyde d'hydrogène.

Système d'électrolyse en ligne

L'élevage concerné avait 2 bâtiments : un pour l'élevage de canards à rôti, et l'autre pour l'élevage de poulets Label Rouge. Les durées d'élevage étaient d'environ 80 jours. Un lot de chaque production a été suivi. Les deux bâtiments étaient reliés au même système de traitement de l'eau, un système d'électrolyse saline en ligne. Ce système permet le traitement de l'eau au fur et à mesure de son passage, injectant la quantité de sel (NaCl) nécessaire en fonction du débit ; après électrolyse, cela permet théoriquement d'obtenir une concentration objectif de 2,5 à 3 mg/l de chlore libre dans l'eau. Le processus de nettoyage-désinfection classique (base forte, rinçage, acide fort, rinçage, désinfection, rinçage) n'est pas réalisé, les canalisations étant simplement vidées, puis remises en eau après une purge à la pression des canalisations (≈ 3,5 bars selon l'éleveur) avant l'arrivée des animaux.

Système de circulation d'eau permanente

L'élevage suivi était un élevage de poulets de chair en agriculture biologique. Le système de circulation d'eau permanente doit permettre, au sein de la ligne d'eau en elle-même, la circulation permanente de l'eau de boisson ; cela grâce à la superposition de 2 canalisations au lieu d'une, et à un régulateur de pression en début de ligne activant la circulation de l'eau. L'élevage comprenait 2 bâtiments identiques de 480 m², un étant équipé de ce système, l'autre d'un système fermé classique. La circulation d'eau permanente doit normalement permettre d'éviter une stagnation de l'eau, une montée en température trop importante, et aboutir à une meilleure circulation des traitements. Dans chaque bâtiment, 2 lots ont été suivis, sur les 84 jours d'élevage.

1.2. Paramètres mesurés

Analyses bactériologiques

Des prélèvements de l'eau sont réalisés en bout de ligne à J0, ≈J6, ≈J15, ≈J35, puis encore 2 à 3 autres sur la fin de lot, en cas de durée d'élevage supérieure

à 35 jours. Des prélèvements au sas sont également réalisés à J0 et en milieu de lot (si élevage >35 jours). Les paramètres bactériologiques analysés sont :

- bactéries coliformes ;
- entérocoques ;
- *Escherichia coli* ;
- bactéries aérobies revivifiables à 22 °C ;
- bactéries aérobies revivifiables à 36 °C ;
- *Pseudomonas aeruginosa* ;
- spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs.

Développement du biofilm

Le suivi du développement du biofilm est réalisé par observation à la caméra endoscopique en bout de ligne. Le développement du biofilm est estimé sur une échelle de 0 à 2, 0 correspondant à une absence de biofilm et 2 à un développement important (Figure 1, extrait de Dennerly et al., 2017).

Autres paramètres mesurés

Les pratiques de l'éleveur en ce qui concerne la qualité de l'eau de boisson sont notées. À chaque prélèvement, sont aussi mesurés de façon semi-quantitative (bandelettes Merck) le pH et la concentration en chlore libre, à la fois au sas et en bout de ligne.

Les traitements (médicamenteux, prophylaxie) réalisés au cours du lot par l'éleveur sont notés aussi précisément que possible, ainsi que les performances techniques des animaux (poids, gain moyen quotidien, pourcentage de mortalité).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Système "purges automatiques à haute fréquence"

Les analyses bactériologiques montrent une légère dégradation de la qualité d'eau dans le bâtiment essai (fréquence diminuée). Ainsi, on constate une présence ponctuelle de germes totaux revivifiables à 22°C, indicateurs de biofilm, dans le bâtiment essai, contrairement au témoin (Figure 2). La qualité bactériologique de l'eau reste cependant correcte au regard des critères du laboratoire (germes revivifiables à 22°C < 100 UFC/ml).

Du biofilm est observé (note 1) tout au long du lot dans le bâtiment essai, y compris à J0. Dans le bâtiment témoin, il n'est présent qu'à J35 (note 1).

La diminution de la fréquence de purges, bien que rendant possible des économies d'eau, ne permet pas d'obtenir un niveau de qualité d'eau (bactériologie et biofilm) équivalent à celui du bâtiment témoin ; cependant sa qualité reste très correcte. De plus, la fréquence élevée de purges provoquant des fuites en bout de ligne et l'apparition de zones humides sur la litière, l'éleveur a décidé après ce suivi de diminuer sa fréquence de purges et d'adopter celle du bâtiment "essai".

Les performances techniques des animaux n'ont pu être mises en relation avec la diminution de la fréquence de purge, ayant été perturbées par un épisode de maladie de Gumboro dans les 2 bâtiments malgré une vaccination (protocole de vaccination amélioré par l'éleveur depuis).

2.2. Système "électrolyse saline en ligne"

Bâtiment canards à rôtir

Il s'agit du bâtiment ayant le système d'électrolyse dans son sas. Le suivi des concentrations en chlore libre au sas en bout de ligne montre qu'elles sont systématiquement supérieures à la concentration cible (≈ 3 mg/l de chlore libre au sas, $\approx 0,5$ mg/l en bout de ligne, selon ITAVI & CA Pays de la Loire, 2010), mais très variables dans le temps (Figure 2). Malgré la présence d'un débitmètre, le système aurait donc des difficultés à réguler le taux de chlore avant même l'entrée dans les lignes d'abreuvement. La présence de biofilm est aussi variable au cours du lot, avec observation ponctuelle de biofilm (note 1) à J21 et J35. Cela correspond à la présence lors des analyses bactériologiques de germes totaux revivifiables à 22 et 36°C et de coliformes (Figure 3).

Le système d'électrolyse permet donc d'atteindre la concentration en chlore cible, mais avec de fortes variations pouvant entraîner le développement ponctuel de biofilm et de colonies bactériennes.

Bâtiment poulets Label

Avant d'arriver dans ce bâtiment, l'eau traitée par l'électrolyseur doit parcourir environ 170 mètres, distance entre les 2 bâtiments. L'étude de la concentration en chlore libre en bout de ligne révèle des valeurs là encore très variables (Figure 4). À J66 notamment, il n'y a plus de chlore dans l'eau. Au sas, la concentration en chlore est généralement inférieure à la valeur cible (3 mg/l), bien que légèrement supérieure à la valeur en bout de ligne. Le biofilm est présent pendant la majorité du lot (note 1), et dès le démarrage (Figure 5). Les analyses bactériologiques montrent la présence de germes totaux revivifiables à 22 et 36°C, de coliformes et d'entérocoques, avec un pic de germes totaux à J66. Le système d'électrolyse serait donc moins performant dans ce bâtiment, avec de plus faibles concentrations en chlore dès le sas menant à une charge bactérienne plus importante. La cause de cette différence de performance selon le bâtiment n'a pas été clairement identifiée ; elle pourrait être en lien avec un débit plus faible dans le bâtiment poulets que celui canards, ou à l'absence de processus de nettoyage-désinfection spécifique visant à nettoyer la conduite entre les deux bâtiments.

Mise en parallèle des deux bâtiments

Les démarrages des lots de canards et de poulets Label étaient décalés dans le temps. Si l'on superpose les concentrations en chlore (sas et bout

de ligne) sur un calendrier commun aux 2 bâtiments (Figure 6), on constate que la concentration la plus basse en chlore dans le bâtiment canards correspond à la date de mise en place du bâtiment poulet. Le dysfonctionnement du système à cette date pourrait s'expliquer par la brusque variation de débit provoquée par la remise en eau du bâtiment poulet et la purge effectuée à ce moment.

Les performances techniques exactes des animaux n'étaient pas notées par l'éleveur pour ces bâtiments.

2.3. Système "circulation d'eau permanente"

Le suivi de deux lots de poulets de chair en agriculture biologique n'a malheureusement pas permis de conclure sur l'efficacité du système de circulation d'eau permanente. En effet, la charge bactérienne était importante au démarrage, et tout au long du lot dans les 2 bâtiments, avec présence entre autres de coliformes, d'entérocoques, de *Pseudomonas aeruginosa*. Un biofilm de niveau 1 à 2 était également observable très régulièrement au cours de la bande. La priorité est de revoir l'étape de nettoyage et désinfection avec mise en place d'une procédure correcte et systématique, ainsi qu'un protocole de suivi et de contrôle de la qualité de l'eau, ce avant même de pouvoir juger de l'intérêt du système de circulation permanente de l'eau.

Les performances techniques des animaux étaient similaires dans les 2 bâtiments.

CONCLUSION

En conclusion, les performances des systèmes de purges haute fréquence et d'électrolyse saline de

l'eau justifieraient de les étudier de façon plus approfondie, sur un nombre plus élevé de lots et d'élevages, afin de disposer de données plus robustes. Le système de purges haute fréquence semble performant pour limiter le développement de biofilm et maintenir la qualité bactériologique de l'eau en complément d'un traitement biocide. Le système d'électrolyse aboutit à une concentration en chlore variable dans le temps et selon le bâtiment. Dans ce type d'installation, qui a vocation à traiter l'eau de plusieurs bâtiments non synchronisés, chaque arrêt de fonctionnement pour mise en place de traitement dans l'eau ou autre aura des répercussions sur le second bâtiment. Ici encore, un suivi régulier par l'éleveur de l'efficacité du traitement biocide (test chlore bandelette) permettrait d'observer les dérives et de les corriger. Il est important également de retenir que ces systèmes automatiques ne peuvent en aucun cas se substituer à la mise en place :

- au vide sanitaire, du processus de nettoyage-désinfection recommandé : purge – base forte – purge - acide fort – purge – désinfection avec des produits adaptés, en quantité suffisante, pendant le temps préconisé.
- d'un traitement biocide adapté aux besoins de l'élevage (qualité physicochimique, besoin en eau, ..) dont l'efficacité doit être évaluée par contrôle régulier des teneurs de biocide en bout de ligne.

La caméra endoscopique est un excellent outil de diagnostic pour évaluer après nettoyage et désinfection et en cours de lot, l'état des canalisations. Ces préalables sont incontournables pour obtenir une qualité bactériologique satisfaisante de l'eau de boisson de façon constante.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSES, 2010. In : État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage, pp15.

Dennery G., Laravoire A., Chiron G., Warin L., & Travel A., 2017. In : Caractérisation du biofilm dans les canalisations d'élevage de volaille, et évaluation de l'effet de purges sur la maîtrise du biofilm et de la qualité de l'eau, pp3.

ITAVI, CA Pays de la Loire, 2010. In : Eau de boisson en élevage avicole - La qualité bactériologique : un facteur de réussite. CA Pays de la Loire, 6 p.

Van der Horst F., 2007. TeMA, (3), 12-16.

Figure 1. Grille de notation du développement du biofilm – Observation à la caméra endoscopique (Dennery et al., 2017).

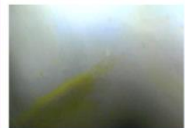
	Score 0	Score 1	Score 2
Surface de canalisation couverte + Épaisseur de biofilm	< 30% de la surface Faible épaisseur (<1mm) 	> 30% de la surface Faible épaisseur (<1mm) 	> 30% de la surface Épaisseur importante (> 1mm) 
Angle derrière la pipette	< 10% de l'angle 	De 10 à 50% de l'angle 	> 50% de l'angle 

Figure 2. Évolution de la concentration en chlore libre en bout de ligne et au sas (bâtiment canards)

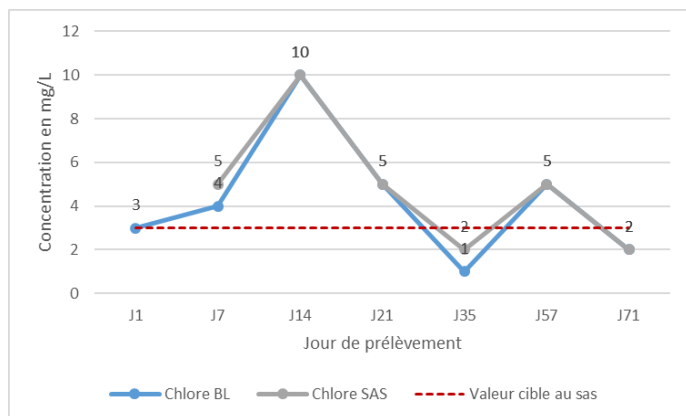


Figure 3. Résultats des analyses bactériologiques (bâtiment canards)

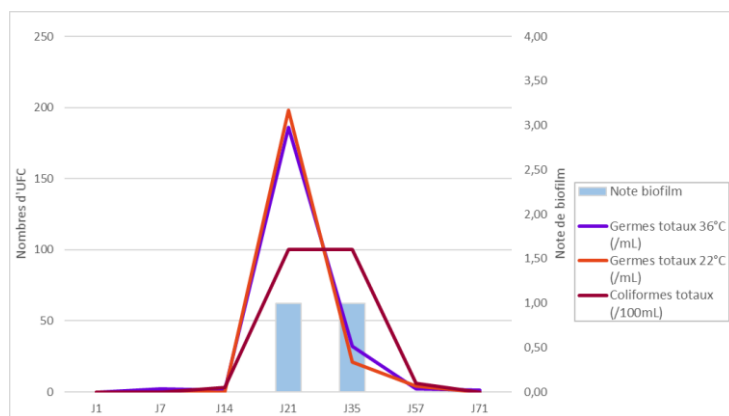


Figure 4. Évolution de la concentration en chlore libre en bout de ligne et au sas (bâtiment poulets)

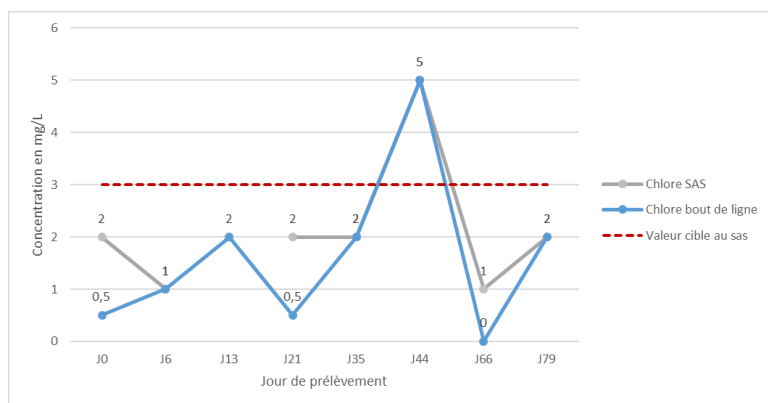


Figure 5. Résultats des analyses bactériologiques (bâtiment poulets)

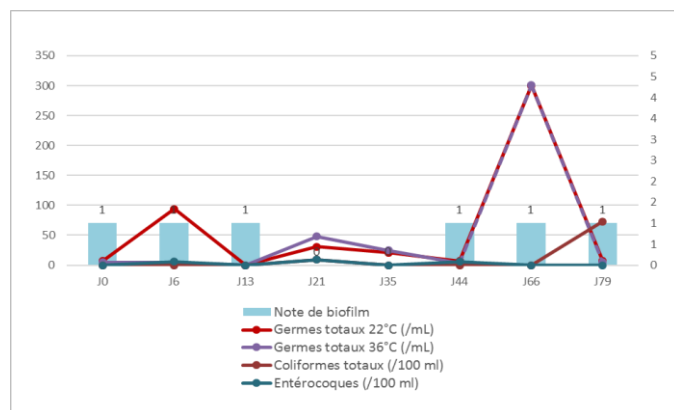
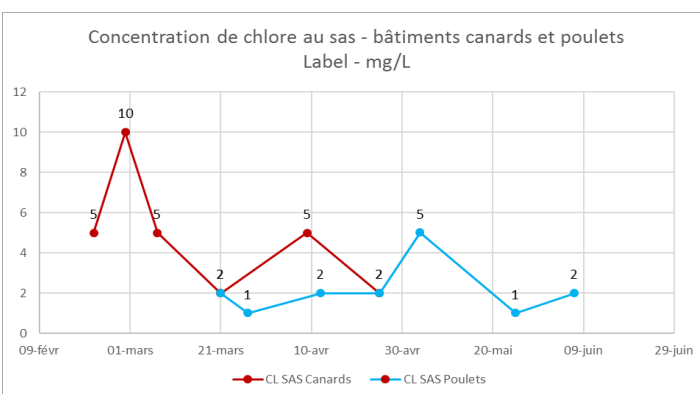
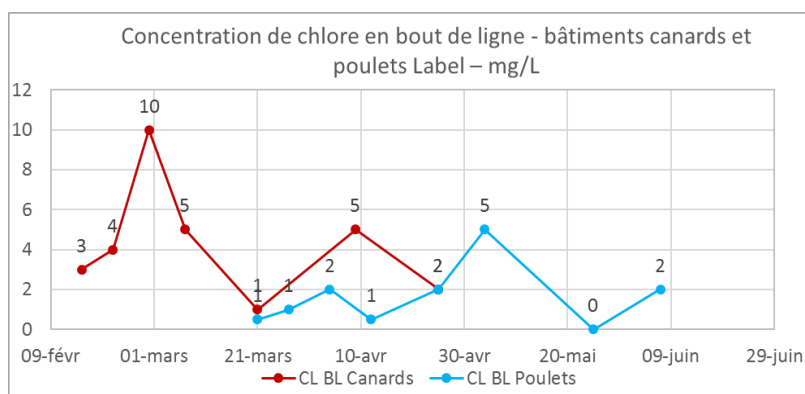


Figure 6. Comparaison dans le temps des concentrations en chlore dans les 2 bâtiments



EVALUATION MULTICRITERE DE L'UTILISATION DE LED ROUGES ET BLANCHES VS HALOGENES EN ELEVAGE ALTERNATIF DE POULES PONDEUSES

Chiron Geoffrey¹, Warin Laura²

¹ITAVI-23 rue Jean Baldassini -69364 LYON cedex 07,

²ITAVI - Centre INRA Val de Loire, 37380 NOUZILLY
chiron@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

Les systèmes d'éclairage énergivores sont progressivement remplacés par des systèmes basse consommation en vue de respecter la directive 2005/32/CE. Sur les différents systèmes existants, les ampoules LED sont celles les plus utilisées en élevage alternatif de poules pondeuses. Des incertitudes demeurent cependant sur l'impact des LED sur la productivité des élevages équipés, le comportement des animaux ou le retour sur investissement. L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts de ces LED pour l'élevage de poules pondeuses plein-air en mettant en place une évaluation multicritère (aspects économiques, environnementaux et sociaux). Pour cela, une expérimentation a été menée dans un élevage commercial qui a équipé un bâtiment « test » de 560 m² avec des LED rouges et blanches (3,5W et 9W, 2 700K), le second bâtiment, identique, ayant servi de témoin (ampoules halogènes de 42W, 2 800 K). Différents indicateurs ont alors été relevés pendant la durée d'élevage pour estimer la faisabilité économique d'un changement de système, la qualité de l'éclairage et son impact sur les performances, les économies d'énergie générées, l'agressivité des poules et la pénibilité du travail de l'éleveur. Les résultats montrent une moins bonne homogénéité d'éclairage pour le bâtiment LED, l'installation effectuée n'étant pas optimale pour un éclairage de qualité. Au niveau économique, malgré le fait que le coût d'investissement soit plus élevé pour les LED, les frais de gestion annuels (consommation électrique et durée de vie des ampoules) apportent des économies non négligeables. Les performances techniques ont été peu impactées, hormis un plus grand déséquilibre spatial de la ponte pour le bâtiment LED, qui peut être dû à une moins bonne répartition de la lumière. Au niveau environnemental, la consommation électrique de l'éclairage était 5 fois moins importante pour le système LED. Enfin, aucune différence n'a été constatée entre les bâtiments sur l'agressivité des poules ou sur la pénibilité du travail de l'éleveur.

ABSTRACT

Multi-criteria evaluation of red and white LED bulbs VS halogens in alternative laying hen houses

To respect the 2005/32/CE directive, high-energy consuming lighting systems are progressively being replaced by low energy consuming ones. Amongst the different existing systems, LED bulbs are the most commonly used in hen houses. However, doubts remain on the impact of LED bulbs on productivity of equipped farms, animal behavior or return on investment. The aim of this study is to evaluate the impacts of LED bulbs on free range laying houses by setting up a multicriteria evaluation (economic, environmental and social aspects). An experimental trial was conducted in an organic laying hen house with one 560m² building equipped with red and white LEDs (3,5W and 9W, 2 700K), the second identical building equipped with halogen bulbs (42W, 2 800 K) being the control. Different indicators were measured to estimate the economic feasibility of changing the lighting system, the quality of the lighting and its impact on technical-economic performances, energy savings, environmental impact, hen welfare and working conditions. Results indicated that lighting homogeneity was lower in the LED building due to the red bulbs or a less suitable installation in the building. Economically speaking, LED systems, while being a more expensive investment, allowed considerable annual energy savings. Technical performances were not impacted except a spatial imbalance of the laying in the LED building, which may be due to the non-optimal lighting system installation. On the environmental front, the electric consumption was 5 times lower in the LED building. Finally, the social parameters (hen nervousness and working conditions) were not deteriorated.

INTRODUCTION

Le respect de la directive 2005/32/CE prévoit, entre autres, la substitution des systèmes d'éclairage énergivores par des dispositifs «basse consommation». Ainsi, respectivement depuis fin 2012 et fin 2018, plus aucune ampoule à incandescence et halogène n'est commercialisée en France. Les ampoules basse consommation permettent 75 à 85% économies d'énergie et ont une durée de vie importante (Ademe 2018). Cette réglementation représente une opportunité pour la filière avicole d'améliorer ses outils en vue d'accroître son efficacité énergétique, son autonomie énergétique et ses coûts de production. Sur les différents systèmes existants, les ampoules LED sont celles les plus utilisées et se positionnent en tant que système d'avenir pour les bâtiments d'élevage (Chiron et al. 2018). Des incertitudes demeurent cependant sur l'impact des LED sur la productivité des élevages équipés, le comportement des animaux ou le retour sur investissement de l'installation de ces systèmes. L'objectif de cette étude est d'évaluer ces impacts des LED pour l'élevage de poules pondeuses plein-air en mettant en place une évaluation multicritère.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Modèle expérimental

L'expérimentation s'est déroulée de mars 2016 à mars 2017 (durée d'un lot de pondeuses d'un an) dans deux bâtiments de 560 m² équipés de deux rampes d'éclairage (interface gisoir/caillebotis et milieu du caillebotis) avec 13 ampoules par rampe. Le bâtiment témoin est équipé d'un système classique d'éclairage (in'light halogen, 42 Watt et 2800 K) et le bâtiment test équipé de LED rouges (3,5 Watt) et blanches (9 Watt et 2700 K). Afin d'assurer un éclairage homogène, les ampoules rouges et blanches sont alternées et la couleur des ampoules est inversée d'une rampe à l'autre. Deux variateurs permettent de piloter indépendamment les ampoules rouges des ampoules blanches. Les poules étaient de souche Hyline rural à raison de 2 999 poules par bâtiment.

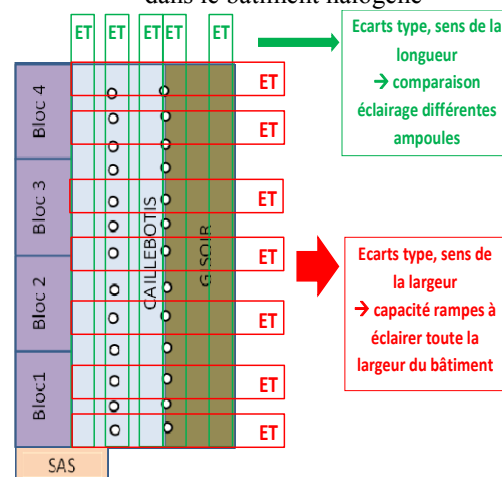
1.2. Homogénéité de l'éclairage

Pour évaluer la qualité de l'éclairage, les programmes lumineux ont été relevés mensuellement. Afin d'éviter les perturbations par les animaux et par les ouvertures du bâtiment (volets et trappes), des mesures de lumière ont été réalisées avec un luxmètre, à hauteur de poule lors du vide sanitaire avec les volets et trappes fermés et le variateur réglé à 100% (une première campagne de jour à 9h et une seconde de nuit à 5h). 70 mesures ont été réalisées dans le bâtiment témoin et 105 dans le bâtiment test par campagne. Pour cela, le bâtiment a été quadrillé selon deux axes : dans le sens de la largeur en sept zones

(cinq centrales et deux extrémités) et dans le sens de la longueur en cinq zones (à proximité des trappes, sur le gisoir à proximité du caillebotis, à l'interface gisoir/caillebotis, au milieu du caillebotis sous la rampe et au niveau des nids) (Figure 1). Pour chaque intersection des deux axes, 2 mesures ont été réalisées pour le bâtiment témoin (à l'aplomb ou au niveau d'une ampoule blanche et entre deux ampoules) et 3 mesures pour le bâtiment test (à l'aplomb ou au niveau d'une ampoule blanche, à l'aplomb ou au niveau d'une ampoule rouge et entre deux ampoules).

Ainsi, ont été réalisées : respectivement 10 et 15 mesures par zones pour le bâtiment témoin et le bâtiment test dans le sens de la longueur et 14 mesures pour le bâtiment témoin, 21 mesures pour le bâtiment test par zone dans le sens de la largeur.

Figure 1 : Evaluation de l'homogénéité de l'éclairage dans le bâtiment halogène



Afin d'étudier l'**homogénéité** de l'éclairage, pour chaque zone, la **valeur retenue est l'écart type** entre l'ensemble des valeurs mesurées sur la zone en question (n=5 dans le sens de la longueur et n=7 dans le sens de la largeur, avec deux répétitions). Dans le sens de la largeur, on interprète l'écart type comme la capacité des rampes lumineuses à éclairer l'ensemble de la largeur du bâtiment sans zone d'ombre. Plus les écarts types sont grands, moins la luminosité est homogène, ce qui signifie que la lumière est concentrée sous les rampes et qu'elle est par conséquent moins diffusée vers les trappes. Dans le sens de la longueur, l'écart type permet de comparer l'éclairage entre les différentes ampoules. Plus les écarts types sont grands, plus l'éclairage issu de chaque ampoule est différent.

Afin de faire une analyse multicritère du système d'éclairage, les impacts sur les paramètres économiques (coût d'installation et d'entretien du système, performances), environnementaux (consommation électrique) et sociaux (bien-être animal et pénibilité du travail de l'éleveur) ont été évalués.

1.3 Impact sur les paramètres économiques

Pour évaluer la faisabilité économique d'un changement de système, le coût d'installation d'un système d'éclairage réel pour les LED a été calculé et simulé pour les halogènes. La consommation électrique a été relevée en fin de bande grâce aux compteurs et les frais d'entretien ont été calculés en relevant le nombre d'ampoules grillées sur une bande. Pour le calcul du retour sur investissement, nous considérons qu'il s'agit d'un cas où un éleveur possède un système halogène et souhaite rénover son bâtiment pour un installer un système LED à la place. La formule de calcul du retour sur investissement correspond donc au prix d'installation du système LED au regard des économies réalisées par la suite (consommation électrique et entretien des ampoules) en comparaison à un système halogène :

$$\text{Prix instal. LED} / (\text{prix conso. élect. Hal} - \text{prix conso. élec. LED} + \text{prix entretien ampoules Hal} - \text{prix entretien ampoules LED})$$

Etant donné que les résultats économiques de l'éleveur ne permettent pas de distinguer les bâtiments test et témoin, pour évaluer le maintien des performances technico-économiques, il a été retenu comme valeurs le taux de ponte, le taux d'œufs déclassés (œufs pondus hors nid et autres) et le taux de mortalité. L'homogénéité de la répartition de la ponte a été évaluée en notant mensuellement à un instant précis la localisation de la ponte des œufs (horizontale : blocs de nids au centre ou aux extrémités ; verticale : blocs de nids du haut ou du bas).

1.3. Impact sur les paramètres environnementaux

Pour évaluer les économies d'énergie, les compteurs électriques de l'éclairage ont été relevés de façon hebdomadaire pour les deux bâtiments. De plus, les résultats de Vandevorde et al. (2016), permettant d'évaluer l'impact environnemental de différents systèmes d'éclairage à chaque étape de leur cycle (ACV), ont été utilisés pour enrichir nos conclusions. Cet article compare des lampes à incandescence de 60 watt à des LED de 12,5 watt et des lampes fluorescentes compactes de 15 watt via l'étude de 17 indicateurs appartenant à différentes catégories (ressources utilisées, déchets, effets sur l'air, l'eau et le sol) de manière à reproduire le plus fidèlement la complexité de l'impact environnemental global des systèmes étudiés. Pour calculer cet impact environnemental global, la moyenne de l'impact environnemental engendré par ces 17 indicateurs a été calculée.

1.4. Impact sur les paramètres sociaux

L'agressivité des volailles (relevés mensuels) a été évaluée par la notation de l'emplumement de 30 poules sur trois zones (cou, dos et ventre), selon un

score de 0=uniquement plumes visibles, 1=plumes et peau visibles ou 2=uniquement peau visible donnant ainsi un score sur 6 pour une poule. Les occurrences de comportements agressifs (picage agressif ou bagarre) ont également été notées mensuellement sur quatre zones de 1m² pendant 2 minutes d'observation. Pour évaluer la pénibilité de travail de l'éleveur vis-à-vis de la gestion de la lumière, il a été demandé à l'éleveur de noter de 1 (non pénible) à 5 (pénible) cinq indicateurs selon son ressenti au terme de l'essai : prise en main du système, accompagnement technique, visibilité, facilité de réglage du système et facilité de nettoyage.

1.5. Traitement des données

Des statistiques descriptives ont été réalisées pour la quasi-totalité des paramètres. Concernant l'homogénéité de l'éclairage, deux analyses de variance (ANOVA) ont été conduites sur les écart-types : l'une en prenant en compte les écart-types dans le sens de la longueur (n=5) et l'autre prenant en compte les écart-types dans le sens de la largeur (n=7). Les facteurs testés sont les suivants : période (jour/nuit) et bâtiment (LED/halogène). Les résidus suivent une loi normale, sont indépendants et de même variance, ce qui respecte les hypothèses d'utilisation de l'ANOVA. L'interaction Période Jour/Nuit*Bâtiment a été testée pour les deux modèles puis supprimée car elle n'apparaissait pas significative. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel XLstat. Le seuil de significativité était fixé à 5% (p-value).

Pour identifier les bénéfices et inconvénients du système LED par rapport au système halogène, les résultats du bâtiment test ont été exprimés en fonction des valeurs obtenues avec le bâtiment témoin. Pour cela, le bâtiment halogène est considéré comme référence et son radar a été tracé avec des valeurs égales à 1 pour chaque critère. Le bâtiment LED est représenté par rapport à son écart en valeur relative avec le bâtiment halogène pour chaque critère. Pour cette représentation, deux critères pour chacun des piliers économique (taux de ponte d'œufs calibrés et économie de coût du système d'éclairage), environnemental (économie d'électricité et réduction de l'impact environnemental) et social (non agressivité des volailles et confort au travail) ont été retenus. Les écarts des LED vers l'extérieur du radar par rapport aux halogènes mettent en avant les bénéfices alors que les écarts vers l'intérieur montrent les inconvénients.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Homogénéité de l'éclairage

Lors du vide sanitaire, l'intensité lumineuse mesurée avec le variateur réglé à 100% était de 19,9 +/- 2,9 lux pour les halogènes et 19,2 +/- 3,9 lux pour les LED de jour et 10,1 +/- 1,9 lux pour les halogènes et 9,9 +/- 2,6 lux pour les LED de nuit.

Au niveau de l'homogénéité de l'éclairage :

- Dans le sens de la longueur, la moyenne des écarts types sur 5 zones était de 2,8 lux pour les halogènes et 2,5 lux pour les LED. Il n'y a pas de différence significative entre les écarts types des éclairages selon les bâtiments ($n=5$ avec 2 répétitions et p value = 0,438). Ainsi, la variabilité d'éclairage des ampoules est similaire entre les LED et les halogènes ;

- Dans le sens de la largeur, la moyenne des écarts types sur les 7 zones était de 2,3 lux pour les halogènes et 3,3 lux pour les LED. Les écarts types entre LED et halogènes sont significativement différents (moyenne des écarts type plus élevée de 1 lux avec $n=7$; 2 répétitions ; p -value < 0,0001). Ainsi, l'éclairage de la LED se diffuse plus difficilement dans le bâtiment et peut engendrer des zones d'ombre vers les nids et les trappes, notamment du fait de la présence des ampoules rouges qui sont également de plus faible puissance. L'installation effectuée n'était donc pas optimale pour un éclairage de qualité et nécessiterait des adaptations (remplacement de certaines ampoules rouges par des blanches, ajout éventuel d'une troisième rampe d'éclairage).

Lors de l'expérimentation, les programmes lumineux adoptés différaient selon la source lumineuse concernée. Lors des six premiers mois d'élevage, l'éleveur a adopté un programme lumineux similaire dans les deux bâtiments d'élevage. Cependant, suite à une baisse du taux de ponte, il a augmenté l'intensité lumineuse côté LED et cela n'a pas augmenté la nervosité des volailles d'après l'éleveur. Ainsi, les lampes rouges étaient systématiquement allumées à 100% jusqu'à la fin de la bande et les lampes blanches étaient allumées à une intensité supérieure par rapport aux halogènes. On ne peut cependant pas conclure si cette différence de nervosité est due au système LED en lui-même, ou à la disposition de l'éclairage.

2.2. Impact sur les paramètres économiques

Concernant les performances technico-économiques, aucune différence n'a pu être mise en avant sur le taux de ponte hebdomadaire (moyenne de 90,78% pour le bâtiment témoin et 90,68% pour le bâtiment test), sur le taux d'œufs déclassés ou sur la mortalité hebdomadaire (0,03% en moyenne pour les deux bâtiments). Concernant la répartition horizontale, les poules pondaient plus dans les blocs des extrémités tout le long de la bande, quel que soit le bâtiment concerné (58% des œufs pondus aux extrémités pour le bâtiment témoin et 60% des œufs pour le bâtiment test). Concernant la répartition verticale de la ponte, les poules pondaient plus dans les nids du bas durant les quatre premiers mois mais uniquement pour le bâtiment test (60% des œufs pondus en bas pour le bâtiment test contre 53% des œufs pour le bâtiment témoin). Ceci suppose donc une plus grande compétition au nid dans le bâtiment LED qui peut être due à l'attrait des poules pour les zones plus sombres, plus marquée dans les nids du bas.

Concernant l'investissement, celui d'un système LED s'est élevé à 6 115 € HT main d'œuvre comprise. Cette installation comprend un ordinateur de gestion, les ampoules rouges et blanches, deux variateurs (un pour chaque couleur d'ampoule), les lanternes et autres dépenses mineures. En faisant l'hypothèse que l'installation d'un système halogène comprendrait les mêmes dépenses à l'exception des 26 ampoules (prix pour une ampoule halogène estimé à 5€, vs 37 € pour les LED et même nombre d'ampoules dans les deux bâtiments) et du nombre de variateurs (1 seul au lieu de deux), le prix d'installation d'un système halogène reviendrait à 5075 € soit 1040 € moins cher qu'un système LED. Avec une aide à l'investissement de 40%, l'installation d'un système LED s'est élevée à 3669 € contre une estimation pour un système halogène à 3045 €, soit un différentiel de 624 €.

Les compteurs électriques affichaient respectivement 4130 kWh et 820 kWh en fin de lot dans le bâtiment témoin et le bâtiment test. Le coût de fonctionnement du système (consommation électrique en kilowattheure pour un prix considéré de 0,16 €/kWh, <http://www.jechange.fr>) est revenu à 131 € pour le bâtiment LED contre 661 € pour le bâtiment avec les halogènes soit 5 fois moins.

L'Ademe (2018) nous indique une durée de vie de 2000 heures (environ 1 an) pour les halogènes et de 40 000 heures pour des LED (environ 20 ans). Ainsi, le coût d'entretien des systèmes (changement des ampoules grillées) est revenu à 48 €/an pour le système LED contre 130 €/an pour les halogènes (l'éleveur remplace toutes les ampoules halogènes au cours d'une bande). Ainsi, le retour sur investissement est alors de 10 ans sans aide et 6 ans avec une aide à l'investissement de 40%.

2.3. Impact sur les paramètres environnementaux

Comme vu précédemment, le différentiel de consommation électrique en fin de lot était de 3310 kWh entre les deux bâtiments ce qui représente un rapport consommation électrique LED/Halogène de 1/5.

De plus, l'étude de Vandevoorde et al. (2016) conclut que les LED génèrent 34% de l'impact environnemental global généré par des lampes à incandescence, principalement du fait des durées de vie plus longues.

2.4. Impact sur les paramètres sociaux

Concernant le bien-être animal, la nervosité des poules (évaluée via l'emplumement et l'observation des comportements agressifs) n'était pas différente entre les deux bâtiments d'élevage. En effet, 1 seul picage agressif par bâtiment sur l'ensemble des observations a été constaté et aucune bagarre n'a été observée. Enfin, l'emplumement n'a été que très peu dégradé quel que soit le bâtiment (score de 0,6/6 pour le bâtiment témoin et 0,5/6 pour le bâtiment test en fin de lot).

Concernant l'évaluation de la pénibilité du travail, le ressenti de l'éleveur indique que le système LED a l'avantage du fait de la longue durée de vie des ampoules qui ne doivent pas être changées annuellement. Par contre, le système halogène, en étant plus précis, permet de faciliter les réglages à basse intensité lumineuse pour l'éleveur.

2.5. Représentation en radar

La représentation en radar des bénéfices et inconvénients du système LED par rapport au système halogène indique que :

- Les différences sur le pilier social sont négligeables ;
- Concernant le pilier économique, le coût du système d'éclairage sur 20 ans est 2,3 fois moins important pour le système LED ;
- Pour le pilier environnemental, les économies réalisées sont 5 fois plus importantes et l'impact environnemental est 3,6 fois moins important pour les LED par rapport aux halogènes.

réduisant l'impact environnemental global du système d'éclairage par la longue durée de vie des LED. De plus, l'installation de LED a permis d'améliorer légèrement le pilier économique. En effet, les économies réalisées permettent de compenser le surcoût d'investissement du système LED. Concernant les performances technico-économiques, le moins bon éclairage du bâtiment a pour conséquence une compétition au nid plus élevée dans certaines zones (concentration de la ponte). On ne peut cependant pas conclure si ces changements sont dus au système LED en lui-même, à la présence d'ampoules rouges ou à la disposition de l'éclairage qui n'était pas optimal. De plus, les économies d'énergies auraient-elles été si importantes si le système avait été optimisé ? Enfin, l'installation de LED n'a pas détérioré le pilier social puisque la nervosité des animaux n'était pas plus importante dans un bâtiment ou un autre et qu'il y a un équilibre entre les avantages et les inconvénients du système LED par rapport à la pénibilité du travail.

CONCLUSION

Au cours de l'expérimentation, l'installation de LED a eu pour conséquence d'améliorer grandement le pilier environnemental, à la fois en diminuant la consommation électrique du bâtiment d'élevage et en

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'éleveur ayant participé à cette étude. Ce projet a été financé par la région Auvergne-Rhône Alpes dans le cadre du PEP avicole et par l'ADEME dans le cadre du POBE.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Chiron G., Warin L., 2018 TEMA n°46, pp 37-48

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/eclairage_performant.pdf

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-choisir-son-eclairage.pdf>

<http://www.lumitronix.fr/Interdiction-des-ampoules-a-incandescence-dans-l-UE/>

<https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A12860>

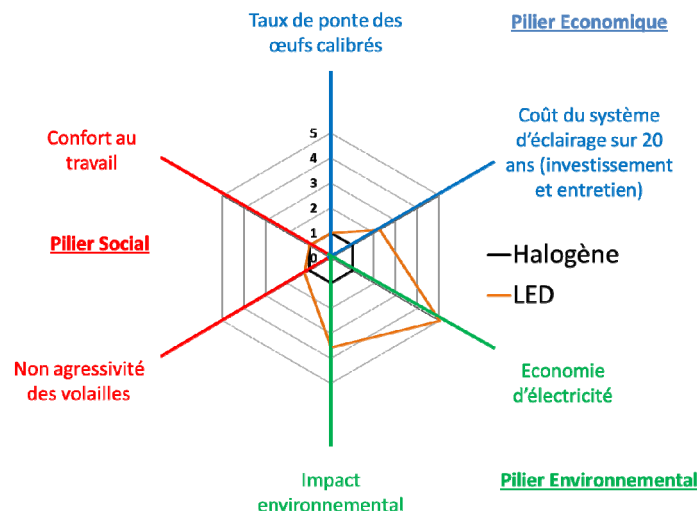
<http://www.jechange.fr>

http://conseils-thermiques.org/contenu/comparatif_ampoule_incandescence_fluocompact_halogene_led.php

Parlement Européen, Directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 2005

Vandevorde A., Zissis G., Mequignon M., 2016. JNRDM. Toulouse

Figure 2 : Représentation des bénéfices et inconvénients du système LED par rapport au système halogène (NB : tout écart du système LED vers l'extérieur par rapport au référentiel halogène est une amélioration du critère, tout écart vers l'intérieur est une dégradation du critère.



EVALUATION DE LA REPONSE DE TROIS ESPECES D'INSECTES NUISIBLES A UN PRODUIT REPULSIF A BASE DE PLANTES

Burel Anne¹, Ronan Dao¹, Benoit Lapeyre², Lise Roy², Pierre Chicoteau¹

¹ NOR FEED SAS, 3 rue Amedeo Avogadro, 49 070 BEAUCOUZE

² CEFE, Equipe Interactions Biotiques, 1919 route de Mende, 34293 Montpellier

anne.burel@norfeed.net

RÉSUMÉ

Les arthropodes ont un impact économique et sanitaire sur la production des aliments pour animaux et les animaux d'élevage. Certains de ces ravageurs s'attaquent à l'aliment mais aussi certains d'entre eux sont adaptés à la vie en bâtiments d'élevage de volailles où ils engendrent des pertes économiques importantes. Le produit testé est un produit à base de citronnelle (*Cymbopogon nardus*), de clou de girofle (*Eugenia caryophyllus*), d'origan (*Oreganum vulgare*) et d'extraits d'agrumes, qui a déjà démontré un effet répulsif envers le pou rouge des poules. Afin d'évaluer le potentiel de ce produit pour de nouvelles applications, une étude pilote a été menée afin de déterminer son effet sur des insectes problématiques en denrées stockées. Dans un premier temps, la capacité de certains insectes à détecter les molécules volatiles émises par ce produit a été mesurée par électroantennographie (EAG). Cette partie de l'étude a été menée sur des arthropodes d'importance économique et sanitaire : deux ténébrions (le ver de farine, *Tenebrio molitor*, et le petit ténébrion *Alphitobius diaperinus* (coléoptères)), une mouche du genre *Sarcophaga*). Des réponses électriques significatives ont été enregistrées chez les trois espèces. Cela a permis d'établir la capacité de détection d'au moins une partie des molécules volatiles émises par le produit chez les trois espèces testées. La seconde partie de l'étude visait à déterminer si l'effet du produit détecté était de type repoussant ou attractif chez l'une des espèces testées : *T. molitor*. Les résultats montrent un potentiel intéressant à 200 ppm.

ABSTRACT

Evaluation of the response of three insects pest to a natural repellent

Arthropods have economic and health impact on feed animal production and livestock. Some of these pests downgrade feed but also, some of them are adapted to live in poultry buildings where they cause significant economic losses. The tested product in this study is made from lemongrass (*Cymbopogon nardus*), clove (*Eugenia caryophyllus*), oregano (*Oreganum vulgare*) and citrus extracts, which has already shown a repellent effect against red mite. In order to evaluate the potential of this product for new applications, a pilot study was conducted to determine its effect on storage pest. Firstly, the ability of some insects to detect volatile molecules emitted by this product was measured by electroantennography (EAG). This first study was conducted on economic and health importance's arthropods: two tenebrio (the mealworm, *Tenebrio molitor*, and the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera), a fly of the genus *Sarcophaga*). Electrical significant responses were registered on three insect species selected in this study. This first study only showed the ability of insects to detect at least part of the compounds of this product olfacti, but didn't determine if this effect was repulsive or attractive. This is why a second step was set up to determine the nature of this effect. In this second study the objectives was to determine if the effect was repulsive or attractive on one tested species previously : *T.molitor*. Results had showed an interesting potential at 200 ppm.

INTRODUCTION

Le contrôle des arthropodes est un problème majeur dans le secteur agricole (Klys et al. 2017) autant au niveau des productions animales que végétales. Il s'agit principalement d'acariens et d'insectes. Parmi les insectes, on dénombre plus de 1660 espèces nuisibles s'attaquant aux récoltes pendant leur stockage (Kłys, Malejky, & Nowak-Chmura, 2017).

Les productions animales sont elles aussi exposées aux conséquences négatives des arthropodes. Le coléoptère *Alphitobius diaperinus* est l'insecte le plus répandu dans les élevages de volailles. Peu avant la nymphose, les larves cherchent à s'isoler dans un matériau tel que le bois ou l'isolation des bâtiments, entraînant des dommages importants sur les bâtiments (Dinev, 2013; Rezende et al., 2009).

En élevage de volailles, des insectes comme les mouches peuvent être problématiques en élevage. Elles engendrent un inconfort pour les éleveurs et les animaux. Leurs souillures favorisent le déclassement des œufs et entraînent certains risques sanitaires pour les animaux en augmentant le risque de la transmission des pathogènes (Lubac, 2007).

D'autre part, le pou rouge des poules *Dermanyssus gallinae*, engendre des problèmes divers en élevage (baisse de rendement, déclassement des œufs, réservoir de salmonelles...). Pour accomplir son cycle de vie et se développer, des repas de sang sont pour lui indispensables. Par conséquent, décourager l'acarien d'accéder à la source de sang en agissant directement sur l'hôte, par le biais de l'alimentation est susceptible de permettre un contrôle significatif.

L'impact d'un répulsif contre les acariens composés de citronnelle (*Cymbopogon nardus*), de girofle (*Eugenia caryophyllus*), d'origan (*Oreganum vulgare*) et d'extraits d'agrumes, via l'alimentation, a été démontré à plusieurs reprises sur les poux rouges (El Adouzi et al. 2017). Ce produit d'origine naturelle modifiait significativement l'odeur de la poule, rendant son hôte significativement moins attractif (au moins passagèrement répulsif) pour l'acarien.

De manière à élargir la connaissance du spectre d'action possible de ce produit, les stimuli olfactifs induits par les composants du noyau aromatique ont été mesurés chez d'autres espèces d'insectes d'importance sanitaire ou économique : le ver de farine, *Tenebrio molitor*, et le petit ténébrion *Alphitobius diaperinus*, ainsi qu'une mouche du genre *Sarcophaga*. Dans un second temps, nous avons cherché à déterminer l'activité biologique (attractivité/répulsivité) associée à la détection chez l'une des espèces concernées (*Tenebrio molitor*).

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Détection des molécules olfactives par les insectes

La capacité des insectes à détecter les molécules volatiles issues de la forme concentrée du produit a été mesurée par électroantennographie (EAG) en laboratoire (figure 1). Cette méthode est communément utilisée en entomologie expérimentale. Cette technique, décrite par SYNTECH en 2004, est basée sur la découverte de Schneider (1957). Cette méthode électrophysiologique permet de déterminer quelles substances volatiles sont perçues par l'appareil olfactif des insectes constitué par l'antenne. Cette dernière est un appendice porteur de multiples structures sensorielles nommées sensilles. Bien que le mécanisme précis à l'origine du signal EAG demeure mal compris, on suppose que les signaux électriques des électroantennogrammes résultent des potentiels de récepteurs synchrones de nombreuses cellules sensorielles (les neurones présents à la base de différentes sensilles) (Schneider 1967).

La base de l'antenne est placée dans l'une des électrodes, l'extrémité dans la seconde, et le signal électrique est visualisé et enregistré au moyen d'un oscilloscope relié à un ordinateur. L'antenne est maintenue dans un flux d'air continu purifié au charbon et humidifié. Le test consiste à injecter ponctuellement dans le flux, une quantité fixe de molécule(s) volatile(s) à tester (bouffée ou « puff »), de manière à observer la réponse électrique éventuelle et enregistrer l'amplitude du signal. Entre deux tests, une période d'au moins 30 secondes en l'absence de bouffée est respectée pour permettre la récupération des récepteurs olfactifs.

Des contrôles ont été effectués sur chaque antenne, l'un par l'injection d'air pur (T-), l'autre avec un mélange de 40 molécules généralement utilisées au laboratoire CEFE (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive) pour obtenir des stimuli chez les principaux arthropodes (T+) et un dernier témoin (T S+) connu pour générer un stimulus sur des insectes du même groupe taxinomique que l'espèce testée.

Les témoins positifs généraliste (T+) et spécifique (T S+) permettent de détecter l'éventuelle dégradation de l'antenne à tester, et de l'éliminer pour ne tester que des antennes fonctionnelles. Le témoin spécifique utilisé pour les ténébrions et les mouches est la molécule nonanal (dilué à 1/1000).

Le témoin T- permet d'établir la réponse des mécanorécepteurs, qui sont susceptibles d'être activés par l'accélération du flux durant le puff, et de la déduire de la réponse olfactive spécifique, normalement de plus grande ampleur.

Une description générale des résultats obtenus a été réalisée par des statistiques descriptives (moyennes et écarts types des variations de tension enregistrées). Des tests d'hypothèses ont permis ensuite de mesurer la significativité des différences observées : comparaison globale des médianes d'amplitude des réponses aux différents stimuli par espèce par le test de Kruskal-

Wallis et comparaison par paire de stimuli par le test de Mann-Whitney (témoin négatif vs test, témoins positifs vs test...).

1.2. Qualification de l'effet répulsif du produit *in vitro* sur *Tenebrio molitor*

L'évaluation du pouvoir répulsif du produit aromatique sur les insectes nuisibles de l'aliment est le préalable indispensable au processus de développement d'une nouvelle application. *T. molitor* a été choisi car il s'agit d'un des insectes nuisibles des produits stockés les plus communs en Europe. Le stade le plus nuisible de cet insecte étant la larve, il a été choisi de réaliser les expériences sur ce stade du cycle de vie.

Le protocole utilisé est adapté de la méthode de préférence de zone, décrite dans de nombreuses publications sur l'effet répulsif d'extraits de plantes contre des arthropodes (Cosimi et al., 2009; Hernandez-Lambrano et al., 2015; Kłys et al., 2017; Liang et al., 2013; Liu & Ho, 1999...). La méthode de préférence de zone consiste à proposer aux insectes deux sources d'odeurs dans une enceinte close et à observer leur répartition après un intervalle de temps.

Le produit a été testé à la dose recommandée par le fabricant du produit à 100 ppm, ainsi qu'à la dose de 200 ppm. Vingt larves de *T. molitor* ont été testées par boîte, sur un total de 27 réplicats.

Pour permettre une visualisation de l'évolution de la répartition en pourcentage par boîte, nous avons calculé un pourcentage de répulsion ou PR suivant You et al. (2015) :

$$PR = \frac{N_c - N_t}{N_c + N_t} * 100$$

Avec, au moment de la lecture :

- N_c : le nombre d'insectes présents sur le papier filtre contrôle
- N_t : le nombre d'insectes présents sur le papier filtre contenant le produit à tester

Le PR est positif quand le nombre d'insectes est plus important sur le papier filtre contrôle que sur le papier filtre imprégné du produit et vice-versa. La répartition des insectes est observée 2h et 4h après la mise en place du protocole. Cet intervalle a été défini en fonction des protocoles précédemment étudiés dans la littérature. Un test t de Student apparié (par boîte) a été appliqué à chacun des jeux de données obtenus (100ppm à T+2h et T+4h, 200ppm à T+2h et T+4h). Au préalable, l'absence d'écart significatif à une distribution normale des données a été vérifiée grâce au test de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) et l'absence d'écart significatif à l'égalité des variances grâce au test de Fisher ($p > 0.05$).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Détermination de la capacité des insectes à détecter les molécules volatiles émises par le produit testé

Chaque espèce testée (5 individus par espèce) a réagi positivement à au moins un des composés volatiles du répulsif à base de composés végétaux. L'expérience a démontré une réponse électrophysiologique claire au cocktail de molécules volatiles émis par ce produit ($p < 0,05$; Kruskal-Wallis). Chez toutes les espèces, l'amplitude médiane des réponses électriques à la molécule volatile induite par le répulsif et aux témoins positifs était significativement différente de celle de T- ($P < 0,05$; test de Mann Whitney par paire).

Ce test met en évidence la capacité des insectes à détecter au moins une partie des molécules volatiles émises par le produit (figure 2). Cette méthode ne permet pas de déterminer si le produit a un effet attractif ou répulsif sur les arthropodes et les insectes. Cependant, si l'on analyse la bibliographie, l'effet répulsif vis-à-vis de différents arthropodes de certaines huiles essentielles contenues dans cette formulation, telles que la citronnelle (*C. nardus*), le girofle (*E. caryophyllus*), l'origan (*O. vulgare*), ont été clairement démontrés (Soon Il, et al. 2004; George, et al. 2009). L'effet répulsif du présent produit a déjà démontré des effets sur le pou rouge et sur des mouches (El Adouzi et al. 2017, Labalette 2015).

2.2. Activité biologique du produit : est-il attractif ou répulsif ? Résultat des tests *in vitro*

A 100 ppm, aucun effet répulsif significatif n'est mis en évidence. A 200 ppm, dans la majorité des boîtes, un plus grand nombre de larves est observé sur le papier neutre 2 h après la mise en place des insectes dans les boîtes. Cette répartition se confirme également 4h après le début de l'expérience (figure 3). La plupart des boîtes présentent une majorité de larves sur le papier filtre neutre, confirmé par un test de student apparié significatif ($p < 0,05$). On conclut donc à un effet répulsif probable du produit sur *T. molitor* à une dose de 200 ppm dans nos conditions de laboratoire (figure 4).

Les résultats sur *T. molitor* à 200 ppm ont été obtenus sur un nombre de 27 réplicas de 20 individus dans chacune d'entre elles, soit un total de 540 individus. L'activité répulsive nécessite pour être déterminée avec certitude l'exclusion du contact direct avec la substance (Deletre et al. 2016). Le design expérimental ne permet pas d'exclure complètement un effet par contact (irritation gustative ou tactile), mais il permet de conclure au moins à un effet repoussant sur l'insecte à 200 ppm. Ces premiers résultats obtenus *in vitro* sont concordants avec certaines études. En effet, des études concernant des espèces du genre *Cymbopogon* suggèrent un effet repoussant sur différents arthropodes (Hernandez-Lambrano, Pajaro-Castro, Caballero-Gallardo, Stashenko, & Olivero-Verbel, 2015; Eun Hee Kim et al., 2003; J. S. Zhang et al., 2011).

La plupart des espèces du genre *Cymbopogon* présentent une activité insecticide ou répulsive, selon la dose et selon l'espèce d'insecte, notamment chez des insectes posant problème dans les denrées stockées. *Cymbopogon winthianus* a un effet acaricide à la dose de 12,7 µg/cm (Hernandez-Lambrano *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2011).

Parmi les différents composés de l'huile essentielle de *Cymbopogon distans*, ceux qui montrent l'effet repoussant le plus marqué contre les insectes sont le (+)-citronellol et le *trans*-geraniol (Zhang *et al.*, 2011). Des effets repoussants des huiles essentielles de *Cymbopogon nardus* (citronnelle de Ceylan) ont été signalés contre *Oryzaephilus surinamensis* (charançon du riz) et *Sitophilus zeamais* (charançon du maïs) avec des doses efficaces à 50% déterminées à 0,3 et 0,4 µL/cm² respectivement. La citronnelle est également connue pour son effet repoussant contre les puces et d'autres insectes piqueurs (Hernandez-Lambrano *et al.*, 2015).

CONCLUSION

Le ver de farine, *Tenebrio molitor*, le petit ténébrion *Alphitobius diaperinus*, ainsi qu'une mouche du genre *Sarcophaga* sont capables de détecter des molécules volatiles émises par le produit liquide.

Les tests *in vitro* complémentaires sur *T. molitor* ont permis de déterminer un effet repoussant à une dose de

200 ppm en conditions de laboratoire. De plus le produit a déjà été démontré actif sur les mouches en bâtiments de poules (Labalette 2015) et répulsif vis-à-vis du pou rouge (El Adouzi *et al.* 2017). Ces éléments permettent donc de constituer un début de preuve quant à l'effet répulsif des molécules de ce produit sur certains arthropodes tel que *T. Molitor*. Dans le but de développer l'application « in feed » pour le contrôle de certains arthropodes nuisibles de l'aliment et de consolider ces premiers essais une étude similaire sur l'aliment complétement lui-même pourra être envisagée sur *T. molitor*. Les présents tests présentant l'effet extemporané, il serait intéressant de déterminer la durabilité de la répulsion induite par le produit : dans quelle mesure les populations d'insectes seront-elles repoussées par l'aliment complétement malgré le jeûne ? D'autres essais sur d'autres espèces nuisibles cibles pourront également être conduits afin d'affiner le spectre d'action. L'interaction avec d'autres solutions de contrôle des arthropodes pourra également être étudiée. En effet, la combinaison entre ce type de complémentation et des méthodes de lutte biologique (inoculation de prédateurs) ou physiques (ex. hypoxie) est également susceptible d'améliorer le contrôle de ces populations nuisibles.

REMERCIEMENTS

Les expérimentations EAG ont été réalisées à la "Plateforme d'Analyses Chimiques en Ecologie" (PACE), plateforme technique mutualisée du LabEx CeMEB (Montpellier).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arunraj, C., Thomas, S. K., & Nirdev, P. M., 2013. Journal of Biopesticides, 6(1), 84–86.
- Dinev, I., 2013. The darkling beetle A health hazard for broiler chicken production.
- Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L., & Canale, A. 2009. Journal of Stored Products Research 45(2), 125–132.
- Deletre E, Schatz B, Bourguet D, Chandre F, Williams L, Ratnadass A and Martin T 2016. Chemoecology 26(4), 127-142
- El Adouzi, M., Buatois, B., Lapeyre, B., Dormont, L., Bonato, O., & Roy, L. 2016. In 8th symposium of the (EUropean Association of ACarologists), Valencia, Espagne, Juillet 2016
- George D.; Smith T; Shiel R; Sparagano J O.; Guy H. 2009. Vet parasitol May 12;161(3-4):276-82.
- Hernandez-Lambrano, R., Pajaro-Castro, N., Caballero-Gallardo, K., Stashenko, E., & Olivero-Verbel, J., 2015. Journal of Stored Products Research, 62, 81–83.
- Kłysz, M., Malejky, N., & Nowak-Chmura, M., 2017. Journal of Stored Products Research, 74, 66–77.
- Labalette A. 2015. santé animal AVES e OVOS, n° 241
- Leffer, A. M., Kuttel, J., Martins, L. M., Pedroso, A. C., Astolfi-Ferreira, C. S., Ferreira, F., & Ferreira, A. J. P., 2010. Vector-Borne and Zoonotic Diseases, 10(5), 481–487
- Liang, Y., Li, J. L., Xu, S., Zhao, N. N., Zhou, L., Cheng, J., & Liu, Z. L. (2013). Journal Of Economic Entomology, 106(1), 513–519.
- Liu, Z. L., & Ho, S. H., 1999. Journal of Stored Products Research, 35(4), 317–328
- Martínez, L. C., Plata-Rueda, A., Colares, H. C., Campos, J. M., Dos Santos, M. H., Fernandes, F. L., Zanoncio, J. C. 2017. Bulletin of Entomological Research
- Rezende, S. R. F., Curvello, F. A., Fraga, M. E., Reis, R. C. S., Castilho, A. M. C., & Agostinho, T. S. P., 2009. Brazilian Journal of Poultry Science, 11(2), 121–127
- Schneider, D. (1957). Verh. Physiol. 40. 8-41
- Soon-Il K.; Jee-Hwan Y.; Jun-hyung T.; Young-Joon A. 2004. Veterinary Parasitology 120, 2004, 297–304
- Yang, K., You, C. X., Wang, C. F., Guo, S. S., Li, Y. P., Wu, Y., Du, S. S. , 2014. J Oleo Sci, 63-11

Figure 1. Principe de L'électroantennographie

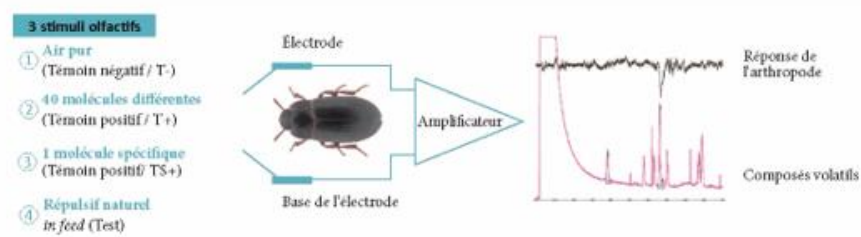


Figure 2. Boîtes à moustaches des amplitudes de réponse aux différents puffs. A. *Alphitobius diaperinus*, B. *Tenebrio molitor*, C. *Sarcophaga sp.* Les lettres a, b signalent les différences significatives avec $\alpha = 0,05$ selon le test Mann-Whitney réalisé par paire en guise de test post-hoc associé au test de Kruskal-Wallis. T-, témoin négatif, TS+, témoin positif, spécifique, T+ Témoin positif généraliste, et Test le produit testé

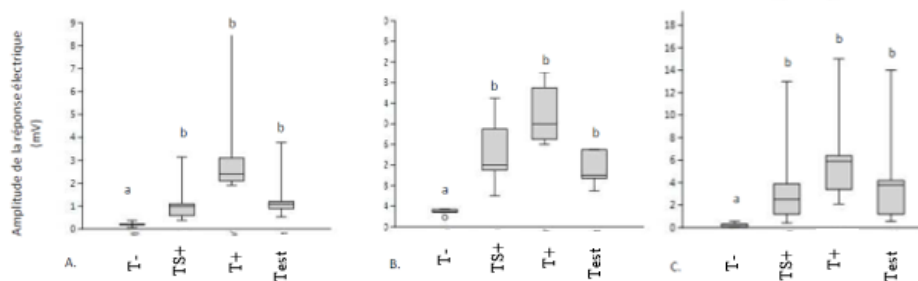
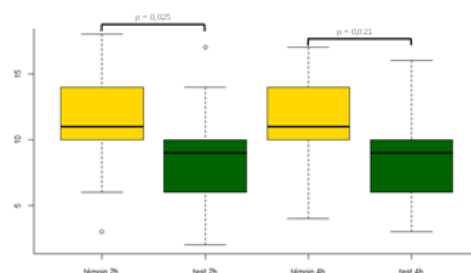


Figure 3. Photo de répartition de *T. Molitor* entre la zone neutre et zone traité (T 4h)



Figure 4. Répartition de *T. Molitor* entre le témoin et la zone contenant le produit testé à 200 ppm, test de student apparié ($p < 0,05$)



EFFET A COURT TERME DES EXPOSITIONS DE GAZ ET DE POUSSIÈRES SUR LA FONCTION RESPIRATOIRE DES ÉLEVÉS DE VOLAILLES

Ségala Claire¹, Martin Sylvie¹, Guillaum Marie-Thérèse¹, Lagadec Solène², Brame Coline², Ruch Marion³, Bellec Thierry⁴, Guingand Nadine³, Rousset Nathalie⁴, Kling-Eveillard Florence⁵, Hassouna Mélynda⁶, Jacquot Anne-Lise⁷

¹ SEPIA-Santé, 31 rue de Pontivy, 56150 Baud, France

² Chambre d'agriculture de Bretagne, Rue Maurice le Lannou, 35042 Rennes, France

³ IFIP-Institut du porc, La Motte au Vicomte, 35651 Le Rheu Cedex, France

⁴ ITAVI Antenne Ouest, 41 Rue de Beaucemaine, 22440 Ploufragan, France

⁵ Institut de l'élevage, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12, France

⁶ INRA AgroCampus Ouest UMR SAS, 65 rue Saint Brieuc, 35000 Rennes, France

⁷ Agrocampus Ouest, 65 rue Saint Brieuc, 35000 Rennes, France

csegala_sepia@orange.fr

RESUME

Dans le cadre du projet Air Eleveur, une étude a été réalisée en élevage avicole avec comme objectif d'analyser le lien à court terme entre ces expositions (gaz et poussières) et l'apparition de problèmes respiratoires chez les travailleurs lors de tâches exposantes. 32 personnes travaillant dans 20 élevages de poulets de chair ont renseigné leurs symptômes aigus et mesuré leur fonction respiratoire avant et après quatre tâches exposantes. Les différences de score de symptômes et de VEMS (Volume Expiratoire Maximal Seconde) avant-après tâches ont été calculées. Les liens entre ces différences et l'exposition cumulée aux poussières alvéolaires (PM5), l'exposition à l'ammoniac et la durée de la tâche ont été analysés au moyen de modèles de régression linéaire mixte. Ces modèles rapportent une augmentation du score symptômes (soit l'intensification des symptômes après les tâches) en lien avec l'augmentation de l'ammoniac et des PM5. Un lien entre la diminution de la capacité respiratoire (diminution du VEMS après tâche) et l'augmentation des taux d'ammoniac est également observé. Chez les personnes présentant une allergie, les PM5 et la durée de la tâche intensifient les symptômes, alors que chez les personnes non-allergiques, l'ammoniac a un effet délétère aussi bien sur le score de symptômes que sur la capacité respiratoire.

ABSTRACT

Short-term effects of exposures of gas and dust on the respiratory function of poultry farmers

In the frame of « AIR ELEVEUR » project, a study was conducted in poultry with the objective to analyze the relationship between exposures and acute respiratory problems among workers during tasks involving exposures. 32 people working in 20 broilers breeders have filled in their acute symptoms and measured their lung function before and after four tasks. The differences in score of symptoms and FEV1 (Volume Expiratoire maximum per second) before - after tasks have been calculated. The relations between these differences and exposure to PM5, exposure to ammonia and the duration of the task were analyzed using mixed linear regression models. These models report an increase in the symptoms score (i.e. the worsening of symptoms after the tasks) in relation with the increases of ammonia and PM5. A relation between the decrease in respiratory capacity (decrease in FEV1 after task) and the increase of ammonia is also observed. For people having an allergic disease, the PM5 and the duration of the task enhance symptoms, while in non-allergic people, ammonia has a deleterious effect on the score of symptoms and the respiratory capacity.

INTRODUCTION

Le projet AIR ELEVEUR, pilotée par la Chambre d'agriculture de Bretagne a été initié pour répondre à des enjeux de santé au travail et d'attractivité du métier d'éleveur. En effet, en élevage avicole, les troubles respiratoires concernent de nombreux éleveurs et salariés. Ils sont généralement une source de gêne dans la réalisation du travail. S'ils deviennent trop importants, la personne concernée doit envisager d'éviter les tâches à risque, de se protéger en permanence ou de se reconverter. Il s'agit donc d'un choix difficile, notamment pour les éleveurs dont les choix professionnels sont aussi des choix de vie. Par ailleurs, les filières d'élevage recherchent de nouveaux éleveurs et salariés. Pour attirer et fidéliser les candidats, il semble important de réduire les risques professionnels et, lorsqu'ils existent, de proposer des solutions pour les limiter. Des travaux antérieurs pilotés par l'Anses et l'Itavi ont étudié les impacts respiratoires des expositions à moyen et long terme dans des élevages de poules pondeuses et dans des couvoirs (Guillam et al., 2013 ; Guillam et al., 2017). Ce nouveau projet s'est focalisé sur les risques à court terme pendant des tâches particulièrement exposantes dans des élevages de poulets de chair en claustration. Le projet AIRELEVEURS enquêtait également dans des élevages porcins, ceux-ci ne sont pas présentés dans cet article.

MATERIEL ET METHODES

Recrutement et enquête

Le projet AIRELEVEUR a débuté au 1^{er} janvier 2015.

Les recrutements des élevages et des travailleurs, ainsi que la métrologie, ont été réalisés en Région Bretagne par la CRAB et l'ITAVI. Vingt et un élevages de volailles ont été recrutés, avec la participation de 32 travailleurs à l'ensemble des études : expositions, perception et santé.

Les tâches ont été retenues pour l'étude sur la base de leur caractère exposant aux poussières et/ou au gaz : curage du fumier (CUR), primo-paillage (PAIL), ramassage (RAM), contrôle des animaux en fin de bande (FDB).

Dans les élevages avicoles enquêtés, tous les travailleurs (exploitants et salariés) ont été questionnés à plusieurs reprises :

- 1^{ère} visite : recueil d'informations sur leur état de santé à l'inclusion dans l'étude et entretien sur la manière dont ils perçoivent les risques associés aux poussières et à l'ammoniac,

- visites suivantes : mesure des concentrations en ammoniac et poussières lors de tâches potentiellement exposantes, et recueil de symptômes respiratoires avant et après chacune des tâches.

Données recueillies

Pour les analyses décrites ici, les indicateurs d'expositions suivants ont été retenus : concentration en ammoniac (tubes Dräger), concentration massique en particules alvéolaires PM5 (diamètre inférieur à 5 µm) (CIP10), mais également type et durée des tâches. A également été renseigné le port éventuel d'un masque pendant les tâches.

Les effets sanitaires aigus, renseignés par l'éleveur avant le démarrage de la tâche et en fin de tâche, sont évalués via :

- huit symptômes : irritations du nez, irritations de la gorge, irritations des yeux, toux, essoufflement, sifflement, mal de tête, fièvre, à renseigner à l'aide de 3 modalités d'intensité croissante (pas du tout, un peu, beaucoup, recodés en 0, 1 et 2). Un score additif incluant l'ensemble des 8 symptômes a été calculé avant et après chacune des tâches.
- deux indicateurs de la fonction respiratoire avec le débitmètre de pointe miniaturisé Néo 6 de chez Dyn'R : le VEMS (volume expiratoire maximal par seconde) et le VEM6 (volume expiratoire maximal en 6 secondes) qui est une alternative à la CVF (capacité vitale forcée) plus difficile à mesurer.

Analyses statistiques

Les liens entre les effets sanitaires (différences entre après et avant la tâche du score de symptômes et des deux indices pulmonaires) et les expositions, avec prise en compte des variables d'ajustement (dont les facteurs météorologiques), ont été analysés au moyen de modèles linéaires mixtes multivariés afin de tenir compte des corrélations possibles entre les données répétées chez un même individu. Les tâches FDB ont été exclues des analyses multivariées du fait de leur courte durée.

Autorisations

Les autorisations de traitement de données individuelles auprès des autorités compétentes ont été obtenues (CCTIRS et CNIL).

RESULTATS

Population d'étude

Un peu plus de 80% des 32 participants sont des hommes, des chefs d'exploitation et ont grandi dans des fermes. L'âge moyen (45 ans) est relativement jeune et l'ancienneté moyenne dans l'élevage est de 17 ans. 16% d'entre eux fument actuellement.

Résultats descriptifs

Le tableau 1 présente les prévalences de symptômes respiratoires et maladies allergiques. Les prévalences de symptômes respiratoires chroniques en élevage avicole dans AIRELEVEUR sont relativement similaires à celles décrites par d'autres études réalisées en Bretagne en milieu avicole (Guillam et al., 2013 ; Guillam et al., 2017). 25% des éleveurs ont au moins un symptôme chronique. Seuls 2 travailleurs souffrent d'asthme, dont un déclare que son asthme s'est développé au travail. La prévalence d'allergies nasales est élevée : 34,4%.

En tout, 164 tâches ont été étudiées. Le curage (CUR) représente 23 % des tâches suivies, le ramassage (RAM) 25 % et les deux autres tâches : paillage (PAIL) et suivi en fin de lot (ou bande) (FDB), 26 % chacune. Le nombre de travailleurs suivis est de 20 en curage, 25 en fin de lot, 24 en paillage et 21 en ramassage. Le tableau 2 présente les paramètres d'exposition au total et par tâche.

Quel que soit le type de tâche, la majorité d'entre elles a été réalisée sans port de masque. Sur 163 tâches renseignées pour cette information, le masque a été porté 41 fois (7 fois de façon partielle et 34 fois durant toute la tâche).

Analyse multivariée

Globalement le score de symptômes (soit l'aggravation des symptômes après les tâches) est lié significativement au niveau d'ammoniac (tableau 3), ($p=0,01$) ; la relation avec les niveaux de poussières est proche du seuil de signification ($p=0,08$). Est également observée une relation positive (proche du seuil de signification) entre la diminution du volume expiratoire maximal seconde (VEMS) après la tâche et le niveau d'ammoniac ($p=0,09$).

Les analyses réalisées chez les personnes allergiques et non-allergiques (tableau 4) montrent que les niveaux poussières et la durée des tâches ont des effets significatifs sur l'augmentation du score de symptômes uniquement chez les personnes allergiques. Le niveau d'ammoniac a un effet

significatif sur l'augmentation du score de symptômes et la diminution du VEMS chez les personnes non-allergiques.

DISCUSSION

Les résultats de cette étude quant aux **effets aigus des expositions** sont originales, mais difficilement comparables aux données des études publiées. En effet, beaucoup de celles-ci consistent en des études avant/après une journée de travail, et pour certaines les études concernent des sujets volontaires sains qui ne travaillent pas habituellement dans ce type d'élevage (Cormier et al., 1997 ; Larsson et al., 1994). Or ici, les comparaisons se focalisent sur l'avant et l'après de tâches particulièrement exposantes exercées par les éleveurs, et donc concernent des durées plus courtes. Par ailleurs les travailleurs ont pu exercer d'autres tâches, y compris des tâches exposantes, avant celles faisant l'objet de l'étude. Malgré cette limitation et le nombre réduit d'éleveurs inclus, cette étude a permis de mettre en évidence un impact significatif du taux d'ammoniac, de la quantité de poussières et de la durée des tâches sur l'apparition de symptômes respiratoires et sur la diminution de la capacité respiratoire des éleveurs. Les relations ont été ajustées sur les principaux facteurs de confusion (soit les autres facteurs de risques des événements de santé étudiés). De plus, comme d'autres auteurs l'ont montré, est constatée une tendance à une accentuation des effets chez les sujets souffrant ou ayant souffert d'une affection allergique (Westeel et al., 2000 ; Omland, 2002, Eduard et al., 2012).

Ce travail avait aussi pour but d'identifier les tâches associées à plus d'expositions et/ou responsables de plus d'effets sanitaires. La tâche Fin de Bande est la tâche la plus courte avec des concentrations en poussières et ammoniac plus élevées par rapport aux autres tâches, cependant elle n'est pas trouvée associée à plus de symptômes ou détérioration de la fonction respiratoire. La répétition des tâches exposantes est une problématique forte en élevage, et devrait être explorée dans de prochaines études.

En conclusion, ce travail, malgré ses limites, a permis de mettre en évidence un effet délétère des expositions aux poussières et à l'ammoniac pendant des tâches exposantes sur les symptômes et la fonction pulmonaire, cet effet ayant tendance à être plus important chez les travailleurs souffrant d'affections allergiques.

REFERENCES

- Cormier Y., Duchaine C., Israël-Assayag E., Bédard G., Laviolette M., Dosman J., 1997. Eur. Respir. J., (10), 1516-1522;
- Eduard W., Heederik D., Duchaine C., Green B.J., 2012. J Environ. Monit., (14), 334-339.
- Guillam M.T., Pédrone G., Le Bouquin S., Huneau A., Gaudon J., Leborgne R., Dewitte JD, Ségala C., 2013. Ann. Agric. Environ. Med., (20), 307-311.
- Guillam M.T., Martin S., Le Guelennec M., Puterflam J., Le Bouquin S., Huneau-Salaün A., 2017. Ann. Agric. Environ. Med., (24), 360-365.
- Larsson K.A., Eklund A.G., Hansson L.O., Isaksson B.M., Malmberg P.O., 1994. Am. J. Respir. Crit. Care Med., (150), 973-977.
- Omland O., 2002. Ann. Agric. Environ. Med. (9), 119-136.
- Westeel V., Julien S., De Champs C., Polio J.C., Mauny F., Gibey R., Laplante J.J., Aiache J.M., Depierre A., Dalphin J.C., 2000. Eur. Respir. J. (16), 886-892.

Tableau 1 : Prévalences des symptômes respiratoires chroniques et des maladies allergiques

SYMPTOME	N (%)
Toux chronique	1 (3,1)
Crachats chroniques	1 (3,1)
Sifflements	3 (9,4)
Essoufflements au repos	1 (3,1)
Asthme	2 (6,3)
Allergies nasales	11 (34,4)
Eczéma	7 (21,9)

Tableau 2 : Distributions des paramètres environnementaux (total et par tâche)

	TOTAL	CURAGE	FIN DE BANDE	PAILLAGE	RAMASSAGE
Durée (h)					
N	164	37	43	43	41
Moyenne	2,00	2,57	0,56	1,68	3,27
Écart-type	1,30	1,03	0,21	0,74	0,95
Min – Max	0,13 – 6,83	0,38 – 4,95	0,13 – 1,10	0,58 – 3,62	2,02 – 6,83
PM5 (mg/m³)					
N	129	26	27	40	36
Moyenne	1,2	0,5	2,6	1,4	0,66
Écart-type	3,2	0,5	6,4	1,7	0,5
Min – Max	0,03 – 34,3	0,03 – 1,6	0,1 – 34,3	0,1 – 8,5	0,06 – 2,6
Ammoniac (ppm)					
N	158	37	37	43	41
Moyenne	6,3	7,5	9,8	0,7	8,3
Écart-type	7,7	5,6	10,6	1,3	7,2
Min – Max	0 - 40	1 - 25	0 - 40	0 - 5	0 -30

Tableau 3 : Effet des expositions sur l'état de santé des travailleurs (tâches FDB exclues)

	Score symptômes**	Différence VEMS***
	□□ (p) N=92	□□ (p) N=70
PM5 (mg/m³/mn)	13,23 (p=0,08)	0,13 (p=0,93)
NH3 (ppm)	0,04 (p=0,01)	-0,01 (p=0,09)
Durée (h)	0,04 (p=0,70)	0,01 (p=0,76)

* β : augmentation du score de symptômes ou de la différence de VEMS pour une augmentation de 1 mg/m³/mn de PM5 ou de 1 ppm de NH3 ou pour une durée de 1h

** ajusté sur âge, sexe, port de masque, hygrométrie intérieure et représentation des risques

*** ajusté sur âge, sexe, état santé perçu, symptôme chronique, hygrométries extérieure et intérieure, taille et VEMS avant tâche

Tableau 4 : Effet des expositions sur l'état de santé chez les personnes allergiques et non-allergiques (tâches FDB exclues)

		Score symptômes**	Différence VEMS***
		□□ (p)	□□ (p)
Sujets allergiques	PM5 (10⁶ particules/m³/mn)	20,49 (p=0,01)	1,51 (p=0,41)
	NH3 (ppm)	-0,001 (p=0,96)	0,009 (p=0,34)
	Durée (h)	0,28 (p=0,09)	-0,004 (p=0,94)
Sujets non-allergiques	PM5 (10⁶ particules/m³/mn)	-1,96 (p=0,90)	-1,56 (p=0,60)
	NH3 (ppm)	0,07 (p=0,007)	-0,015 (p=0,03)
	Durée (h)	-0,04 (p=0,78)	0,03 (p=0,39)

* β : augmentation du score de symptômes ou de la différence de VEMS pour une augmentation de 1 mg/m³/mn de PM5 ou de 1 ppm de NH3 ou pour une durée de 1h

** ajusté sur âge, sexe, masque, hygrométrie intérieure et représentation des risques

*** ajusté sur âge, sexe, état santé perçu, symptôme chronique, hygrométries extérieure et intérieure, taille et VEMS avant tâche

FAISABILITE D'UNE ALIMENTATION 100% BIOLOGIQUE POUR DES POULES PONDEUSES

Bourin Marie¹, Souchet Christophe¹, Halgrain Maeva¹, Bordeaux Célia², Roinsard Antoine³, Gourguechon Aurore⁴, Anger Karine⁵, Ledru Emmanuel⁵, Dusart Léonie¹

¹ ITAVI, Centre INRA Val de Loire 37380 Nouzilly, France

² Chambre d'agriculture Pays de la Loire, 9 rue André-Brouard, 49105 Angers, France

³ ITAB, 9 rue André-Brouard, 49105 ANGERS, France

⁴ Axéreal Elevage, 8 rue Moulin de Salles, 03140 St Germain de Salles, France

⁵ INRA, UE PEAT, 37380 Nouzilly, France

bourin.itavi@tours.inra.fr

RÉSUMÉ

Les élevages de volailles AB sont soumis aux règlements (CE) 834/2007 et (CE) 889/2008. Une dérogation, prenant fin au 31 décembre 2020, permet encore d'introduire jusqu'à 5 % de matières premières végétales conventionnelles dans l'alimentation des poules pondeuses biologiques. Les objectifs de notre projet étaient de proposer un aliment pour pondeuses, 100% biologique, performant techniquement, économiquement et au regard du bien-être animal. Deux stratégies alimentaires ont donc été testées, une 95 % AB avec des aliments contenant 95 % de matières premières végétales issues de l'AB, représentatif de la pratique actuelle (Témoin) et une 100 % AB avec des aliments contenant 100 % de matières premières végétales issues de l'AB (Test). Ces aliments ont été formulés de façon à avoir le même profil nutritionnel et ont été distribués aux poules âgées de 17 à 41 semaines. Entre 20 et 41 semaines d'âge, l'évaluation des performances zootechniques, du BEA ainsi que de la production et de la qualité des œufs a été réalisée. Sur la période d'élevage, les taux de ponte moyens étaient semblables pour les 2 stratégies alimentaires (85,4% pour le Témoin et 84,5 % pour le Test). L'accès *ad libitum* et le gaspillage expliquent en partie la consommation alimentaire élevée pour les deux aliments (147 g/poule/jour pour test vs 140 g/poule/jour le Témoin) ce qui rend difficile l'analyse des indices de consommation. Le poids moyen des œufs était compris entre 56 et 57 g quelle que soit la stratégie alimentaire. La qualité des œufs, quant à elle, semble indiquer que la stratégie 100% AB (Test) n'a pas eu d'effet sur la hauteur du blanc (6,8 mm vs 7,2 pour le Témoin), le poids du jaune (13,5 g pour les 2 aliments), du blanc (37,9 g vs 37,4 g pour le Témoin) et de la coquille (5,7 vs 5,6 g pour le témoin). Notre aliment 100% AB, formulé de façon à répondre au mieux aux besoins des poules pondeuses, a permis de maintenir la qualité des œufs. Cependant, l'aliment 100 % AB reste plus cher que l'aliment 95% AB avec une augmentation du prix de 1,5 % pour l'aliment début de ponte et de 0,4 % pour l'aliment milieu de ponte.

ABSTRACT

Feasibility of an 100 % organic feed for laying hens

Organic Poultry farms are subject to regulations (EC) 834/2007 and (EC) 889/2008. A derogation, ending on December 31st 2020, still allows introducing up to 5 % of conventional vegetable raw materials into the feed of organic laying hens. The objectives of our project were to propose a feed for laying hens, 100 % organic, technically and economically competitive and with regard to animal welfare. Two feed strategies were thus tested, one 95 % organic with feed containing 95 % of vegetable raw materials stemming from the organic production, representative of current practice (Blank) and one 100 % organic with feed containing 100 % of vegetable raw materials stemming from organic production (Test). This feed were formulated to have the same nutritional profile and were distributed to laying hens from 17 to 41 weeks of age. Between 20 and 41 weeks of age, the evaluation of zootechnical performance, welfare and production and quality of eggs was carried out.. Over the rearing period, the average rates of lay were similar for both feeding strategies (85.4 % for the Blank and 84.5 % for the Test). The wasting explains partially the feed consumption raised for both feeds (147 g / hen / day for Test vs 140 g / hen / day for Blank) what makes difficult analysis of consumption. The middleweight of eggs was between 56 and 57 g whatever is the food strategy. The quality of eggs, suggests that the 100 % organic strategy (Test) had no effect on the height of the white (6.8 mm vs 7.2 for Blank), the weight of the yellow (13.5 g for 2 feed), of the white (37.9 g vs 37.4 g for Blank) and of the shell (5.7 vs 5.6 g for Blank). Our 100 % organic feed, formulated to best meet the needs of laying hens, allowed to maintain egg quality. However, the 100% AB feed remains more expensive than the 95% AB feed with a price increase of 1.5% for the early egg laying feed and 0.4% for the mid-layer feed.

INTRODUCTION

Le passage d'une alimentation avec 95% de matières premières (MP) végétales issues de l'agriculture biologique (AB) à une alimentation 100% de MP végétales issues de l'AB pour les animaux monogastriques, à partir de janvier 2021, pose des questions :

- D'ordre zootechnique : équilibre nutritionnel des formulations alimentaires
- De disponibilités de matières premières riches en protéines : la France est très déficitaire en protéines issues de l'Agriculture Biologique pour l'alimentation animale
- D'impacts environnementaux : augmentation de rejets azotés *via* des aliments plus riches en matières azotées totales du fait de l'utilisation de protéines moins équilibrées en acides aminés
- D'impacts économiques : coût plus élevé des aliments et/ou moindre performances des animaux
- D'impacts sur le bien-être animal : formulations moins équilibrées ayant des conséquences telles que le picage chez les volailles (Van Krimpen et al., 2005).

L'objectif de cette étude était d'évaluer les impacts d'une alimentation 100% MP végétales AB vs une alimentation 95% MP végétales AB à même valeur nutritionnelle et en utilisant des matières premières couramment disponibles. Ces impacts ont ainsi été évalués à partir des performances zootechniques des poules pondeuses, de leur bien-être, de la qualité des œufs et du coût alimentaire.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 Description des régimes

Deux gammes d'aliments pondeuses (début de ponte, semaines 17 à 32 et milieu de ponte, semaines 33 à 42) ont été formulées avec le même profil nutritionnel : i) une gamme témoin 95% MP végétales AB utilisant du gluten de maïs et des protéines de pommes de terre conventionnelles (95-AB) et ii) une gamme expérimentale 100% MP végétales AB utilisant davantage de tourteaux de tournesol et de la féverole (100-AB) (Tableau 1).

Des mesures zootechniques (poids vifs, taux de ponte etc...), des données relatives au bien-être animal des poules pondeuses (pododermatites, état d'emplumement et état des crêtes permettant d'évaluer le picage) et à la qualité des œufs ont été enregistrées.

1.2. Systèmes d'élevage

Des poules de souche ISA BROWN (n = 165) âgées de 17 semaines ont été placées par unité d'élevage (6 poules par m²) soit un total de 990 animaux pour 6 unités d'élevage de 30 m² couverts et de 2 500 m² de parcours. A l'intérieur du bâtiment, le sol de chacune des unités était recouvert d'une litière de paille broyée à raison de 6 kg par m² (aucun ajout n'a été réalisé en cours d'élevage). Le parcours était engazonné de façon identique pour chacun des lots. Son accès a été laissé libre en journée, après 5 semaines d'accoutumance des poules, soit entre 21 et 42 semaines d'âge de 11h du matin à la tombée de la nuit (entre 20h et 21h30). Dès leur arrivée, les poules ont été nourries avec les aliments Témoin (95-AB) et Expé (100-AB). Après 3 semaines d'adaptation aux aliments testés, deux phases se sont succédées, de mi-mars à fin juin 2018 (19 à 32 semaines d'âge) afin de distribuer un aliment « début de ponte » et de fin juin à fin août 2018 (33 à 41 semaines d'âge, aliment milieu de ponte) à la fin desquelles des mesures de quantités de refus étaient réalisées. Les animaux ont été nourris *ad libitum* toute la durée de l'étude. Chacun des 2 aliments a été distribué sous forme de farine dans 3 parquets différents (2 traitements x 3 répétitions). Le programme lumineux utilisé était le suivant : 8 h de nuit suivies de 16 h de lumière.

1.3. Mesures effectuées

Aliments

L'aliment a été contrôlé en cours d'expérimentation pour les teneurs en matière sèche et protéines, ainsi que son taux de cendres, sa granulométrie (identique pour les deux formules) et ses teneurs en magnésium, phosphore et calcium (Tableau 1). Les aliments 95% et 100 % Bio avaient la même présentation.

Animaux

A la mise en place (17 semaines d'âge), l'ensemble a été pesé et les poules ont été réparties de façon homogène sur le poids.

A partir de 20 semaines d'âge, la consommation d'aliment par période de 35 jours a été mesurée. Un enregistrement quotidien du nombre d'œufs (ponte dans les nids ou hors des nids) ainsi que leur classification (normaux, doubles, sales, cassés, mous) ont été effectués. La mortalité a été enregistrée quotidiennement durant l'étude. En fin d'essai, les animaux ont été pesés individuellement.

Le bien-être animal a été évalué en fin d'essai sur l'ensemble des animaux selon la méthode de Tauson *et al.* (2005), qui est un système de notation de l'emplumement et des picages sur 5 parties du corps de l'animal (crêtes, cou, poitrine, cloaque, ailes et queue). Une évaluation des pododermatites a également été réalisée.

Qualité des œufs

Plusieurs mesures ont été réalisées sur les œufs pondus et ramassés dans les nids, afin d'analyser l'impact de l'alimentation sur leur qualité.

Chaque jour, la totalité des œufs pondus (exceptés les cassés) était pesée afin de calculer le poids d'œufs pondus par semaine. Tous les 35 jours au cours de l'ensemble de la période d'élevage (de 21 à 41 semaines d'âge), 30 œufs normaux de chaque parquet ont été prélevés et pesés individuellement. La résistance à la rupture (Instron 5543, Instron, Guyancourt, France) ainsi que l'épaisseur de la coquille, le poids de blanc et de coquille, la hauteur du blanc, le poids et la coloration du jaune (système L*, a*, b*; Chroma meter CR 400, Konika Minolta, Carrières-sur-Seine, France) ont été mesurés (Roberts, 2004).

Impact économique de la formule alimentaire

Le coût alimentaire (€/kg d'œufs) de chacune des stratégies a été calculé sur la base des résultats expérimentaux (masse d'œufs exportée, consommation d'aliments) et du prix des aliments.

1.3. Analyse statistique des résultats

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R (version 3.4.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche). Afin de choisir les tests, la normalité des données a été vérifiée. Des tests de Wilcoxon, Kruskal-Wallis et des ANOVA ont été réalisés selon les variables étudiées. Pour les données de bien-être animal, des tests de Chi² d'homogénéité ont été effectués.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Résultats zootechniques

Les résultats zootechniques sont présentés dans le Tableau 2. La mortalité est plus importante dans l'aliment 95% bio, sans qu'une explication puisse être donnée. Concernant la prise alimentaire, les données sont comparables pour les deux aliments distribués (Tableau 2). Dans les 2 cas, l'indice de consommation élevé est notamment dû au gaspillage, qu'il nous a été impossible d'évaluer avec précision. La production d'œufs globale, ainsi que le poids moyen des œufs et la proportion d'œufs cassés, piqués, mous n'ont pas été statistiquement différents entre les deux traitements. Nous avons cependant remarqué que les poules nourries avec l'aliment 95-AB pondaient plus au sol que les autres, sans pourtant pouvoir donner d'explication.

2.2. Evaluation du bien-être Animal

Le bien-être des poules a été évalué par une mesure de l'état d'emplumement au moment de la pesée finale des poules. Egalement, une évaluation de la présence ou non de pododermatites ainsi que leur état de gravité a pu être réalisée (Tableau 3). Toutes les poules observées avaient un état d'emplumement parfait au niveau de la tête et du cou, du ventre et de

la queue. Aucune lésion ni aucun picage n'a été observé sur l'ensemble des animaux. Cependant, les poules consommant de l'aliment 100% bio présentaient plus de déplumement au niveau du dos. *A contrario*, les poules nourries avec de l'aliment 95-AB présentaient un plus grand nombre de pododermatites. Pour ce dernier point, il est à noter que le régime 100-AB a été formulé avec plus de matières premières contenant des fibres tel que le tourteau de tournesol en substitution du tourteau de soja (Tableau 1), plus favorable pour une meilleure qualité de litière et donc une prévalence moindre en pododermatite (Bignon et al., 2015; Youssef et al., 2011).

Seuls les paramètres significativement différents sont représentés dans le tableau 3.

2.3. Effet de l'aliment sur la qualité des œufs

Pour la plupart des critères de qualité de l'œuf observés, les résultats obtenus ne sont pas significativement différents (Tableau 4). En effet, les poids des œufs, du blanc et de la coquille sont équivalents pour les deux régimes alimentaires. Il en va de même pour l'épaisseur de la coquille ainsi que sa résistance à la rupture. Ces résultats sont cohérents avec le fait que les deux aliments soient de composition nutritionnelle similaire.

L'analyse des autres critères de qualité des œufs montre que les niveaux de couleur L*, a* et b* du jaune d'œuf sont plus importants pour les œufs issus des poules ayant consommé l'aliment 95-AB, cependant ces différences ne sont pas suffisantes pour être distinguées par l'œil humain. En effet, 2 points d'écart entre 2 mesures sont nécessaires pour que l'œil humain perçoive une différence de couleur.

2.5. Impact Economique

Les aliments 100-AB début de ponte et milieu de ponte présentent un surcoût respectif de 1,5 % et 0,4 % (Février 2018). Ainsi, d'après les résultats de notre étude et compte tenu des quantités d'aliments consommées pour le 95-AB et le 100-AB respectivement (11,82 vs 11,86 kg/poule pour le début de ponte et 7,96 vs 9,09 kg/poule pour le milieu de ponte) et de la production d'œufs (6,68 (95-AB) vs 6,71 (100-AB) kg/poule), la stratégie 100-AB affiche un surcoût de 6,4 % par kg d'œufs.

CONCLUSION

Notre aliment 100% AB, formulé de façon à répondre au mieux aux besoins des poules pondeuses, a permis de maintenir les performances zootechniques et la qualité des œufs. Par ailleurs, l'aliment 100 % AB n'a pas d'impact négatif sur le bien-être des poules. Cependant, l'aliment 100 % AB reste plus cher que l'aliment 95% AB conduisant à une augmentation du coût alimentaire. Ainsi, si la fin de la dérogation ne pose pas nécessairement de question technique, il reste néanmoins trois questions économiques majeures : la disponibilité des matières premières AB

sera-t-elle suffisante ? Comment le surcoût engendré sera-t-il répercuté ? Est-ce que le consommateur final sera prêt à payer ce coût supplémentaire ?

REMERCIEMENT

Nous remercions l'ensemble du personnel de l'unité expérimentale PEAT pour l'élevage des poules

pondeuses. Egalement, nous tenons à remercier Axéreal pour la formulation et la fabrication des aliments selon les critères fixés par les partenaires du projet. Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'UMT BIRD, grâce à au financement CASDAR du projet Sécalibio.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bignon, L., Mika, A., Chaudeau, M., Dupin, M., Mercierand, F., Bouvarel, I., 2015. Onzièmes Journées de La Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France, Les 25 et 26 Mars 2015, pp. 995–1000.
- Lessire M., Hallouis J.M., Chagneau A.M., Besnard J., Travel A., Bouvarel I., Crepon K., Duc G., Dulieu P., 2005. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 30 et 31 mars 2005
- Roberts J.R., 2004. The Journal of Poultry Science, Volume 41, Issue 3, pages 161-177.
- Tauson, R, Kjaer, JB, Maria Levrino, G and Cepero Briz, R., 2005. Proceedings of the 7th European Symposium on Poultry Welfare, Lublin, Poland, 15–19 June. Polish Academy of Sciences, 23(Suppl. 1): 153–159.
- Van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Reuvekamp, B.F.J., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Den Hartog, L.A., Verstegen, M.W.A., 2005. Worlds Poult. Sci. J. 61, 663–685.
- Youssef, I.M.I., Beineke, A., Rohn, K., Kamphues, J., 2011. Avian Dis. 55, 51–58.

Tableau 1. Composition des aliments

		Début de ponte		Milieu de ponte	
		95-AB	100-AB	95-AB	100-AB
Matières premières ¹ (%)	Origine				
Blé, Orge, Triticale	AB*	43,1	38,4	40,5	38,1
Maïs	AB*	15,0	15,0	15,0	15,0
Son	AB*	8,0	2,9	8,0	8,0
Gluten de maïs	CONV*	2,5	0,0	2,7	0,0
Protéines de pommes de terre	CONV*	1,7	0,0	1,5	0,0
Féverole	AB*	0,0	0,0	8,0	2,5
Tourteau de soja	AB*	15,3	18,3	8,5	14,5
Tourteau de tournesol	AB*	2,5	15,0	3,9	11,4
Huile de soja	AB*	1,0	1,0	1,0	1,0
Minéraux		10,0	8,5	10,0	8,6
Premix et autres additifs		0,97	0,97	0,97	0,97
Nutriments¹					
Energie métabolisable (kCal/Kg)		2750	2720	2671	2670
Protéines (%)		16,6	17,0	15,7	15,8
Matières grasses (%)		4,2	5,6	4,1	5,1
Calcium (%)		4,00	3,50	4,00	3,55
Phosphore disponible (%)		0,31	0,31	0,31	0,31
Chlore (%)		0,32	0,18	0,32	0,18
Sodium (%)		0,24	0,15	0,24	0,15
Jaune		9,17	2,82	9,66	2,82
Rouge		0,35	0,35	0,35	0,35
Composition²					
Humidité (%)		10,8	9,9	11,3	10,7
Cendres brutes (%)		11,4	11,7	11,1	11,0
Protéines (%)		17,2	17,2	15,8	15,1
Matières grasses (%)		5,2	7,3	4,5	5,8
Calcium (%)		3,15	3,26	3,07	2,95
Phosphore (%)		0,49	0,502	0,505	0,49
Granulométrie²					
Particules ≥ 2,5 mm (%)		9,32	12,46	18,30	18,37
Particules ≥ 1,18 mm (%)		54,08	54,97	58,15	62,24
Particules 0,6 ≤ 2,5 mm (%)		64,10	62,56	54,62	59,91
Particules < 0,6 mm (%)		28,68	24,93	27,20	21,84
Prix (€/t)			+ 1,5 %		+ 0,4 %

¹ Valeurs théoriques, ² Valeurs mesurées

*AB : agriculture biologique, CONV : conventionnelle

Tableau 2. Performances zootechniques des poules âgées de 21 à 41 semaines

		95-AB	100-AB	Effectif	Significativité
Mortalité	Mortalité (en nombre / 495 poules au total)	12	4	1	-
Alimentation	Consommation alimentaire journalière par poule (g)	140,17	147,19	3	NS*
	Indice de consommation = Consommation alimentaire (kg) par quantité d'œuf exportée (kg)	2,92	3,10	3	NS*
Production d'œufs	Masse d'œuf exportée par poule (kg)	6,68	6,71	3	NS*
	Proportion d'œufs retrouvés au sol (%)	37,19	22,7	3	<0,05
	Proportion d'œufs cassés, piqués, mous (%)	0,32	0,27	3	NS*
	Poids moyen d'un œuf (g)	56,22	56,78	3	NS*
	Taux de ponte (%)	85,4	84,53	3	NS*

*NS = Non Significatif

Tableau 3. Effet de l'aliment distribué sur l'état d'emplumement des animaux (exprimés en nombre), l'apparition de pododermatites et leur état de gravité (n=482)

		95-AB	100-AB	Significativité
Crête	Note 0	454	476	<0,0001
	Note 1	28	6	
Dos	Note 0	479	407	<0,0001
	Note 1	3	75	
	Note 2	0	0	
Pododermatites	Note 1	330	353	<0,05
	Note 2	151	122	
	Note 3	1	7	

Tableau 4. Effet de l'aliment distribué sur la qualité des œufs de poule (21 à 41 semaines d'âge) (n=450)

	95-AB	100-AB	
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Effet du régime alimentaire (P)
Poids Œuf (g)	56,42 ± 4,98	57,03 ± 4,95	NS**
Longueur (mm)	54,11 ± 2,16	54,38 ± 2,20	NS**
Largeur (mm)	42,68 ± 1,43	42,83 ± 1,29	NS**
Hauteur blanc (mm)	7,24 ± 1,25	6,80 ± 1,30	NS**
Poids jaune (g)	13,47 ± 1,81	13,47 ± 1,93	NS**
Luminance L*	57,17 ± 2,83	58,92 ± 2,98	<0,01
Couleur rouge a*	-0,91 ± 2,32	-2,80 ± 2,35	<0,01
Couleur jaune b*	42,76 ± 4,85	40,30 ± 6,07	<0,05
Poids coquille (g)	5,59 ± 0,59	5,69 ± 0,55	NS**
Unité Haugh *	85,39 ± 7,91	82,20 ± 9,25	NS**
Poids blanc (g)	37,36 ± 3,48	37,92 ± 3,48	NS**
Rapport poids du blanc sur poids du jaune	2,81 ± 0,35	2,86 ± 0,39	NS**
Pourcentage Coquille	9,92 ± 0,79	10,0 ± 0,73	NS**
Surface de l'œuf (cm²)	68,93 ± 4,05	69,43 ± 4,01	NS**
Epaisseur coquille (mm)	0,34 ± 0,03	0,35 ± 0,02	NS**
Résistance à la Rupture de la coquille (N)	39,22 ± 6,58	39,97 ± 6,21	NS**

*Mesure de la qualité basée sur la tenue (hauteur) du blanc de l'œuf

** NS = Non Significatif

EFFET D'UN SAUT DE REPAS DURANT LA PHASE DE GAVAGE SUR LES PERFORMANCES EN FOIE GRAS

Bernadet Marie-Dominique, Barrieu Josette

*Unité Expérimentale sur les Palmipèdes à Foie Gras, INRA-UE89, F-40280 Benquet
marie-dominique.bernadet@inra.fr*

RÉSUMÉ

L'étude s'inscrit dans un contexte de recherche d'alternatives aux contraintes imposées par le travail de gaveur pratiqué dans les conditions actuelles de production de foie gras. Traditionnellement dans les conditions de production IGP, le gavage comporte 21 repas consécutifs distribués à raison de 2 repas par jour espacés de 12h. Le gavage s'étend sur 10 à 11 jours consécutifs et se traduit par un travail d'astreinte le week-end. Ceci constitue un frein au recrutement de nouveaux gaveurs dont les exigences ont évoluées. La finalité première de cette étude est de voir s'il est possible d'améliorer l'attractivité du métier de gaveur par une réduction de la charge de travail qui menace aujourd'hui le renouvellement des générations de gaveurs et le recrutement de salariés.

Deux essais ont été réalisés afin de déterminer l'effet d'un saut de repas et de son rang durant la période de gavage sur les performances en foie gras. Différents traitements ont été comparés à un gavage témoin (T1, 21 repas). Le premier essai consistait à tronquer le gavage du 4^{ème} (T2) et du 18^{ème} repas (T3) du traitement T1. Un traitement supplémentaire (T4) consistait à sauter les 2 repas. Le second essai a consisté à tester respectivement le saut des 6^{ème} (T2b), 8^{ème} (T3b) et 10^{ème} (T4b) repas de gavage. 240 canards par essai ont été mis en gavage, soit 60 canards par traitement. Afin de déterminer l'effet direct du saut de repas sur l'évolution du poids de foie des abattages ont été réalisés 12h après le repas suivant chaque saut. En fin de gavage, les poids de foie, de magret et de gras abdominal ont été mesurés. Le saut du 4^{ème} repas induit une diminution immédiate du poids de foie de 32% mais n'a pas d'effet sur le poids de foie en fin de gavage. Une meilleure digestion du repas suivant a également été constatée. Des sauts de repas ultérieurs (rang 6 à 10) entraînent une moindre diminution immédiate du foie mais cet effet perdure jusqu'à la fin du gavage, la diminution atteignant 16 à 19 %. Enfin, sauter le 18^{ème} repas en fin de gavage pénalise le poids de foie gras (- 65 g soit 10,5%). Ces essais permettent de conclure qu'il est possible d'alléger le travail du gaveur sans pénaliser les performances en foie gras en sautant le 4^{ème} repas de gavage. Ces résultats doivent tout de même être validés sur le terrain avant d'être généralisés.

ABSTRACT

The effect of skipping a meal during the force-feeding stage on the foie gras performance

The proposed study was carried out in the context of exploring alternatives to constraint imposed by being employed as a force-feeder under the current production conditions. Thus, traditionally, two meals are provided per day that take place at 12 hour intervals. Over-feeding duration is 10 to 11 consecutive days. This constitutes a constraint for the recruitment of new force-feeders whose demands have evolved. The primary aim of this study was to find way to improve the attractiveness of working as a force-feeder and the competitiveness of the production systems by reducing the workload that currently threatens the ability to recruit new generations of force-feeders.

Two trials were carried out in order to determine the effect of skipping meal and of its occurrence during the over-feeding period on foie gras performances. Different treatments were compared to a control over-feeding group (T1, 21 meals). The first trial consisted of skipping the corresponding 4th or 18th meal of the T1 treatment. An additional treatment consisted of omitting both two meals. The second batch tested skipping the 6th, 8th, and 10th force-feeding meals. Two hundred and forty ducks per trial were force-fed, i.e. 60 ducks per treatment. In order to determine the direct effect of skipping meals, 10 ducks per treatment were slaughtered 12 h after the meal following each omission and the change in liver weight determined. At the end of the over-feeding period, the zootechnical performances were measured. Skipping of the 4th meal induced an immediate decrease in liver weight of 32%, but did not had anymore effect by the end of the over-feeding period. A better digestion of the subsequent meal was also observed. Omission of the subsequent 6, 8 or 10th meals led to a lower immediate decrease in liver weight, but this effect lasted until the end of the over-feeding period, and the difference ranged between 16 to 19%. Skipping the 18th meal reduced the weight of the liver (by 65 g or 10.5%) by the end of the force-feeding period. The present results suggest that it is possible to reduce the force-feeder work without penalizing the performance of foie gras by skipping the 4th meal of over-feeding. These results still need to be validated before they can be generalized.

INTRODUCTION

L'étude proposée s'inscrit dans un contexte de recherche d'alternatives aux contraintes imposées par le travail de gaveur pratiqué dans les conditions actuelles de production. Traditionnellement, dans les conditions de production IGP Sud-Ouest, le gavage comporte 21 repas consécutifs à raison de 2 repas par jour espacés de 12h. Le gavage implique donc la pratique des gavages matinaux et tardifs (6-7h / 18-19h) durant 10 à 11 jours consécutifs et se traduit par un travail d'astreinte le week-end. Ces astreintes constituent un frein au recrutement de nouveaux gaveurs en lien avec l'évolution des exigences sociétales (horaires de travail, congés). Cela entraîne également une augmentation des charges de travail.

La finalité première de cette étude est d'explorer les possibilités d'améliorer l'attractivité du métier de gaveur, tout en maintenant la compétitivité des systèmes de production par une réduction de la charge de travail. Sauter un ou deux repas durant le gavage sans pénaliser les performances en foie gras permettrait de diminuer en partie les contraintes du métier et engendrerait un gain économique. Cette étude vise aussi à acquérir des connaissances sur les leviers permettant de mieux piloter la digestion des canards en gavage.

Dans ce contexte, différentes approches expérimentales ont été testées précédemment. Une première expérimentation a testé un gavage innovant au rythme d'un repas par jour dans l'optique de réduire la pénibilité du travail lié à l'alimentation en réduisant le nombre d'interventions quotidiennes (Bernadet *et al.*, 2017). Les résultats ont montré qu'il est envisageable de diminuer la charge de travail durant la première phase de gavage en ne gavant les canards qu'une seule fois par jour dans la mesure où 2 repas par jour sont distribués durant la seconde semaine de gavage. Par contre, la réduction de la fréquence des repas au cours de la seconde phase pénalise fortement les performances. D'autres résultats (Arroyo, 2017) corroborent ces résultats et montrent qu'une dose constante distribuée durant les 4 premiers repas n'impacte pas les performances en foie gras en fin de gavage. Une autre expérimentation concernait la faisabilité de gaver sur les heures dites « ouvrables » (8h-16h). Pour maintenir les performances en foie gras, différents ajustements comme l'incorporation de grain de maïs permettant de diminuer la vitesse du transit digestif ou l'adaptation de la courbe de gavage ont été réalisés. Les résultats montrent qu'il est envisageable de gaver sur les horaires ouvrables. Ces résultats obtenus sur de faibles effectifs doivent cependant être validés (Bernadet *et al.*, 2017).

Le foie gras est un met de haute gastronomie qui doit conserver une qualité irréprochable. Ce projet allant à l'encontre des préconisations techniques pour l'optimisation des performances en foie gras, à

savoir la régularité des durées interprandiales (12h), il n'existe pas à notre connaissance dans la littérature scientifique, d'éléments permettant de préjuger de l'incidence d'un saut de repas sur la qualité du produit.

Au vu de ces éléments, l'objectif de cette étude est d'étudier l'effet d'un saut de repas pratiqué à différents stades du gavage sur les performances en foie gras des canards mulards.

1. MATERIELS ET METHODES

Deux essais comprenant chacun 240 canards de type génétique PKL x Mmg (ORVIA, Couvoir Ducourneau, 40) ont été réalisés à 5 semaines d'intervalle. Les 2 lots de canards ont reçu le même programme alimentaire en élevage (aliment démarrage et croissance de type commercial, rationnement quantitatif de 8 à 12 semaines d'âge). Elevés dans un bâtiment de type Louisiane, sur litière de copeaux, ils ont eu accès à un jardin d'hiver (caillebotis couverts) à partir de 28 jours d'âge. Pour l'essai 1, les canards y ont eu accès jusqu'à la mise en gavage alors que les canards du second essai ont été remis en claustration à l'âge de 5 semaines en raison du risque d'influenza aviaire présent dans la région. Les animaux ont été identifiés par pose d'une bague alaire. Ils ont été pesés individuellement à l'âge de 77 jours, soit la veille de la mise en gavage de façon à les répartir équitablement en 4 lots homogènes (même moyenne de poids, même écart-type).

Les canards ont ensuite été mis en gavage en logements collectifs à raison de 4 canards par loge pendant 10,5 jours au sein de la salle de gavage du Palmipôle (Benquet, 40 280). Ils ont été gavés avec un mélange de gavage de type commercial uniquement constitué de farine de maïs (98% de maïs, 2% d'additifs).

L'essai N°1 compte 4 modalités expérimentales, chacune comprenant 60 canards. Le traitement T1 concerne des canards témoins gavés conventionnellement (2 repas / jour) à raison de 21 repas de gavage. Les traitements 2 et 3 comprennent 20 repas, un seul repas de gavage situé soit en début de gavage (4^{ème} repas, T2) soit en fin de gavage (18^{ème} repas, T3) étant supprimé par rapport à T1. Le traitement 4 comprend 19 repas, le 4^{ème} et le 18^{ème} repas étant supprimés.

L'essai N°2 comptait lui aussi 4 modalités expérimentales : Le traitement T1b concerne comme précédemment des canards témoins gavés conventionnellement (21 repas). La même courbe que celle de l'essai 1 était envisagée. Les traitements T2b, T3b et T4b comprennent 20 repas, un seul repas de gavage étant supprimé par rapport à T1 : le 6^{ème} (T2b), le 8^{ème} (T3b) et le 10^{ème} (T4b).

Pour chaque essai, outre les sauts de repas, les courbes de gavage ont été modifiées par rapport au témoin ; les quantités d'aliment distribuées après les sauts de repas étant moindres (-10g / dose) afin de respecter l'intégralité du jabot et maintenir une augmentation des doses similaires entre deux repas jusqu'à l'obtention du plateau (Schémas 1 et 2).

Les canards d'une même modalité expérimentale ont été répartis dans la salle de gavage sur une même rangée afin de limiter les risques d'erreur lors du gavage. Afin de quantifier l'effet des différentes modalités de saut de repas sur l'évolution du poids de foie et de l'état d'engraissement de la carcasse (poids de gras abdominal, de magret avec séparation de la peau et du muscle), 10 canards par traitement choisis comme représentatifs du lot (même moyenne de poids à la mise en gavage) ont été mis à mort puis disséqués. Les abattages relatifs aux sauts des repas 4, 6, 8 et 10 ont été réalisés 12h après le repas consécutif au saut considéré. L'abattage relatif au 18^{ème} repas a eu lieu en fin de gavage soit après 3 repas consécutifs au saut (Schéma 1 et 2). Durant la durée des gavages, ont été relevés individuellement : le poids des canards en début et fin de gavage, l'ingéré alimentaire (nombre de demi-doses distribuées ou de repas sautés), la mortalité et les performances en foie gras. Afin d'appréhender la qualité technologique des foies gras, un test de fonte a été réalisé sur foie chaud sur l'ensemble des canards. Pour cela, 60g de foie ont été prélevés au niveau du gros lobe, mis en boîte puis pasteurisé à 85°C pendant 1 heure.

Les données expérimentales ont été analysées à l'aide du logiciel Statview version 5. L'analyse de la variance a été complétée d'une comparaison multiple des moyennes (test de Newman et Keuls).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les deux lots de canards, mis en place à un mois d'intervalle, ont été élevés selon le même programme alimentaire afin d'obtenir des canards de poids identiques à la mise en gavage. Néanmoins, suite à la mise en claustration des canards de l'essai 2, ces derniers présentaient *in fine* un poids vif supérieur par rapport à ceux de l'essai 1 avec 4680 g contre 4496 g. De même, alors qu'un ingéré alimentaire identique en gavage était prévu pour les canards des 2 traitements témoins (T1 et T1b), une variation de l'ingéré de 254g / canard est intervenue au moment de l'atteinte du plateau de la courbe du fait d'un réglage supérieur de la vitesse de distribution de la gaveuse entraînant une légère augmentation de la dose distribuée mesurée quotidiennement.

2.1 - Effet du saut de repas sur les performances en fin de gavage

Essai 1 :

Comparé au témoin, les sauts du 4^{ème} repas et 18^{ème} repas ont entraîné respectivement une diminution significative de l'ingéré alimentaire de 514g et 408g de MS par rapport au traitement témoin (8308g / canard)). Le traitement 4, cumulant les 2 sauts de repas, entraîne une diminution de 920g de MS (Tableau 1).

Les performances en gavage telles que le gain de poids en gavage et le poids de foies ne sont pas altérées par le saut du 4^{ème} repas. Par contre, le saut du 18^{ème} repas pénalise le poids de foie gras comparé au traitement 1 (témoin) avec 554 g contre 619g. Les performances obtenues par le traitement 4, où les 4^{ème} et 18^{ème} repas de gavage sont sautés, apparaissent similaires à celles du traitement 3. Ils permettent de confirmer que le saut du 4^{ème} repas n'a pas de répercussion sur le poids de foie en fin de gavage mais que l'effet du saut du 18^{ème} repas est fortement impactant.

Par ailleurs, les poids de foie semblent plus homogènes lorsque le 4^{ème} repas est sauté (T2) alors que ce critère se dégrade lorsque le 18^{ème} repas est supprimé (T3) (CV = 13,2 vs 21,6). La qualité technologique des foies mesurée au travers du taux de fonte est améliorée pour les traitements 3 et 4 mais semble plus liée au poids de foies qu'au traitement ($r^2=0,64$). Enfin, le fait de sauter un ou deux repas de gavage quel que soit la période n'affecte pas le poids de magret (Tableau 1). Par contre, une légère diminution du poids de gras abdominal est constatée pour les canards du traitement T2 (Tableau 1, $P<0,05$).

Essai 2 :

Dans cet essai, les sauts de repas, que ce soit le 6^{ème}, le 8^{ème} ou le 10^{ème}, ont induit une diminution de l'ingéré alimentaire total d'environ 500g. Le gain de poids est significativement pénalisé par les sauts de repas par rapport au traitement 1. Cette pénalisation semble essentiellement due à la différence de poids de foie gras. En effet, les sauts du 6^{ème}, 8^{ème} ou 10^{ème} repas entraînent une pénalisation du poids de foie gras respective de 109g, 128g et 102g par rapport au témoin, soit -16 à -19 %. Aucune différence n'apparaît entre le rang du saut de repas. Il en résulte un rapport poids de foie gras / poids ressué inférieur de 1 à 2 points par rapport au témoin. La qualité technologique est améliorée de 10 points par rapport au traitement témoin mais n'évolue pas avec le rang du repas sauté. Tout comme dans l'essai n°1, la variation du taux de fonte semble liée au poids de foie gras. L'engraissement périphérique et le poids de magret ne sont pas influencés par le rang du repas sauté (Tableau 2).

Ces résultats obtenus sur 2 lots de canards différents nous montrent qu'il est possible de diminuer le nombre de repas durant les 2 premiers jours de gavage. En effet, le saut du 4^{ème} repas de gavage n'a eu aucune répercussion sur les performances en gavage. Ces résultats sont cohérents avec les résultats de J. Arroyo (2017) qui montrent qu'une non augmentation de la dose durant les 4 premiers repas de gavage ne pénalise pas les performances en foie gras. Le deuxième essai montre qu'à partir du sixième repas, les résultats en foie gras sont altérés de 16 % à 19% malgré la reprise d'une distribution normale jusqu'à la fin du gavage. Les sauts de repas réalisés s'accompagnent d'un ingéré moindre (-500g) qui peut entraîner la perte de foie. Un ingéré total similaire impliquerait peut-être d'autres résultats. Un saut de repas tardif, en fin de gavage, présente la même tendance, les poids de foies étant pénalisés de 10% par rapport au témoin.

2.2 - Effet immédiat du saut de repas

Le saut du 4^{ème} repas a entraîné une diminution de l'ingéré alimentaire de 340g comparé au traitement témoin. Il s'en suit une diminution du poids de foie gras de 81g (soit -32%). Il est à noter que la différence de gain de poids est relativement élevée (-330g). Cette dernière s'explique par le fait que les canards Témoin présentaient une digestion du repas précédent l'abattage moindre par rapport aux canards n'ayant pas reçu le 4^{ème} repas. En effet, ces derniers présentaient jabot + proventricule succenturié vide par rapport à leurs congénères. On peut supposer que le saut du 4^{ème} repas de gavage facilite ou entraîne une amélioration de la digestion du repas suivant, ce résultat nécessite toutefois d'être confirmé. Le saut du 6^{ème} repas entraîne une diminution de l'ingéré alimentaire de 390g qui s'accompagne d'une perte de foie de 35g (soit -15%). La perte de gain de poids s'élève à 75 g et aucune différence sur la vitesse de digestion, observée au niveau du jabot n'est visible. Le saut du 8^{ème} et du 10^{ème} repas de gavage s'accompagne d'une baisse de l'ingéré de 435g et 482 g par rapport aux animaux témoins. Il s'en suit une pénalisation du poids du foie de -45g et -57g (soit 18% pour chaque traitement). Le gain de poids vif est pénalisé

d'environ 200g. Un saut plus tardif appliqué au 18^{ème} repas et mesuré après 3 repas distribués s'accompagne d'une perte pondérale du foie plus importante avec -65g, soit une différence de -10% (Tableau 3).

CONCLUSION

Les 2 essais réalisés concernant l'effet d'un saut de repas durant le gavage sur les performances en foie gras nous montrent que sauter le 4^{ème} repas de gavage n'a pas eu de conséquence comparé à une courbe témoin. Une meilleure digestion du repas suivant a également été constatée. Cela induit une économie alimentaire de 514g de farine de gavage par canard soit une économie de 0,14 euros par canard. Il apparaît donc possible d'alléger le travail du gaveur sans pénaliser les performances en foie gras, mais avant de préconiser sa mise en place, ce résultat nécessite d'être validé sur le terrain mais aussi avec d'autres génétiques. Sauter un repas ultérieur (6, 8, 10 ou 18^{ème}) a, dans nos conditions expérimentales, induit en fin de gavage une diminution du poids de foie gras de 16 à 19%. En effet, pour ces sauts de repas, la différence en poids de foie, mesurée 12h après le repas suivant le saut, induit une baisse pondérale du foie qui, même après une reprise d'un rythme régulier de gavage n'est pas compensée. Ces résultats sont obtenus avec un gavage à la farine de maïs uniquement, l'ajout de grains de maïs pourrait ralentir la vitesse de digestion entre 2 repas et limiter ainsi la perte en foie gras (Guy et al., 2000). De même, Bernadet et al. (2017) a montré qu'une adaptation de la courbe de gavage avec 45% de la dose quotidienne distribuée le matin et 55% le soir n'altérerait pas la digestion en gavage et permettrait de réduire la période de jeûne entre 2 repas. Ces techniques pourraient réduire l'effet du (ou des) saut(s) de repas.

Remerciements : Ces travaux ont été réalisés dans le cadre collaboratif du GIS Palmipôle impliquant l'INRA, l'ITAVI, le CEPSCO et la Ferme de l'Oie et du Canard et ont bénéficié du soutien financier du CIFOG, du Conseil Régional Aquitaine et du FEDER.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bernadet M.D., Gouraud P., 2017, 12^{èmes} Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 05 et 06 avril 2017 ; p 1025-1028, P1124.
- Bernadet M.D., Gouraud P. et Laborde M., 2017, 12^{èmes} Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 05 et 06 avril 2017 ; p 955-959, P1124.
- Bouiller-Oudot M., Panel V., Andrade V., Auvergne A., Babilé R., Manse H., 1996, 2^{ème} Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, 103-106
- Dubois J.P., Auvergne A., Babilé R., Verdier M., Lavigne F., Dutour H., 1994, 1^{ère} Journée technique de la SEPALM, 21-28.
- Guy. G., Doussan I., Gouraud P., 2000, 4^{èmes} Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, 159-162
- Guy.G, Bernadet M.D., Davail S., Bénard G., Gonthier K., Jourda C., Rideau N., 2006, 7^{èmes} Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, 90-93.
- Lavigne F., Dubois J.P., Babilé R., Arroyo J., 2015, 11^{ème} Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 25 et 26 mars 2015 ; p 799-801, P1126.

Rousselot-Pailley, D., G. Guy, D. Gourichon, N. Sellier, and J. C. Blum. 1992. INRA Prod. Anim. 5: 167–172.

Schéma 1 : Courbes de gavage de l'essai 1

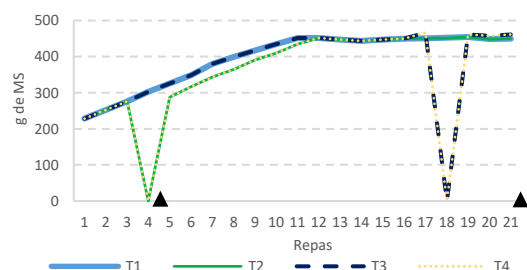


Schéma 2 : Courbes de gavage de l'essai 2

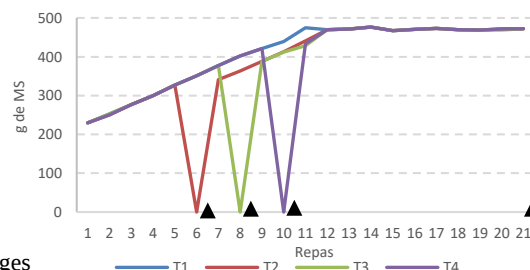


Tableau 1 : Effet du saut de repas sur les performances de gavage (Essai 1 : 4^{ème}, 18^{ème}, 4 et 18^{ème} repas)

N = 50 canards / modalité	T1 (Témoin)	T2 (-4)	T3 (-18)	T4 (-4, -18)	Pr
Poids MEG (g)	4477 ± 339	4492 ± 325	4496 ± 301	4518 ± 348	Ns
Ingéré alimentaire (g MS / canard)	8308 a	7794 c	7900 b	7388 d	***
GP gavage (g)	1498 ± 187 a	1468 ± 249 a	1377 ± 191 b	1361 ± 171 b	***
Foie (g)	619 ± 114 a	627 ± 83 a	554 ± 120 b	522 ± 103 b	***
CV foie	18,42	13,24	21,66	19,73	---
Foie / carcasse (%)	12,44 ± 2,27 a	12,52 ± 1,62 a	11,25 ± 2,30 b	10,68 ± 2,08 b	***
Fonte (%)	46,46 ± 10,80 b	46,73 ± 8,08 b	40,12 ± 13,57 a	36,21 ± 11,93 a	***
Gras abdominal (g)	150 ± 21 a	139 ± 16 b	149 ± 23 a	157 ± 27 a	*
Magret (g)	472 ± 39	476 ± 39	476 ± 38	482 ± 34	Ns

a, b, c, d : les moyennes affectées d'un exposant différent sont significativement différentes entre elles (p<0,05), Ns: non significatif ; *: p<0,05 ; **: p<0,01 ; ***: p<0,001

Tableau 2 : Effet du saut de repas sur les performances de gavage (Essai 2 : 6^{ème}, 8^{ème}, 10^{ème} repas)

N = 50 canards / modalité	T1 (Témoin)	T2 (-6)	T3 (-8)	T4 (-10)	Pr
P MEG (g)	4681 ± 406	4684 ± 370	4654 ± 355	4680 ± 391	Ns
Ingéré alimentaire (g MS)	8562 a	8041 b	8052 b	8079 b	***
GP gavage (g)	1646 ± 191 a	1497 ± 131 b	1489 ± 139 b	1521 ± 150 b	***
Foie (g)	672 ± 126 a	563 ± 112 b	544 ± 114 b	570 ± 115 b	***
CV foie	18,75	19,89	20,95	20,17	---
foie / carcasse (%)	12,56 ± 2,22 a	10,79 ± 20,07 b	10,52 ± 2,37 b	10,90 ± 2,32 b	***
Fonte (%)	47,09 ± 8,17 a	37,24 ± 11,35 b	38,81 ± 11,24 b	37,47 ± 12,64 b	***
Gras abdominal (g)	188 ± 22	176 ± 19	189 ± 26	185 ± 25	Ns
Magret (g)	498 ± 24	507 ± 23	496 ± 29	511 ± 40	Ns

a, b : les moyennes affectées d'un exposant différent sont significativement différentes entre elles (p<0,05), Ns : non significatif ; *** : p<0,001

Tableau 3 : Effet du saut de repas sur l'évolution immédiate du poids de foie.

N = 10 canards / modalité	Ingéré alimentaire (g MS)	Gain de poids (g)	Foie (g)	CV foie
Témoin	1384	445 ± 140 a	249 ± 27 a	10,77
T (- 4^{ème} repas, essai 1)	1044	115 ± 53 b	168 ± 13 b	7,87
Témoin	2114	282 ± 99 a	213 ± 16 a	7,51
T (- 6^{ème} repas, essai 2)	1724	207 ± 79 b	178 ± 19 b	10,67
Témoin	2937	596 ± 76 a	250 ± 22 a	8,80
T (- 8^{ème} repas, essai 2)	2502	392 ± 74 b	205 ± 16 b	7,80
Témoin	3850	757 ± 29 a	320 ± 32 a	10,00
T (-10^{ème} repas, essai 2)	3368	556 ± 114 b	263 ± 68 b	25,86
Témoin	8308	1498 ± 187 a	619 ± 114 a	18,42
T (-18^{ème} repas, essai 1)	7900	1377 ± 171 b	554 ± 120 b	21,66

a, b : les moyennes affectées d'un exposant différent sont significativement différentes entre elles (p<0,05)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA BIOCHIMIE SANGUINE DU CANARD MULARD EN PHASE D'ELEVAGE

Babin Charley¹, Sraka Benoît²

¹FILI@VET - 7 Rue des artisans - 79300 BRESSUIRE,

²LABOVET CONSEIL – 46 Boulevard Clémenceau - 85300 CHALLANS
c.babin@reseaucristal.fr

RÉSUMÉ

L'analyse des paramètres biochimiques sanguins d'un animal permet d'obtenir, par une prise de sang, des informations précises et précoces sur le fonctionnement d'organes ciblés. Elle rend alors possible l'exploration des grandes fonctions vitales des animaux, tout au long de leur vie, en traduisant leur différence d'activité et leur éventuel dysfonctionnement.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'évolution de la fonction hépatique et du métabolisme lipidique chez 60 canards prêts-à-gaver en période d'élevage. Pour cela nous avons réalisé des prises de sang à 3, 5, 8, 10 et 11,5 semaines afin d'effectuer le suivi individuel de quatre paramètres sanguins : triglycérides, phospholipides totaux, cholestérol total et ASAT. Les données obtenues ont été mises en relation avec le poids des canards et leurs résultats d'abattage, après gavage (poids de foie, poids de carcasse et poids de magrets).

Ces données nous ont permis de définir des valeurs usuelles, absentes de la littérature, pour ces quatre paramètres chez les canards mulards (à comparer par la suite à des valeurs obtenues sur des lots pathologiques). Concernant l'évolution des paramètres, la faible activité des ASAT tout au long de la phase d'élevage traduit le maintien de l'intégrité hépatique, qui n'est pas affectée par le rationnement. Les triglycérides se sont révélés être de bons marqueurs de la mise à jeun. La valeur des lipides de transport sanguins (Cholestérol total et Phospholipides totaux) est assez stable au long de la phase d'élevage.

En mettant en relation les données collectées avec les résultats de gavage, nous avons pu vérifier qu'il n'y avait aucune relation entre le poids des animaux et leur capacité à produire des foies lourds. Par contre, nous avons pu trouver une corrélation entre les poids de foie obtenus et le métabolisme lipidique dès l'âge de 3 semaines. En effet, certains canards semblent présenter des capacités limitées pour transporter les triglycérides jusqu'aux tissus adipeux, engendrant un stockage plus important au niveau du foie lors du gavage.

ABSTRACT

Contribution to the study of the mule duck blood biochemistry in breeding period.

The analysis of the blood biochemical parameters of animals is used to obtain early and accurate informations about the functioning of targeted organs. It makes possible the exploration of the main vital functions of animals, throughout their life, by translating their difference of activity and possible dysfunction.

In this study, we focused on the hepatic function and the lipid metabolism of 60 mule ducks in breeding period. In this way, we sampled and analysed their blood at 3, 5, 8, 10 and 11,5 weeks to obtain an individual monitoring of four biochemical parameters : Triglycerids, Total Phospholipids, Total Cholesterol and AST. The obtained data is related to the ducks weight and their slaughter performance after force-feeding (liver weight, carcass weight and duck breast weight).

We used this data to define the usual values of these four parameters, which were not published, in order to compare it later with the values obtained in sick flocks. Concerning the evolution of the parameters, the low activity of AST during the breeding period reflects the preservation of hepatic integrity, which is not affected by the rationing. The triglycerids have proved to be good markers of starvation. The value of blood transporting lipids (Total Cholesterol and Total Phospholipids) is stable during the breeding period.

By relating the collected data to the slaughter performance, we were able to verify that there is no correlation between the duck weight and their capacity to produce heavy livers. However we found a correlation between the liver weight obtained after force-feeding and the lipid metabolism from the age of 3 weeks. Indeed, some ducks seem to have limited capacities to bring the triglycerids to the peripheral adipose tissue, causing an increased liver fat storage during force-feeding.

INTRODUCTION

La filière canard gras fait intervenir, la plupart du temps, deux éleveurs différents pour un même résultat d'abattage : un pré-gaveur qui élève les canards de leur naissance à une douzaine de semaines et un gaveur qui les gave pendant une dizaine de jours. Si le bon fonctionnement de ces deux étapes est important pour les résultats des lots, seule l'étape du gavage est grandement documentée, du fait de sa faible durée et des facilités du suivi de son avancement. Pour ce qui est de la phase d'élevage, il n'existe actuellement aucune méthode objective pour traduire l'avancement de la préparation au gavage, phénomène à la fois physique (jabotage) et métabolique (augmentation des capacités digestives, de synthèse lipidique, de stockage ...etc). En effet, le suivi du jabotage, des poids et les examens nécropsiques effectués sur le terrain manquent de sensibilité et ne sont pas corrélés aux résultats d'abattage obtenus (résultats non publiés). D'autres examens plus sensibles mais peu développés, comme l'utilisation de la biochimie sanguine, pourraient apporter des éléments de réponse.

Chez les palmipèdes, la synthèse des acides gras se réalise majoritairement dans le foie, dans lequel ils peuvent être stockés (adaptation à la migration) ou exportés vers les tissus périphériques, majoritairement via les *Very Low Density Lipoproteins* (VLDL), phénomène néfaste au gavage⁽¹⁾. Leur capacité à produire du foie gras lors d'apports énergétiques conséquents est donc due au fonctionnement de leur foie et à leur métabolisme lipidique, c'est pourquoi nous nous sommes intéressés à l'évolution de ces deux grandes fonctions pendant la phase d'élevage. Pour cela, nous avons effectué un suivi individuel de quatre paramètres biochimiques (ASAT, Triglycérides, Phospholipides totaux et Cholestérol total) sur des canards, que nous avons analysés et mis en relation avec leurs performances de gavage, dans le but de rechercher des facteurs prédictifs des résultats de gavage.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Elevages et prélèvements

Afin de réaliser les prélèvements dans les conditions du terrain et de limiter les biais d'interprétation, nous avons effectué les prélèvements dans 4 élevages proches appartenant à la même organisation de production (même souche, programme alimentaire, conditions climatiques...). Dans chacun de ces élevages, 15 canards aléatoirement choisis à 3 semaines sont séparés du groupe et bagués individuellement. Cinq visites, avec pesée et prise de sang au sinus occipital, sont effectuées sur ces 60 mêmes canards à 3, 5, 8, 10 et 11,5 semaines afin d'obtenir un suivi individuel des paramètres recherchés. En élevage, les canards étant nourris à volonté jusqu'à 8 semaines puis rationnés, les prises de sang sont effectuées sur des animaux nourris lors

des deux premières visites puis sur des animaux à jeun lors des trois dernières.

1.2. Biochimie

L'analyse des paramètres biochimiques sanguins est réalisée dans les heures suivant le prélèvement, via un automate de biochimie KITVIA (PROVET). On recherche alors, sur chacune des 300 prises de sang, les valeurs de quatre paramètres : ASAT, Triglycérides, Phospholipides totaux et Cholestérol total.

- ASAT (Aspartate-AminoTransférases) : enzymes présentes dans les hépatocytes, leur activité sanguine dépend essentiellement de l'intégrité hépatique.

- Triglycérides : principaux lipides énergétiques de l'organisme, ils sont synthétisés par le foie et stockés *in situ*, ou exportés vers les réserves de graisses périphériques via les VLDL.

- Phospholipides totaux : lipides synthétisés par le foie entrant dans la formation des membranes plasmiques cellulaires et formant des molécules de transport sanguin des triglycérides (VLDL).

- Cholestérol total : dérivés lipidiques synthétisés par le foie ayant de nombreuses fonctions métaboliques dont la formation des molécules de transport sanguin des triglycérides (VLDL).

Dans les productions animales utilisant régulièrement la biochimie, les données obtenues sur un individu sont comparées à des valeurs usuelles préalablement définies sur des individus sains. Dans notre cas, il n'existait pas dans la littérature de valeurs usuelles pour les canards mulards en phase d'élevage.

1.3. Résultats d'abattage et analyse statistique

Après le suivi effectué en phase d'élevage, les canards partent classiquement en gavage et sont abattus. Les performances individuelles des canards de l'étude sont récupérées (poids de foie, poids de magrets, poids de carcasse) et mises en relation avec le suivi des poids et des paramètres biochimiques. L'étude statistique est faite via le logiciel R, en utilisant des tests ANOVA pour le suivi des paramètres biochimiques sanguins et des modèles linéaires pour évaluer les relations entre variables.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Valeurs usuelles

La répartition des valeurs de chacun des quatre paramètres de l'étude suivant une courbe de Gauss, les données obtenues permettent de définir des valeurs usuelles dans nos conditions de prélèvement. Ces valeurs correspondent aux quantiles 2,5% et 97,5% et représentent l'intervalle comprenant 95% des valeurs obtenues sur des animaux sains. Ces données sont référencées dans le Tableau 1.

2.2. Variation globale des paramètres

L'activité des ASAT est relativement stable tout au long de la phase d'élevage, à un niveau bas par rapport aux valeurs observées chez d'autres oiseaux⁽²⁾

et chez les canards gavés (Tableau 1). Ces données suggèrent le maintien de l'intégrité hépatique pendant la phase d'élevage (intérêt en bien-être animal) et une activité limitée du foie (intérêt technique : ne pas habituer le foie à un excès d'apport).

Les concentrations observées en triglycérides sont très dispersées et diminuent de presque 70% lorsque les animaux sont prélevés à jeun (8, 10 et 11,5 semaines). Ce paramètre peut être utilisé comme marqueur de la mise à jeun lors du rationnement.

Les concentrations en dérivés lipidiques de transport, cholestérol total et phospholipides totaux, sont peu dispersées et relativement stables tout au long de la phase d'élevage. Elles sont beaucoup moins affectées par la mise à jeun que les concentrations en triglycérides.

2.3. Lipides de transports et VLDL

Les VLDL sont des assemblages de protéines et de dérivés lipidiques (Cholestérol et Phospholipides) qui acheminent les triglycérides formés dans le foie aux tissus de stockage périphérique. Si la concentration sanguine en VLDL ainsi que leur teneur en phospholipides et en cholestérol est relativement stable, le chargement de ces lipoprotéines en triglycérides dépend des besoins de l'organisme. Ce fonctionnement explique la stabilité des concentrations en dérivés lipidiques de transport observée lors du jeun et l'importante baisse de concentration en triglycérides lorsque la synthèse des dérivés énergétiques est faible.

De plus, on observe une forte corrélation entre la concentration sanguine en phospholipides totaux (Ph) et celle en cholestérol total (C), quelle que soit l'âge des animaux (Figure 1, $p < 0,001$, $R^2 = 0,5$). Le rapport entre ces dérivés lipidiques, noté Ph/C, est très stable lorsque les animaux sont nourris à volonté. Il diminue fortement lorsque les canards sont mis à jeun mais, au fur et à mesure du rationnement, retourne à son niveau d'origine à 11,5 semaines. Ces résultats laissent supposer que la composition des VLDL varie lorsque les animaux sont à jeun, phénomène déjà observé lors du gavage, et qu'avec le temps, l'organisme des canards semble s'adapter au rationnement.

2.4. Métabolisme lipidique à 3 semaines

En comparant les valeurs des paramètres biochimiques avec les résultats en poids de foie des canards, nous avons pu trouver un lien entre leur capacité à produire des foies volumineux et leur métabolisme lipidique. En effet, dès l'âge de 3 semaines, les bons résultats de gavage sont positivement corrélés aux concentrations sanguines en triglycérides et négativement corrélés à celles en lipides de transport (Figure 2). Ces corrélations pourraient être interprétées comme une meilleure capacité de certains canards à synthétiser des lipides énergétiques (Triglycérides) et une plus faible capacité à les exporter au niveau périphérique par manque de VLDL, favorisant ainsi un important

stockage hépatique des triglycérides. On observe cependant une grande dispersion autour des courbes de tendance.

Le chargement des VLDL en triglycérides (T) étant variable en fonction du métabolisme des canards⁽³⁾, nous avons cherché à représenter ce phénomène en regardant le rapport sanguin entre les lipides énergétiques et ceux de transport. La variable créée est notée $T/(Ph+C)$. Cette variable est celle qui est la plus fortement corrélée au poids de foie final à 3 semaines (Figure 3), sa dispersion est plus faible que les précédentes et il n'existe pas d'effet d'élevage (variable individuelle).

2.5. Métabolisme lipidique après 3 semaines

Si la relation entre la variable $T/(Ph+C)$ et le poids des foies après gavage est assez forte à 3 semaines, celle-ci semble s'estomper au long de la phase d'élevage, devenant non significative à la fin du rationnement.

Cette variable n'étant pas affectée par l'élevage d'origine des canards, nous avons effectué un regroupement des animaux non plus par élevage mais par groupe de performances : T1 le tiers des animaux ayant obtenus les foies les plus lourds, T2 le tiers moyen et T3 le tiers avec les plus mauvaises performances. On remarque sur la Figure 4 que quel que soit l'âge des canards, la moyenne des $T/(Ph+C)$ est toujours plus élevée chez les groupes ayant obtenus les meilleurs performances en poids de foie. L'écart entre les groupes semble se réduire au fil du temps, comme si l'avancement de l'élevage gommait les différences individuelles entre les canards.

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'utiliser un outil encore peu développé en production avicole, la biochimie sanguine, et d'établir des valeurs usuelles pour les quatre paramètres étudiés : ASAT, Triglycérides, Phospholipides totaux et Cholestérol total. Parmi eux, deux ont présenté des intérêts particuliers : les ASAT traduisent un maintien de l'intégrité hépatique (bien-être animal) ainsi qu'une faible activité du foie (intérêt technique) et les triglycérides sont de bons marqueurs de la mise à jeun.

L'évolution du rapport entre les phospholipides totaux et de cholestérol total suggère une évolution des lipoprotéines de transport (VLDL) lors du jeun des animaux ainsi qu'une adaptation du canard au rationnement.

En comparant les données obtenues avec les résultats après abattage, nous avons pu trouver des corrélations entre le métabolisme lipidique des animaux, dès l'âge de 3 semaines, et leur aptitude à produire des foies lourds. Ceci suggère que dès 3 semaines, il existe déjà des différences entre les canards, certains étant prédisposés à donner de bons résultats après gavage. L'origine de cette différence reste hypothétique, elle pourrait être due à des différences génétiques ou à un meilleur démarrage de certains canards.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 : BAEZA E., MARIE-ETANCELIN C., DAVAIL S., DIOT C. : La stéatose hépatique chez les palmipèdes. *INRA Prod. Anim.* 2013, 26, p403-414.
- 2 : HOCHLEITHNER M. : Biochemistries, *Harrison G, Lightfoot T, Editors. Clinical Avian Medicine.* 2013, chapter 11, p224-245.
- 3 : LECLERQ B., BLUM J.-C., SALICHON M.-R. : Etude de la suralimentation forcée : effets sur le métabolisme hépatique et les formes de transport hépatiques chez les canard. *Annales de biologie animale, biochimie, bio-physique.* 1975, 15 (3), p559-568.

	ASAT (U/L)	Triglycérides (g/L)	Phospholipides totaux (g/L)	Cholestérol total (g/L)
3 à 5 semaines NOURRIS	53 (+/- 28) [21 ; 103]	1,96 (+/- 0,71) [0,81 ; 3,40]	2,65 (+/- 0,29) [2,12 ; 3,30]	2,05 (+/- 0,27) [1,60 ; 2,67]
8 semaines A JEUN	49 (+/- 17) [30 ; 98]	0,62 (+/- 0,19) [0,36 ; 1,01]	2,32 (+/- 0,19) [1,96 ; 2,76]	2,17 (+/- 0,20) [1,81 ; 2,59]
10 semaines A JEUN	43 (+/- 13) [25 ; 65]	0,38 (+/- 0,08) [0,24 ; 0,50]	2,20 (+/- 0,21) [1,94 ; 2,63]	1,92 (+/- 0,20) [1,54 ; 2,33]
11,5 semaines A JEUN	49 (+/- 22) [17 ; 90]	0,66 (+/- 0,11) [0,44 ; 0,86]	2,23 (+/- 0,18) [1,86 ; 2,52]	1,78 (+/- 0,26) [1,32 ; 2,20]

Tableau 1. Moyenne, écart-type et valeurs usuelles obtenues sur des canards mulards en phase d'élevage

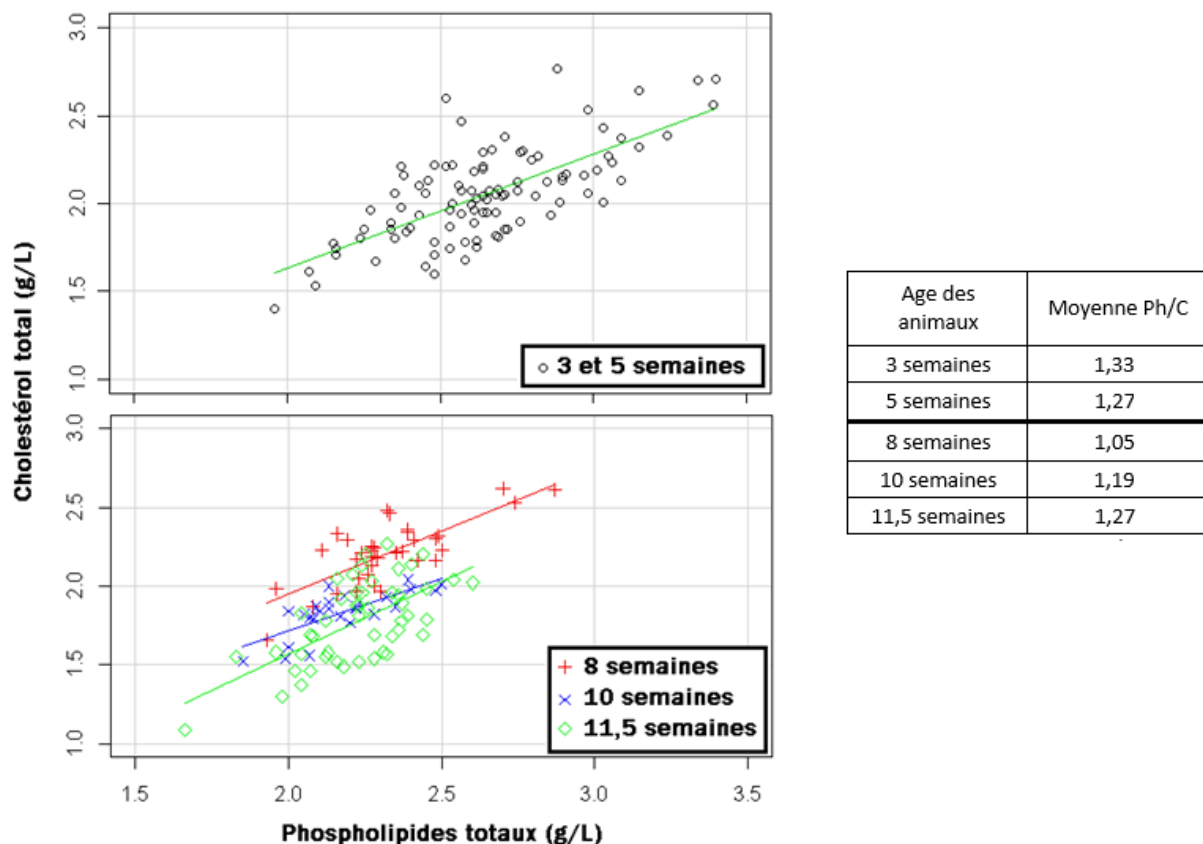


Figure 1. Evolution du rapport massique Phospholipides totaux / Cholestérol total avant et après rationnement

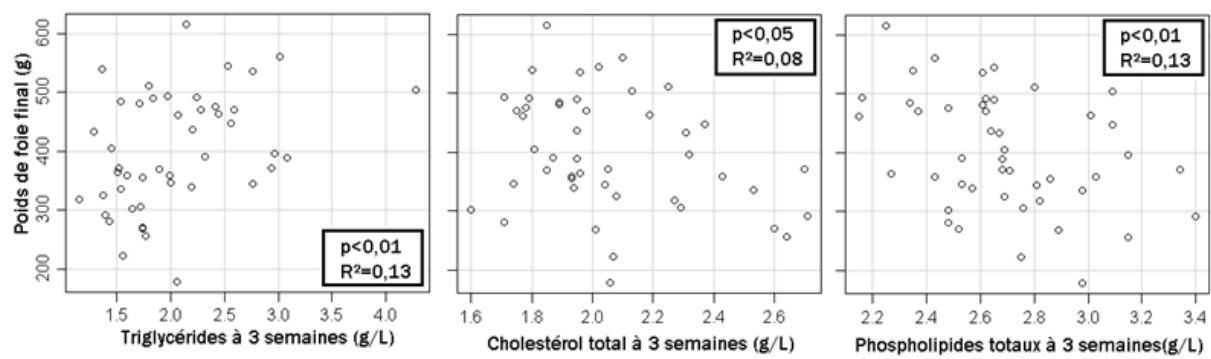


Figure 2. Relation entre les poids de foies obtenus après gavage et le métabolisme lipidique à 3 semaines.

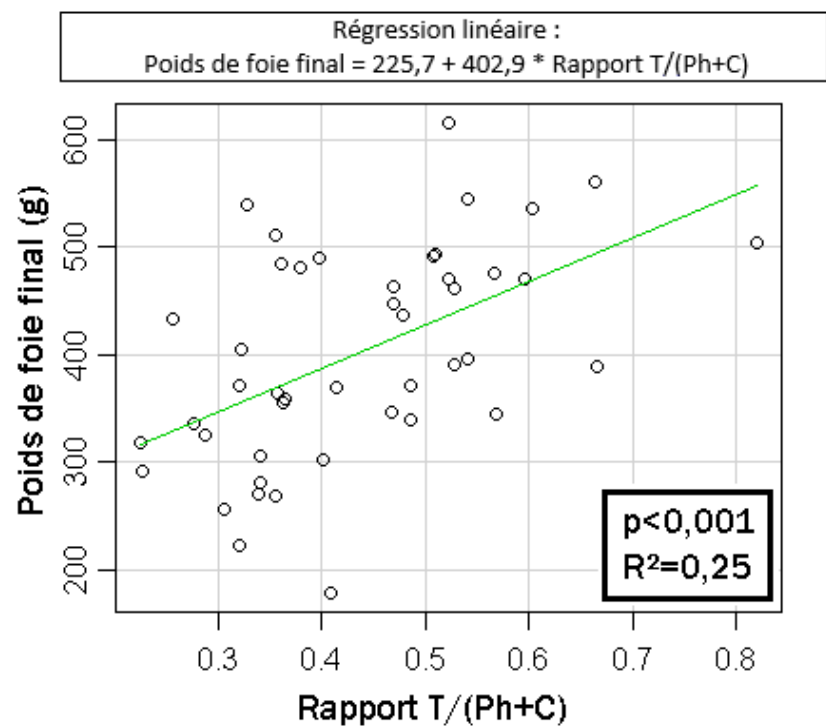


Figure 3. Relation entre les poids de foies obtenus après gavage et le rapport T/(Ph+C) à 3 semaines

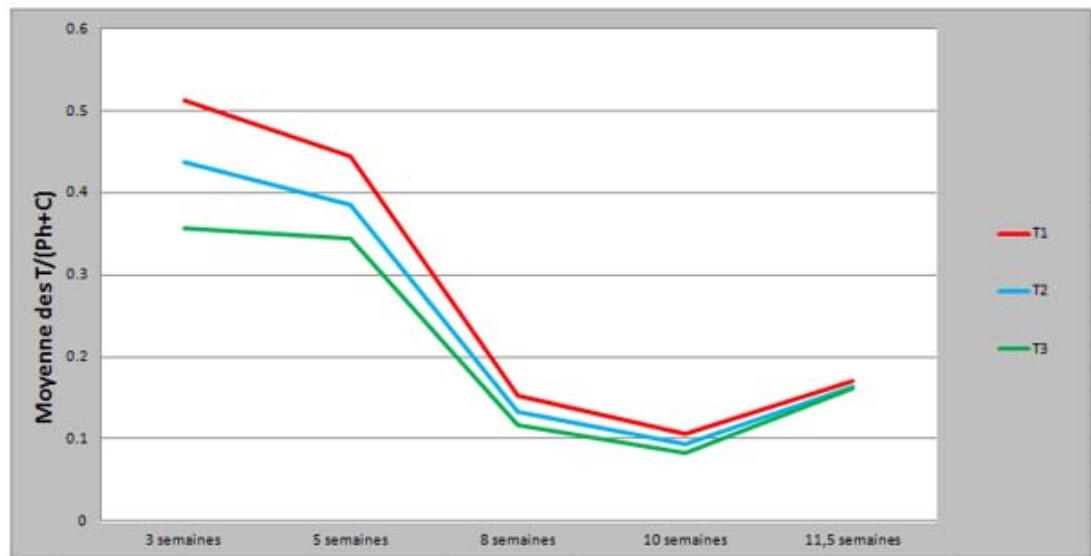


Figure 4. Evolution du rapport massique T/(Ph+C) en fonction des groupes de performances

L'IDENTIFICATION ELECTRONIQUE PAR IMPLANT SOUS-CUTANE CHEZ LES PALMIPÈDES : BILAN ET PERSPECTIVES DE PHENOTYPAGE EMBARQUE

Cobo Emilie¹, Gouraud Pascal², Lagüe Michel², Bernadet Marie-Dominique², Martin Xavier², Gilbert Hélène¹, Knudsen Christelle¹, Fernandez Xavier¹, Bompas Jean-François¹, Ricard Edmond¹

¹*GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INP, ENVT - Chemin de Borde Rouge BP 52 627
- 31 326 CASTANET-TOLOSAN Cedex,*

²*INRA UE PFG - 1076, route de Haut-Mauco - 40 280 BENQUET
emilie.cobo@inra.fr*

RÉSUMÉ

Le premier objectif de l'étude était d'établir une procédure unique d'identification électronique en sous-cutané chez les palmipèdes. Des implants ont été posés au niveau de la partie haute du cou chez 81 canards et du sillon frontal chez 68 oies. Chez le canard, dix implants ont été perdus au cours de l'essai et aucun chez l'oie. Sur les 145 implants retrouvés après dissection des animaux, 100 % ont été lus et étaient encore fonctionnels. Aucune migration des implants n'a été observée chez les oies et chez les canards Pékin, alors que chez les canards de Barbarie, 29,3 % des implants ont migré sur la partie basse du cou ($P < 0,001$). Le deuxième objectif était de collecter automatiquement des mesures de température corporelle grâce à l'identification électronique. Ainsi, des implants commerciaux mesurant la température ont été comparés à d'autres méthodes de mesure. Comparée à la température cloacale (référence), la température infrarouge mesurée à l'oreille est inférieure en moyenne de 2,3 °C, et la température infrarouge au niveau du flanc est plus proche de la température cloacale (- 0,1 °C), bien que plus variable. Les températures mesurées par gélule sont proches de la température cloacale de référence (en moyenne - 0,6 °C). La gélule s'est révélée trop fragile puisque sur les 15 gélules posées, une seule a poursuivi ses enregistrements jusqu'à la fin de l'essai. Les températures mesurées par implant sont inférieures à la température corporelle de référence (- 1,4 °C en moyenne) car du fait de son emplacement sous les tissus périphériques, l'implant mesure une température de surface. La pose d'un implant de grande taille en sous-cutané au niveau du cou permet à la fois d'établir une procédure unique d'identification chez les palmipèdes (testée chez l'oie) et à la fois la mesure automatisée et répétée de la température des animaux.

ABSTRACT

Electronic identification by subcutaneous implant in waterfowl: assessment and perspectives for on-board phenotyping

The first objective of the study was to establish a unique subcutaneous electronic identification procedure for palmipeds. Implants were positioned at the top of the neck in 81 ducks and in the frontal furrow in 68 geese. In ducks, ten implants were lost during the test and none in geese. Of the 145 implants found after dissection, 100% were read and still functional. No implant migration was observed in geese and Peking ducks whereas 29.3% of implants migrated to the lower part of the neck in Muscovy ducks ($P < 0.001$). The second objective was to automatically collect body temperature measurements thanks to electronic identification. Commercial implants measuring temperature were compared to other existing methods. Compared to the cloacal temperature (reference), the infrared temperature measured at the ear was on average 2.3°C lower and the infrared temperature at the flank was closer to the cloacal temperature (- 0.1°C) although more variable. The temperatures measured with the capsule were close to the reference cloacal temperature (on average, - 0.6°C). The capsule proved too fragile as only one of the 15 capsules positioned continued to record until the end of the test. The temperatures measured with the implant were lower than the reference body temperature (- 1.4°C on average) because the implant measures a surface temperature, due to its location under the peripheral tissues. The placement of a large subcutaneous implant in the neck area would allow both a unique identification procedure in waterfowl (tested on geese) and both automated and repeated measurement of temperature in animals.

INTRODUCTION

Utilisée en routine chez certaines espèces d'élevage, l'identification électronique est une étape préliminaire indispensable à la collecte automatique de phénotypes individuels à haut débit. Dans ce contexte d'élevage de précision, l'INRA a mis au point un système d'identification électronique externe chez le canard (Basso et al., 2008). Bien que ce dispositif soit fiable, conciliable avec le bien-être animal et avec peu de perte et de dysfonctionnement, il peut difficilement être appliqué aux oies à cause de leur comportement de picage. Ainsi, le premier objectif de l'étude était de définir une procédure unique d'identification électronique par implant sous-cutané commune aux deux espèces de palmipèdes (canard et oie) pour le développement d'outils de phénotypage à haut débit. Grâce à cette procédure établie, le deuxième objectif de l'étude visait à mesurer individuellement et automatiquement la température sous-cutanée d'oies. Pour valider cette mesure, elle a été comparée à la température cloacale de référence et à deux autres équipements commerciaux : le thermomètre par infrarouge et la gélule ingérée.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et matériel de mesure

En 2017, deux lots d'animaux, l'un de 40 canards mâles Pékin (Grimaud M15) et l'autre de 41 canards mâles de Barbarie (Grimaud R71M), ont été conduits simultanément. Soixante-huit oies mâles Maxipalm ont été élevées ultérieurement cette même année dans un autre bâtiment. Au total, 149 palmipèdes ont été élevés au DAC (Distributeur Automatique de Concentrés ; Cobo et al., 2017) sur l'UEPFG (Unité Expérimentale des Palmipèdes à Foie Gras). Trois tailles d'implants (Allflex) ont été testées, pour que cette procédure d'identification, qui doit être précoce dans la vie de l'animal, tienne compte de la différence de gabarit entre les deux palmipèdes. Ainsi, les canetons, de plus petits formats, ont été équipés avec les trois tailles d'implant alors que les oisons pouvaient être identifiés par des implants de grande taille. La distribution des implants en fonction de leur taille et de l'espèce est présentée dans le tableau 1. L'identification étant réalisée dès le plus jeune âge, les implants ont été posés à 10, 15 et 18 jours d'âge chez les oies, les canards Pékin et les canards de Barbarie, respectivement. Ils ont été placés à l'aide d'un trocart, au niveau du sillon frontal des oisons et de la partie haute du cou des canetons (face dorsale), le gabarit des canards ne permettant pas une pose sur la tête.

Suite aux résultats fructueux de l'insertion des implants, l'acquisition de cinétiques de la température individuelle automatisée, associée aux implants, a été testée. En 2018, 15 oisons de type Maxipalm ont été

élevés à cet effet. Quatre outils de mesure de la température ont été comparés :

- Thermomètre à prise cloacale (Spengler, Tempo Max) ayant une précision de $\pm 0,1$ °C et une étendue de température de 32,2 à 42,9 °C (mesure de référence) ;
- Thermomètre infrarouge (New Test Evoluscan) ayant une précision de $\pm 0,2$ °C entre 36 et 39 °C, résolution à 0,1 °C et étendue de 34 à 42,2 °C (deux sites de mesure : l'oreille et une petite partie de flanc déplumée) ;
- Implant (Allflex) de grande taille ayant une précision de $\pm 0,1$ °C ;
- Gélule (Anipill V2, Ø 8,9 mm - L 17,7 mm - poids 1,7 g) ayant une précision de $\pm 0,2$ °C ou $\pm 0,1$ °C dans l'intervalle 25 - 45 °C avec une fréquence de mesure réglée à 5 min.

1.2. Conduite d'élevage et logement

Dans le cadre de l'essai visant à tester la tenue et la solidité d'implants de différentes tailles, les canards ont été conduits selon le protocole d'élevage dédié au DAC (Cobo et al., 2017). Les animaux ont ensuite été soumis à une restriction alimentaire à partir de la 9^{ème} semaine d'élevage avec un aliment à base de luzerne (Page Finition INRA Luzerne) jusqu'à leur abattage à 106 jours d'âge pour les canards Pékin et 109 jours d'âge pour les canards de Barbarie. Les oies ont été élevées selon le protocole d'élevage favorisant l'hyperphagie (Bonnefont et al., 2015) jusqu'à leur abattage à 220 jours d'âge. Les canards Pékin et de Barbarie ont porté les implants 91 jours, contre 210 jours pour les oies. Au cours de l'essai, les pertes d'implants, détectées par l'absence de visites enregistrées au DAC, ont été relevées et de nouveaux implants de grande taille ont été posés, quelle que soit la taille de l'implant initial. A l'abattoir, la présence de l'implant sur chaque individu a été contrôlée à l'aide d'un lecteur électronique avant et après passage dans la plumeuse.

Dans le cadre de l'essai ayant pour objectif de comparer plusieurs outils de mesure de la température, les 15 oies ont été élevées au DAC jusqu'à 71 jours d'âge selon un protocole d'élevage similaire à celui dédié aux canards élevés au DAC (Cobo et al., 2017). A partir de 43 jours d'âge, le gritt est proposé *ad libitum* dans l'objectif de simuler l'ingestion naturelle de petits cailloux, ces derniers étant nécessaires au bon fonctionnement du gésier. Dès 50 jours d'âge, les animaux sont soumis à une restriction alimentaire quantitative pour les inciter à consommer du gritt, puis l'alimentation a été relâchée à volonté. L'essai précédent ayant montré une migration limitée des implants posés au niveau du cou, les implants mesurant la température ont été placés sur le cou des oies. La pose à cet emplacement est moins délicate qu'au niveau du sillon frontal. A 24 jours d'âge, chaque animal a donc été équipé d'un implant de grande taille posé en sous-cutané au niveau de la face dorsale du cou, et d'une gélule introduite

dans le gésier. A 71 jours d'âge, tous les animaux ont été abattus et disséqués en fin de chaîne d'abattage sur le site de l'UEPFG, de façon à évaluer la tenue et la solidité de l'implant et de la gélule.

1.3. Caractères enregistrés

Lors de l'essai de mise en place de l'identification électronique en sous-cutané (canard et oie), la perte d'implants au cours de l'essai, la lecture de l'implant avant et après passage dans la plumeuse et la position de l'implant en fin de chaîne d'abattage ont été relevées.

Au cours de l'essai relatif à la prise de température, les températures cloacales et infrarouge, nécessitant de manipuler les animaux, ont été collectées quotidiennement en début d'après-midi de 29 à 46 jours d'âge (hors week-end), soit sur 14 jours de mesure pour la température cloacale et seulement 13 jours avec le thermomètre infrarouge à cause d'un dysfonctionnement de ce dernier lors d'une journée de mesure. En parallèle, les mesures de température par l'implant et la gélule ont été relevées pendant 47 jours, de 24 à 71 jours d'âge. La température enregistrée par l'implant est récupérée par le logiciel du DAC à chaque visite de l'animal. Le panneau de lecture du DAC relève la mesure de température en même temps que le numéro d'identification de l'animal, ces deux informations étant enregistrées par le logiciel du DAC. La température mesurée par la gélule, quant à elle, est récupérée par un moniteur placé au-dessus des abreuvoirs pour limiter les interférences avec le métal. Ces deux systèmes permettent un relevé continu de la température, les animaux ayant accès librement à l'eau et à la nourriture. Pendant la phase de rationnement, les individus peuvent entrer dans le DAC toute la journée sans avoir accès à la mangeoire.

1.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées sous SAS (Statistical Analysis System, 2008). Les facteurs affectant les enregistrements des implants (type génétique, taille, lecture et position de l'implant) ont été testés un par un avec des tests d'indépendance du Chi-deux. Les coefficients de corrélation ont également été calculés entre les relevés des différentes méthodes de mesure (proc Corr).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Maintien et lecture des implants

Le stade de développement de l'animal est un facteur déterminant du maintien en place de l'implant. Au cours de l'essai, seuls six implants de grande taille (soit 13,9 %) ont dû être remplacés : trois sur canards Pékin et trois autres sur canards de Barbarie. Cinq de

ces six implants ont été perdus dans les jours 11 et 19 suivant la pose de l'implant. Cette perte peut être liée à une cicatrisation plus lente chez ces individus ou à la profondeur de la pose. Le sixième implant a été perdu 74 jours après sa pose, il pourrait s'agir d'un rejet. Les implants de moyenne et petite taille qui ont équipé uniquement les canards sont restés en place. En fin d'essai, au moment de l'abattage, seuls quatre implants n'ont pas été retrouvés après plumaison, alors que tous les implants avaient été lus en début de chaîne d'abattage. Sur ces quatre implants, trois étaient de grande taille et un de petite taille, répartis équitablement entre les deux types de canard. Ces pertes pourraient s'expliquer par une migration des implants vers les lésions provoquées lors de l'acte de saignée (section des carotides). Au cours des 31 semaines d'élevage, aucune oie n'a dû être ré-identifiée et 100 % des implants de grande taille posés au niveau du sillon frontal à 10 jours d'âge ont été retrouvés en fin de chaîne d'abattage. Parmi les 145 implants retrouvés, la totalité des implants sont restés fonctionnels et non altérés.

2.2. Position de l'implant

La position de l'implant en fin de vie de l'animal par rapport à son lieu de pose a été relevée. Chez les oies, l'implant posé au niveau du sillon frontal n'a pas migré, bloqué dans le creux du sillon entre les deux crêtes osseuses frontales. Chez les canards, la place disponible au niveau du cou était plus importante pour permettre une migration de l'implant. Ce dernier, posé en haut du cou (première moitié), a migré vers le bas du cou pour 13,7 % des implants posés. Sur ces dix implants ayant migré, neuf étaient de grande taille. La taille de l'implant a ainsi un impact sur la position de l'implant sur le cou (haut ou bas) à la dissection ($P = 0,02$). Le type génétique des canards a également un effet significatif sur cette position ($P < 0,001$), les migrations d'implants ne concernant que les canards de Barbarie avec 29,3 % des implants retrouvés en bas du cou. La pose au niveau du cou étant plus rapide et moins risquée pour l'animal (pas d'organes fragiles autour du point d'insertion), cette procédure, validée depuis chez l'oie, semble adaptée à l'identification des palmipèdes. Majoritairement utilisé chez les autres espèces et étant disponible en mode écriture, l'implant de grande taille permet de limiter les coûts.

2.3. Comparaison des trois équipements de mesure de la température

Les implants ont mesuré des températures tout au long de l'essai alors que les gélules se sont rapidement arrêtées de fonctionner (Figure 1). Pendant les mesures manuelles de 29 à 46 jours d'âge, les gélules ont cessé de mesurer des températures les unes après les autres, seules quatre gélules ayant émis sur toute la période des mesures manuelles. Ensuite, trois gélules ont rapidement arrêté de fonctionner, seule une gélule

a émis jusqu'à la fin de l'essai. En résumé, 14 gélules ne fonctionnaient plus 28 jours après leur pose. Les résultats obtenus avec les trois systèmes de mesure (thermomètre infrarouge, gélule et implant) ont été comparés aux températures cloacales (TC) considérées comme température de référence (Tableau 2). Pour cette comparaison, seules les températures relevées par la gélule et l'implant au moment des mesures manuelles ont été prises en compte. La température infrarouge mesurée au niveau du flanc (TIRF) est la température la plus proche de la TC (- 0,1 °C en moyenne). Par contre, la TIRF est plus variable, avec un CV égal à 2,03 %, à cause de la présence de veines et de la repousse de la plume (vs. $CV_{TC} = 0,80 \%$). Du fait de la nécessité de désimplumer une zone du flanc, cette méthode est invasive. La température infrarouge relevée à l'oreille (TIRO) est plus faible que la TC de 2,3 °C, avec une variabilité près de trois fois supérieure. L'oreille des palmipèdes n'est pas un site de mesure adapté du fait de sa surface hétérogène. Les températures relevées par l'implant (TI) et la gélule (TG) sont inférieures à la TC de 1,4 °C et 0,6 °C, respectivement. Les variabilités des données issues de ces deux technologies sont sensiblement les mêmes ($CV_{TI} = 1,02 \%$ et $CV_{TG} = 1,00 \%$) et légèrement supérieures à celle de la TC ($CV_{TC} = 0,80 \%$).

L'évolution de la température moyenne journalière des oies entre 29 et 46 jours d'âge enregistrée avec les différentes technologies est illustrée sur la figure 2A. La TIRO est en dessous de la courbe de référence de la TC. La courbe TIRF est proche de celle de la TC, avec des fluctuations journalières plus marquées. Les courbes de températures moyennes journalières de l'implant et de la gélule se détachent de la courbe de la température journalière cloacale. La courbe de la gélule est plus proche de la courbe de référence (TC) que la courbe de l'implant. Cette différence entre implant et gélule peut s'expliquer par le lieu de pose des capteurs, l'un étant posé dans le gésier (dans le corps de l'animal) et l'autre en sous-cutané, c'est à dire plus en périphérie et mesurant ainsi une température de surface. Les corrélations calculées entre les cinq méthodes (Tableau 3) montrent une

relation linéaire positive faible entre TC-TIRF ($r = 0,31$).

2.5. La température des oies au cours d'une journée

Seules les TI et TG ont été relevées tout au long de la journée du fait de leur automatisation. La courbe de température moyenne du lot d'oies toutes les heures au cours d'une journée a été tracée en figure 2B. En moyenne, la température mesurée par l'implant et la gélule est de 39,3 +/- 0,4 °C et 40,1 +/- 0,3 °C, respectivement. La température corporelle des oies est estimée à 40,6 °C (De Bidima, 2014). Dans le cadre de notre essai, l'implant mesure une température de surface du fait de son positionnement sous les tissus périphériques. Sur la figure 2B, une fluctuation de la température relevée par la gélule sur la période diurne est observable. Cette variation est probablement liée à l'activité alimentaire, la période nocturne étant moins propice à l'alimentation (Cobo et al., 2019). Contrairement aux implants, les gélules se sont rapidement arrêtées de fonctionner. A partir de 52 jours d'âge, une seule gélule a continué d'émettre des températures. Seul l'implant permet donc de réaliser une cinétique de la température des animaux, la gélule étant rapidement détruite dans le gésier au cours de la croissance des oies.

CONCLUSION

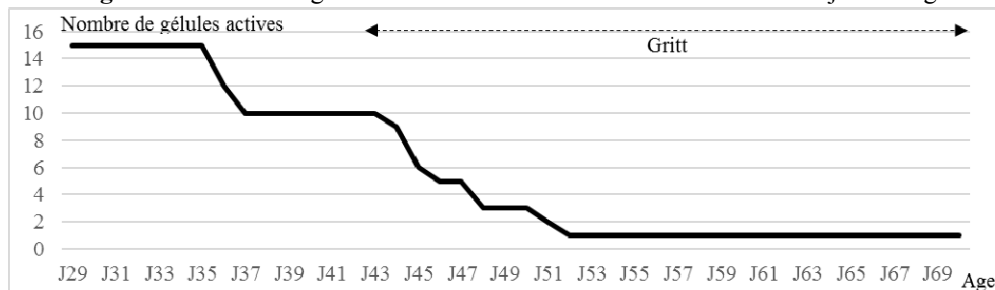
L'identification électronique sous-cutanée par implant de grande taille posé au niveau du cou pourrait être une procédure unique d'identification des canards et des oies. Parmi les différentes méthodes de mesure de la température, les mesures par infrarouge au niveau de l'oreille ne conviennent pas pour les palmipèdes. *A contrario*, au niveau du flanc, la mesure par infrarouge est satisfaisante, mais elle n'est pas automatisée. Grâce à l'implant, l'accès à la température de surface mesurable de façon répétée est possible, alors que les enregistrements de la température par la gélule s'arrêtent rapidement au cours de la vie de l'animal.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Basso B., Ricard E., Dubos F., Bernadet M.-D., Ruinault M., Sellier N., Gourichon D., Arhainx J., 2008. In : 8èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Arcachon, France. p. 189-192.
- Bonnefont C., de Leotoing d'Anjony H., Guy G., Laverze J.-B., Brachet M., Fortun-Lamothe L., Fernandez X., 2015. In : 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France. p. 1077-1081.
- Cobo E., Lagüe M., Cornuez A., Bernadet M.-D., Martin X., Ricard E., Gilbert H., 2017. In : 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France. p. 752-756.
- Cobo E., Gouraud P., Lagüe M., Andrieux C., Bernadet M.-D., Martin X., Bompa J.-F., Ricard E., Gilbert H., Knudsen C., Fernandez X., 2019. In : 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France.
- De Bidima I.M., 2014. Collection Pro Agro. 25 pages.

Tableau 1. Taille et répartition des implants en fonction de l'espèce de palmipèdes.

	Pékin	Barbarie	Oie
Implant de grande taille Ø 3 mm et L 13 mm	21	22	68
Implant de taille moyenne Ø 2,1 mm et L 12 mm	10	9	-
Implant de petite taille Ø 1,4 mm et L 8 mm	9	10	-

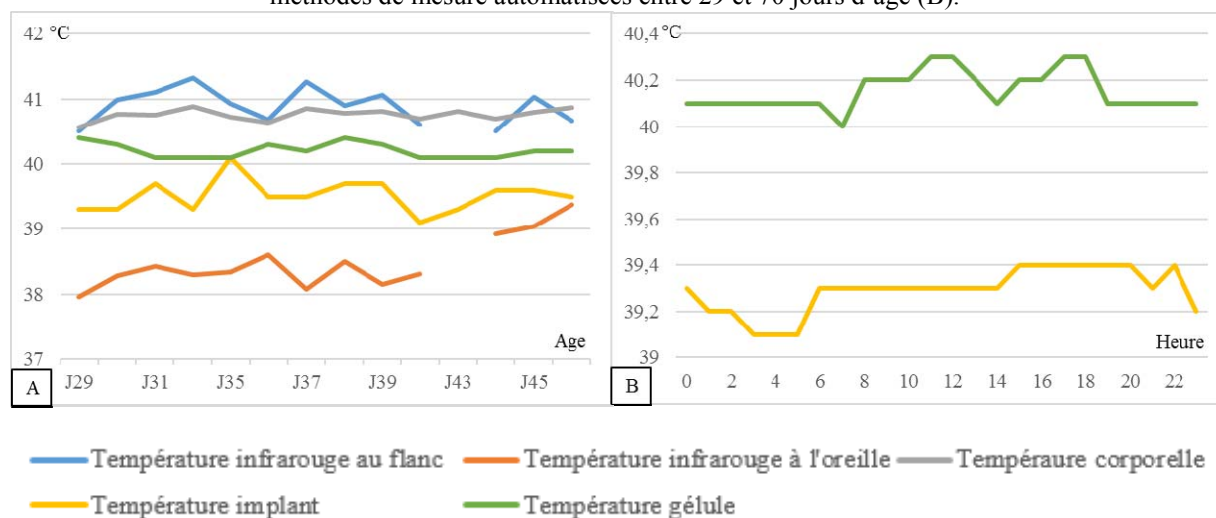
Figure 1. Nombre de gélules actives au cours de l'essai entre 29 et 70 jours d'âge.**Tableau 2.** Température mesurée par les cinq méthodes entre 13 h et 15 h de 29 à 46 jours d'âge soit 14 jours d'enregistrements sauf pour les températures infrarouge (13 jours d'enregistrements).

	Unité	Température cloacale	Température infrarouge flanc	Température infrarouge oreille	Température implant	Température gélule
Moyenne	°C	40,8	40,9	38,5	39,4	40,2
Ecart-type	°C	0,3	0,8	0,9	0,4	0,4
Minimum	°C	38,8	37,3	35,3	38,1	37,4
Maximum	°C	41,8	42,2	41,0	41,2	42,1

Tableau 3. Coefficients de corrélation calculés entre les cinq méthodes de prise de température relevée entre 13 h et 15 h sur 15 oies de 29 à 46 jours d'âge.

	Infrarouge flanc	Infrarouge oreille	Cloaque	Implant	Gélule	Nombre de mesures
Infrarouge flanc		0,02	0,31	0,11	-0,04	195
Infrarouge oreille			0,06	-0,02	-0,08	195
Cloaque				0,15	-0,04	210
Implant					-0,12	199
Gélule						153*

*Le nombre d'enregistrements de la gélule dépend du nombre de gélules actives sur la période de mesure.

Figure 2. Evolution de la température moyenne journalière des 15 oies entre 13 h et 15 h de 29 et 46 jours d'âge selon la méthode de mesure (A) et de la température moyenne par heure au cours de la journée des deux méthodes de mesure automatisées entre 29 et 70 jours d'âge (B).

QUEL TYPE DE DAC POUR MESURER L'INGESTION ET LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES OIES ?

Cobo Emilie¹, Gouraud Pascal², Lagüe Michel², Andrieux Charlotte¹, Bernadet Marie-Dominique², Martin Xavier², Bompa Jean-François¹, Ricard Edmond¹, Gilbert Hélène¹, Knudsen Christelle¹, Fernandez Xavier¹

¹GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INP, ENVT - Chemin de Borde Rouge BP 52 627
- 31 326 CASTANET-TOLOSAN Cedex,

²INRA UE PFG - 1076, route de Haut-Mauco - 40 280 BENQUET
emilie.cobo@inra.fr

RÉSUMÉ

Un nourrisseur électronique dédié aux canards, plus communément appelés distributeur automatique de concentré (DAC), a été développé ces dernières années par l'INRA pour mesurer l'ingestion individuelle d'animaux élevés en groupe. L'objectif de cette étude est d'adapter ce DAC à l'oie en comparant deux modèles de DAC, l'un équipé de portes à l'entrée du couloir d'accès et l'autre non, lors de phases d'alimentation *ad libitum* et rationnée. Le dispositif doit ainsi permettre d'isoler l'animal pour collecter des données fiables, tout en ayant une configuration simple de façon à perturber le moins possible le comportement des animaux. L'impact de ces portes a été évalué pendant deux périodes où la pression autour du dispositif est accrue, sur deux lots de 34 oies conduits sur chacun des deux DAC. La première période correspondait à un rationnement volumétrique du groupe (15 à 19 semaines d'âge), et la seconde à la phase de relâchement *ad libitum* immédiatement après (20 à 22 semaines d'âge). Avec le DAC sans porte, 73,4 % de l'aliment consommé n'était pas attribuable à un seul individu. En revanche, les portes permettent un meilleur isolement de l'animal : 81,1 % d'aliment consommé attribué à un seul individu avec le DAC avec portes. De plus, avec une densité de 34 oies par distributeur, le DAC avec portes n'est pas saturé, le temps maximal d'occupation du distributeur étant de 10,25 h par jour. Enfin, grâce au DAC, il est possible de décrire finement des différences de comportement alimentaire tout au long de l'élevage des animaux. Quotidiennement, une oie passe en moyenne près de deux fois plus de temps au DAC en période d'alimentation à volonté qu'en période de restriction alimentaire (+ 434 s, $P = 0,0008$). *Ad libitum*, les visites sont plus courtes (- 99 s, $P < 0,0001$) mais plus nombreuses qu'en restriction alimentaire (+ 5,3 visites, $P < 0,0001$).

ABSTRACT

What type of SEF to measure the ingestion and feeding behavior of geese?

An electronic feeder dedicated to ducks, more commonly known as single place electronic feeders (SEF), has been developed in recent years by INRA to record individual ingestion of animals raised in groups. The objective of this study is to adapt this SEF to the goose by comparing two models of SEF, one fitted with doors at the entrance of the corridor and the other without, during *ad libitum* and restriction feeding phases. The device must isolate enough the animal to collect reliable data, while keeping a simple configuration to preserve a normal animal behavior. The impact of these doors was assessed during two time periods when the pressure to access the device is increased, on two batches of 34 geese tested with each of the SEF. During the first period, a volumetric feed restriction of the group was applied (15 to 19 weeks of age), whereas the second period was following the first one *ad libitum* (20 to 22 weeks of age). With the SEF without door, 73.4% of the feed consumed was not attributable to a single individual. In contrast, the doors allowed a better isolation of the animal: 81.1% of the feed consumed was assigned to a single individual with the SEF with doors. In addition, with 34 geese per feeder, the SEF with doors was not saturated, showing a maximum occupancy time of 10.25 hours per day. Finally, thanks to the SEF, it is possible to accurately describe feeding behavior differences during growth. Daily, geese spent on average twice as long at the SEF during the *ad libitum* period as during a feed restriction period (+434s, $P = 0.0008$). During *ad libitum* feeding, the visits were shorter (-99s, $P < 0.0001$) but more numerous than during restriction (+5.3 visits, $P < 0.0001$).

INTRODUCTION

Dans un objectif finalisé d'adaptation de la nutrition aux besoins de l'individu, le phénotypage individuel de l'ingestion et du comportement alimentaire est un enjeu primordial pour les recherches sur les palmipèdes, comme pour l'ensemble des espèces d'élevage. Un DAC (Distributeur Automatique de Concentrés) mesurant à la fois des performances de croissance et les caractéristiques du comportement alimentaire a été développé chez le canard (Cobo et al., 2015). Aucun outil n'étant disponible chez l'oie, le dispositif « canard » est en cours d'adaptation à l'oie. Le DAC dédié aux canards dispose de portes afin d'isoler l'animal au cours des mesures et d'éviter les difficultés d'identification. L'oie étant plus craintive, le dispositif doit être testé et éventuellement adapté à leur comportement. L'UEPFG (Unité Expérimentale des Palmipèdes à Foie Gras), le CATI SICPA (Centre Automatisé de Traitement de l'Information Systèmes d'Informations et Calcul pour le Phénotypage Animal) et l'UMR GenPhySE (Unité Mixte de Recherche Génétique, Physiologie et Système d'Élevage) ont mis au point deux DAC adaptés au gabarit de l'oie et équipés d'un couloir pour isoler l'animal devant la mangeoire, l'un étant muni de portes et l'autre non. Dans cette étude, ces deux DAC, avec ou sans porte, ont été comparés pour la capacité à identifier les individus lors des visites, le temps d'occupation des DAC et les caractéristiques d'alimentation et de croissance des animaux lors de phases d'alimentation *ad libitum* et rationnée.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et conduite

Soixante-huit oisons mâles de type Maxipalm, issus d'un lot d'éclosion unique, ont été élevés en deux lots de 34 animaux dans deux cellules obscures identiques d'un même bâtiment pendant 31 semaines (densité de 0,9 oie par m²). Chaque lot conduit au sol sur caillebotis s'alimentait sur un DAC unique, l'un étant équipé de portes et l'autre non. A 1 jour d'âge, les oies ont été vaccinées contre la maladie de Derzsy (rappel à 21 jours d'âge) et identifiées par la pose d'une bague alaire. A 9 jours d'âge, elles ont été identifiées électroniquement *via* l'insertion d'un implant sous-cutané au niveau du sillon frontal. Après une phase d'adaptation à l'alimentation au DAC de 15 jours, les enregistrements ont démarré et se sont poursuivis sur une période de 29 semaines. Les deux lots d'animaux ont été conduits en parallèle dans les mêmes conditions afin de comparer les performances zootechniques. Les oies ont été élevées selon le protocole d'élevage favorisant l'hyperphagie (Bonnefont et al., 2015) impliquant un rationnement de type quantitatif au lot.

1.2. DAC et capteurs

Les deux DAC, appelés DAC avec portes et DAC sans porte, différaient uniquement par la présence ou non de portes disposées à l'entrée du couloir, pour limiter l'accès au dispositif à plusieurs individus. Ces DAC sont équipés de capteurs dont les changements d'état sont enregistrés par le logiciel informatique embarqué sur le mini-ordinateur de chaque DAC. Au cours d'une visite déclenchée par la pesée de l'animal, le logiciel recueille, toutes les demi secondes, les variables suivantes : la date, l'heure, le numéro de l'implant et les poids de l'animal et de la mangeoire. Le logiciel gère également le remplissage de la mangeoire durant lequel son accès est bloqué. Quand le poids de la mangeoire est inférieur à 800 g, la vanne pneumatique de la trémie placée au-dessus du dispositif s'ouvre pendant une durée déterminée au préalable.

1.3. Caractères calculés

Deux périodes critiques dans l'utilisation du DAC par les animaux ont été identifiées pour évaluer l'impact de la présence des portes : la période 1 (P1) faisant référence à une phase de restriction alimentaire volumétrique au niveau du groupe soit 250 g d'aliment de croissance standard (EM 2800 kcal/kg, MAT 155g/kg) par oie et par jour des semaines 15 à 19, et la période 2 (P2) immédiatement après (des semaines 20 à 22) correspondant à trois semaines d'alimentation à volonté au maïs entier jaune. La période de restriction a été sélectionnée car elle est la plus à même d'augmenter la compétition au sein du groupe, la quantité alimentaire disponible étant restreinte. L'ingestion durant la période d'alimentation à volonté au maïs est en revanche susceptible d'être perturbée par la présence de portes. Avec 34 oies par lot en début d'essai, les lots d'oies élevés au DAC avec porte et au DAC sans porte comptaient chacun 33 oies en P1 et 32 oies en P2.

A partir du jeu de données, trois types de visites peuvent être identifiées pour comparer les deux DAC : i) les visites dites simples avec une seule oie dans le DAC et dont la consommation est supérieure à 2 g (cette quantité correspondant à la précision de la balance), ii) les visites dites multiples pour lesquelles plusieurs oies sont détectées dans le dispositif, et iii) les visites sans identifiant où le poids animal enregistré indique qu'au moins une oie est présente dans le couloir d'accès alors que l'implant n'est pas lu. Seules les visites simples pour lesquelles la consommation est attribuable à un animal ont été utilisées pour les estimations du comportement alimentaire et de la croissance. Pour le DAC sans porte et sur l'ensemble des périodes P1 et P2, le pourcentage de visites simples associées à des données de consommation utilisables ne représente que 55,7 % des visites. Par conséquent, la part de chacun des types de visite des deux DAC seront présentés dans un premier temps, puis seuls les

résultats du temps d'occupation du DAC avec portes et du comportement alimentaire des oies élevées au distributeur avec portes seront exposés.

A partir des données brutes, de nouvelles variables ont été calculées pour chaque oie et à différentes échelles de temps (visite, journée, semaine et période). Pour chaque jour de test ont été calculées les moyennes des quantités d'aliment consommées par visite, des durées des visites et des intervalles entre visites (temps écoulé entre deux visites consécutives d'un même individu), et le nombre de visites. La vitesse d'ingestion a été obtenue à l'échelle de la visite et moyennée pour chaque jour de test. Les poids moyens des oies ont également été calculés pour chaque jour de contrôle. Contrairement à l'ingestion qui est sous-estimée si toutes les visites ne sont pas de type simples au cours d'une journée, une seule visite simple permet une bonne estimation du poids journalier d'un animal. Pour ces six caractères, des moyennes par semaine et par période ont été estimées pour chaque oie, ainsi que les gains moyens quotidiens (GMQ) et les indices de consommation (IC).

1.4. Analyses statistiques

La distribution selon une loi Normale des caractères a été vérifiée et les données aberrantes au-delà de plus ou moins deux écart-types de la moyenne ont été exclues des analyses. Pour comparer les comportements alimentaires des oies sur les deux périodes identifiées, un modèle linéaire mixte a été testé sur chaque caractère avec un effet fixe de la période (deux niveaux) et la répétition de l'animal sur les deux périodes en effet aléatoire (proc mixed, SAS, 2008). A l'échelle de la semaine, un modèle linéaire mixte a été appliqué, incluant l'effet fixe de la semaine (8 niveaux) et la répétition de l'animal sur les huit semaines de mesure en effet aléatoire (proc mixed, SAS, 2008).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 Impact des portes sur l'utilisation des distributeurs par les oies

Avec seulement 26,6 % de l'aliment consommé (soit 165,42 kg) lors des 55,7 % de visites simples au DAC sans porte en P1 et P2, ce dispositif offre peu de données exploitables pendant les phases de restriction alimentaire et d'alimentation à volonté au maïs. Au cours des 84,8 % visites simples au DAC avec portes, la part d'aliment consommée est estimée à 81,1 % soit 54,4 % d'aliment consommé en plus qu'au DAC sans porte au cours de visites simples. Les portes améliorent donc l'attribution des visites à un individu unique. Cependant, en raison de la part d'aliment consommée lors des visites multiples (58,28 kg) ou sans identifiant enregistré (57,99 kg), les consommations calculées sont tout de même sous

estimées de 18,9 % avec le DAC avec portes. Toutes visites confondues, la part d'aliment consommée au DAC avec et sans porte en P2 est de 9,2 et 9,4 kg par oie respectivement. La présence de portes ne semble donc pas modifier l'ingestion des animaux durant cette phase de relâchement. L'évolution au cours des huit semaines de mesure de la proportion d'aliment consommé avec le DAC avec portes en fonction du type de visites est illustrée en figure 1. Durant les semaines 15 à 19, les animaux ont tendance à entrer dans le DAC simultanément (8,5 % des visites) pour 18,0 % de l'aliment consommé sur cette période. Ce type de visite est probablement lié à une compétition augmentée autour du DAC pendant la phase de restriction alimentaire (Poujardieu et al., 1994). Ces visites s'estompent lorsque les animaux sont alimentés *ad libitum* sur les semaines 20 à 22, avec 90,5 % de l'aliment consommé en visites simples. Seulement 0,2 % des visites totales sont des visites multiples pour 0,7 % d'aliment consommé durant cette phase. Un phénomène similaire est observé pendant la phase de croissance chez les canards mulards de 3 à 7 semaines d'âge (Cobo et al., 2017b), avec 17 % d'aliment consommé en visites multiples lors de la semaine 3, et seulement 6 % en semaine 7. Le nombre de visites sans identification, et la quantité d'aliment consommée associée, sont restées stables tout au long des deux périodes, soit 13,0 % et 9,6 % respectivement. Ce type de visite s'explique par les limites du matériel de lecture de l'implant.

2.2 Temps d'occupation du DAC avec portes

En moyenne, par jour, le DAC avec portes a été occupé pendant 3,24 h en P1 et 6,82 h en P2. Le maximum de temps d'occupation s'élève à 4,32 h en P1 et à 10,25 h en P2. Ces résultats montrent que le DAC n'est pas saturé, même en période d'alimentation au maïs *ad libitum*. La figure 2 présente la consommation et l'occupation moyenne du DAC au cours d'une journée en P1 (Figure 2A) et en P2 (Figure 2B). Pendant la période de restriction alimentaire, la mangeoire du DAC est remplie tous les jours entre 6 et 7 h, ce qui coïncide avec les pics d'occupation et de consommation observés en figure 2A. La totalité de la ration est consommée en 8 h. En période d'alimentation *ad libitum* au maïs, les oies visitent le DAC de nuit comme de jour, la période nocturne étant moins propice à la consommation : 84,7 % de l'aliment consommé entre 6 et 22 h vs. 15,3 % entre 23 et 5 h. Les oies consomment majoritairement entre 6 h et 15 h avec un ingéré moyen de 248,1 g par oie en 8 h, soit 62,8 % de la ration quotidienne. Le reste du temps, elles consomment presque deux fois moins d'aliment mais en deux fois plus de temps, soit 37,2 % de la ration journalière en 15 h.

2.3 Premiers phénotypes de l'ingestion et du comportement alimentaire d'oies élevées au DAC avec portes

Le tableau 1 présente pour les oies élevées au DAC avec portes les caractéristiques de croissance, de comportement et de consommation alimentaire calculées à l'échelle de la semaine. Avec un rationnement géré à l'échelle du lot, les consommations moyennes totale, journalière et par visite estimées en P1 sont en accord avec la restriction de 250 g/oie/jour, en tenant compte de la part d'aliment consommée en visites non identifiées et multiples. Les consommations totale et journalière ne sont pas significativement différentes sur les cinq semaines de la P1 ($P > 0,52$ et $P > 0,13$ respectivement). Pour chacune d'entre elles, les consommations en période de rationnement sont significativement inférieures aux consommations en période d'alimentation à volonté au maïs. En semaine 21, les animaux ont consommé deux fois plus d'aliment que sur une semaine de restriction moyenne. En P2, les consommations totale et journalière sont maximales en semaines 20 et 21 puis diminuent significativement la dernière semaine d'alimentation au maïs (- 438 g, $P < 0,02$ et - 79,6 g/j $P < 0,0005$ respectivement). La consommation journalière est deux fois supérieure en P2 qu'en P1, et elle est caractérisée par des valeurs individuelles variant entre 308,0 g et 671,3 g de maïs consommé par jour (CV = 2,9 %). Cette augmentation semble s'essouffler en semaine 22, semaine significativement différente des semaines 20 et 21 ($P < 0,001$). Ces résultats sont en accord avec ceux précédemment obtenus chez des oies logées collectivement (Guy et al., 2013) ou individuellement (Fernandez et al., 2016), et soumises à une succession de restriction alimentaire et relâchement en alimentation au maïs entier. En période de restriction alimentaire, les consommations par visite augmentent jusqu'en semaine 17 de + 41,1 g, avant de diminuer de - 27,5 g en semaine 19. Elles sont significativement différentes des consommations par visite en P2 ($P < 0,01$). *Ad libitum*, les consommations par visite sont relativement stables ($P > 0,65$). En période de restriction alimentaire, les animaux visitent près de 3,5 fois moins le DAC avec des visites plus longues de 97 s et des consommations pratiquement deux fois plus élevées qu'en P2. La période de distribution du

maïs *ad libitum* est caractérisée par des oies fréquentant moins longtemps le DAC et consommant de plus petites quantités d'aliment au cours de visites plus nombreuses. La vitesse d'ingestion est sensiblement inférieure en P1 qu'en P2. Elle est maximale en semaine 20, suite au passage d'une alimentation restreinte au granulé à une alimentation à volonté au maïs.

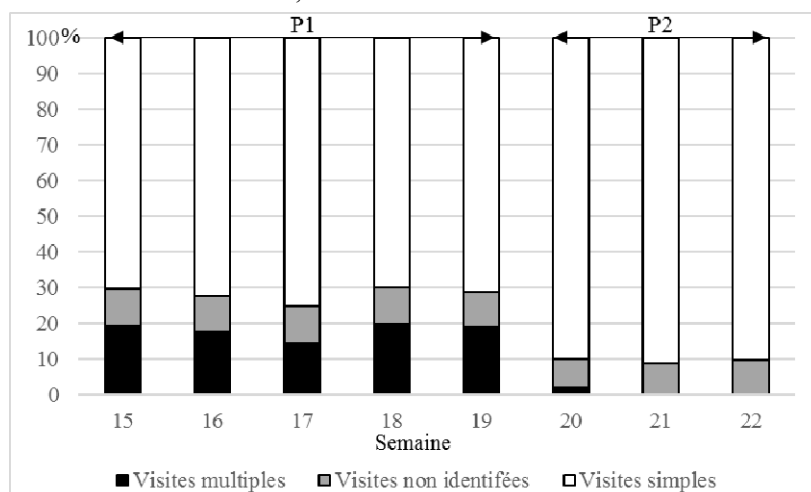
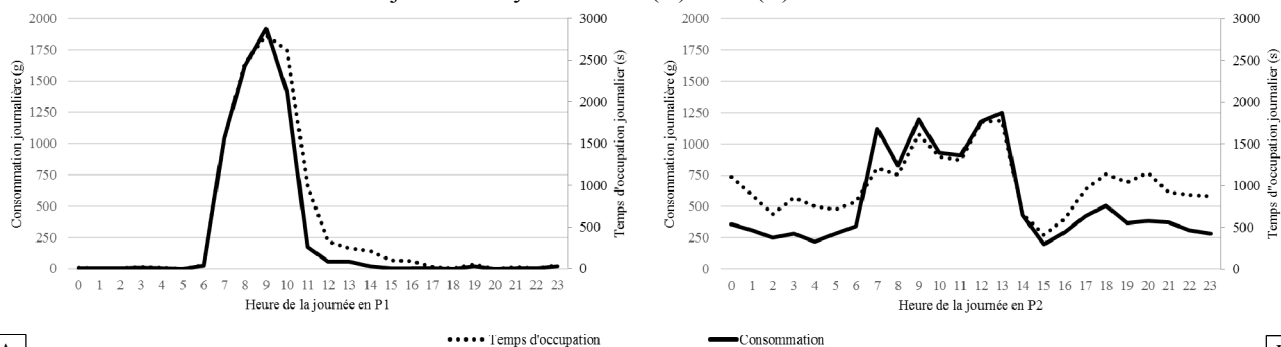
Les durées des intervalles entre visites sont significativement supérieures en P1 qu'en P2 ($P < 0,001$), l'aliment distribué le matin étant totalement consommé sur la matinée en période de restriction alimentaire. En P2, les durées des intervalles entre visites sont trois fois moins élevées qu'en P1 (- 10 h 29 min). Au fil des semaines de la P2, ces durées diminuent de façon non significative (- 1 h 9 min). Le poids vif des oies est stable tout au long de P1 ($P > 0,63$) et croît significativement à partir de la deuxième semaine de P2 ($P < 0,002$). En P1, près de la moitié des animaux perdent du poids ($n = 16$ oies) et seulement 1 oie en P2. En moyennant l'ensemble des GMQ par période, les animaux perdent 0,5 g/j en période de restriction alimentaire et prennent 53 g/j en période d'alimentation à volonté au maïs. En P2, le GMQ décroît progressivement de façon significative au fil des semaines ($P < 0,02$). Comme attendu, le comportement et la consommation alimentaires des oies en période de restriction et d'alimentation à volonté au maïs sont différents du fait de la conduite alimentaire.

CONCLUSION

Cette étude indique qu'avec plus de 30 oies élevées sur un DAC, ce dernier n'est pas saturé. Il convient de poursuivre les essais pour préciser la capacité maximale d'accueil du distributeur. La présence de portes ne semble pas avoir un impact sur l'ingestion et limite la proportion d'enregistrements non exploitables. Ainsi, grâce au DAC doté de portes, il est désormais possible de décrire individuellement et finement des différences de comportement alimentaire quel que soit la conduite alimentaire des animaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bonnefont C., de Leotoing d'Anjony H., Guy G., Laverze J.-B., Brachet M., Fortun-Lamothe L., Fernandez X., 2015. In : 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France. p. 1077-1081.
- Cobo E., Lagüe M., Cornuez A., Bernadet M.-D., Martin X., Ricard E., Gilbert H., 2017a. In : 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France. p. 752-756.
- Cobo E., Lagüe M., Cornuez A., Bernadet M., Martin X., Ricard E., Gilbert H., 2017b. In : 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France. p. 742-746.
- Fernandez X., Guy G., Laverze J.-B., Bonnefont C., Knudsen C., Fortun-Lamothe L., 2016. *Animal* (2016), 10:8, pp 1288-1295
- Guy G., Fortun-Lamothe L., Bénard G., Fernandez X., 2013. *Journal of Animal Science*, 91(1), 455-464.
- Poujardieu B., Rouvier R., Rousselot-Pailley D., Guy G., Rosinski A., Wezyk S., 1994. *Sciences*, 43(2), 197-211.

Figure 1. Evolution des proportions d'aliment consommé avec le DAC avec portes, en fonction des types de visites, entre les semaines 15 et 22.**Figure 2.** Temps d'occupation totaux du DAC avec portes et consommations totales par heure au cours d'une journée moyenne en P1 (A) et P2 (B).

A

B

Tableau1. Caractéristiques individuelles de croissance, d'ingestion et de comportement alimentaire d'oies élevées au DAC équipé de portes, entre les semaines 15 à 19 (N = 33 oies) et les semaines 20 à 22 (N = 32 oies).

P1 : Restriction alimentaire à 250 g/j/oie							P2 : Alimentation à volonté au maïs grain		
	Unité	Semaine 15	Semaine 16	Semaine 17	Semaine 18	Semaine 19	Semaine 20	Semaine 21	Semaine 22
Consommation totale	g	1357 ^a	1422 ^a	1460 ^a	1360 ^a	1353 ^a	3044 ^c	3102 ^c	2635 ^b
Consommation journalière	g/j	210,9 ^a	232,9 ^a	233,1 ^a	218,1 ^a	242,2 ^a	464,8 ^c	456,5 ^c	381,0 ^b
Consommation par visite	g	100,7 ^b	122,7 ^{bcd}	141,8 ^d	125,2 ^{cd}	114,3 ^{bc}	71,3 ^a	66,1 ^a	66,3 ^a
Durée journalière des visites	s/j	420 ^a	381 ^a	393 ^a	404 ^a	450 ^a	782 ^b	843 ^b	773 ^b
Durée des visites	s	202 ^b	204 ^b	237 ^b	238 ^b	203 ^b	107 ^a	133 ^a	120 ^a
Nombre de visites par jour		2,3 ^a	2,1 ^a	1,8 ^a	1,8 ^a	2,5 ^a	7,6 ^c	7,8 ^c	6,5 ^b
Durée des intervalles entre visites	s	43991 ^b	54911 ^{bc}	61847 ^c	59392 ^c	53072 ^{bc}	20088 ^a	14751 ^a	15931 ^a
Vitesse d'ingestion	g/min	32,1 ^a	37,4 ^{ab}	37,0 ^{ab}	34,6 ^{ab}	36,1 ^{ab}	47,7 ^c	41,7 ^{bc}	40,8 ^{bc}
Poids vif	g	6202 ^a	6181 ^a	6185 ^a	6273 ^a	6271 ^a	6422 ^a	6859 ^b	7189 ^b
Gain moyen quotidien	g/j	-	-	-	-	-	88 ^c	67 ^b	37 ^a

Moindres carrés moyens obtenus à partir d'un modèle linéaire mixte incluant les effets fixes de la semaine et la répétition de l'animal sur les huit semaines de test en effet aléatoire. Le GMQ n'est pas rapporté en P1 car la restriction alimentaire ne permet pas une croissance des animaux. Les lettres différenciant intra ligne correspondent à des différences significatives à 5 % entre moindres carrés moyens pour la variable testée.

EVOLUTION DES SYSTEMES D'ELEVAGES DE PALMIPÈDES : IMPACTS TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Pertusa Marion¹, Ponchant Paul²

¹*ITAVI - 55 Avenue de Cronstadt – 40 000 MONT DE MARSAN,*

²*ITAVI – Rue de Beaucemaine – 22 440 PLOUFRAGAN*

pertusa@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

Pour s'adapter au contexte sanitaire, les systèmes d'élevage plein-air en productions de palmipèdes à foie gras ont évolué. Les bâtiments en dur se développent et les systèmes d'alimentation et d'abreuvement sont majoritairement localisés à l'intérieur. Le temps passé par les canards dans les bâtiments augmente. Ce constat tend à modifier la part de rejets maîtrisables dont l'estimation est nécessaire pour calculer les surfaces minimales d'épandage. Par ailleurs, les éleveurs sont dans l'obligation d'être en capacité de pouvoir claustrer leurs animaux lors de la période à risque de propagation du virus Influenza Aviaire, hors dérogation. Des modifications dans les méthodes d'élevage sont donc en cours, pouvant avoir des conséquences techniques et environnementales. Cette étude a eu pour objectif d'en estimer les conséquences, en actualisant les références d'excrétion, issus jusqu'alors d'un document datant de 2013. Ces éléments ont aussi été complétés par l'étude de l'impact des systèmes de production sur les performances techniques et l'état corporel des animaux. Deux systèmes ont été étudiés sur deux périodes climatiques : (i) l'élevage en claustration totale qui permet de maîtriser l'ensemble des rejets excrétés et (ii) le système semi plein-air (avec claustration des animaux la nuit), qui permet d'optimiser les rejets maîtrisables. Au global, les performances techniques et l'état corporel des animaux ont été améliorés par le système semi plein-air, avec des différences plus marquées en période hivernale. Concernant les rejets sur parcours et les taux de volatilisation de l'azote en bâtiment, en période hivernale, les bilans de masses n'ont pas permis de tirer de réelles conclusions, mais uniquement des tendances. En période estivale, les valeurs de volatilisation obtenues sont en deçà des références existantes. Dans les conditions estivales de l'étude, la quasi-totalité des rejets a été effectuée à l'intérieur du bâtiment.

ABSTRACT

Evolution of palmiped breeding systems: technical and environmental impacts

To adapt to the sanitary context, systems of outdoor breeding of mule duck are changing. Solid buildings are developing and water supply and feeding systems are predominantly located indoor. Consequently, the time spent by ducks inside buildings is increasing. This is expected to modify the proportion of excreta that can be managed and has to be determined to calculate the minimum area required for spreading. In addition, breeders are required to be able to confine their animals during the period at risk of propagation of the Avian Influenza virus, except in case of derogation. Changes in farming methods are therefore in progress, which may have technical and environmental consequences. The aim of this study was to estimate the consequences of these changes in order to update the excretion references, which were previously produced from a document issued in 2013. The effects on technical performance and body condition of animals are also evaluated. Two systems are compared: (i) full time rearing in confined buildings which allows to collect all excreta and (ii) the semi-open air system (with confinement of animals at night only), over two different climatic periods. Overall, the technical performance and the body condition of the animals were improved in the semi-open-air system, with more marked difference during winter. Concerning uncontrollable discharges and rates of nitrogen volatilization in buildings, in winter, the mass balances did not allow drawing clear conclusions, but only trends. In summer, the values obtained for uncontrolled losses were below previous references. In the case study, almost all the release has been inside, over the rearing period, in summer.

INTRODUCTION

Les exigences de biosécurité, instaurées suite aux crises Influenza Aviaire, ont engendré des adaptations structurelles et de pratiques en élevage de palmipèdes. La généralisation de la bande unique, la nettoyabilité des bâtiments ainsi que l'obligation d'être en capacité de pouvoir claustrer les animaux durant la période à risque de propagation du virus, sont des éléments majeurs, pris en compte dans la réflexion des nouveaux systèmes d'élevages plein-air. (Gueriaux *et al.*, 2017, arrêté biosécurité 15 juillet 2016). De fait, les bâtiments en durs, isolés et automatisés se développent et le temps passé par les canards dans les bâtiments augmente. Ce constat tend à modifier la part de rejets maîtrisables en élevage. Les éléments pris en compte jusqu'ici, dans l'estimation des surfaces d'épandage minimales, pour ne pas excéder 170 kg d'azote/ha/an (Directive 91/676/CEE), nécessitent donc d'être actualisés. Jusqu'alors, le document de référence permettant de calculer les rejets en élevage, estimait une proportion de rejets maîtrisables de l'ordre de 50 % de l'excrété pour les bâtiments avec alimentation et abreuvement à l'intérieur et de 20% pour les bâtiments avec alimentation et abreuvement à l'extérieur (ITAVI, 2013). La conduite en claustration ainsi que le développement de nouveaux systèmes d'élevage plein-air, engendrent potentiellement des conséquences techniques et environnementales. Cette étude a eu pour objectif d'en faire une première estimation.

1. MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée sur le site expérimental d'Artiguères appartenant à l'INRA (UEPFG) et situé dans les Landes (40). Deux types de conduite d'élevage ont été mis en essai : le semi plein-air (SPE), avec un accès des animaux à un parcours la journée et la claustration permanente (CLAUS) pour laquelle l'intégralité des rejets était maîtrisée. Dans les deux cas, les systèmes d'alimentation et d'abreuvement étaient situés à l'intérieur du bâtiment. L'étude a été réalisée sur deux périodes climatiques différentes. Le premier essai a eu lieu en période hivernale (entre janvier et avril 2018) (E1) et le second s'est déroulé sur une période plus chaude (de juillet à septembre 2018) (E2). Les mêmes effectifs ont été utilisés et des conditions similaires d'élevage ont été pratiquées pour les deux essais. Les canards n'ont pas subi d'intervention de dégriffage mais ils ont été épointés au couvoir.

1.1 Conditions d'élevage

1.1.1 Le démarrage

1280 canards mulards (MMG*PKL) ont été mis en place à l'âge de 1 jour, dans un bâtiment de démarrage de type "Louisiane" de 170m², disposant d'un sol bétonné. Durant cette première phase, les animaux ont reçu un aliment démarrage commercial (matière sèche (MS) : 87,2%, énergie métabolisable (EM) : 2800 kcal/kg, protéines brutes (PB) : 17,5%, phosphore (P) : 0,56%, sous forme de vermicelle, suivant une distribution ad libitum.

1.1.2 La croissance et la finition

A 22 jours d'âge en E1 et 18 jours en E2, ici considérés comme les fins des périodes de démarrage, les animaux ont été répartis, de manière aléatoire, en deux groupes de mêmes effectifs et transférés dans deux bâtiments, pour être conduits respectivement en systèmes SPE et CLAUS. Les deux bâtiments étaient de type « Louisiane », d'une surface de 160m², en sol bétonné. Les animaux ont reçu un aliment croissance commercial (MS : 86,9%, EM : 2949 kcal/kg, PB : 14,3%, P : 0,46%, en E1 et MS : 87,4%, EM : 2750 kcal/kg, PB : 15,0%, P : 0,48%, en E2) jusqu'à 60 jours d'âge, puis un aliment finition a été distribué (MS : 86,9%, EM : 2925 kcal/kg, PB : 13,5%, P : 0,42%, en E1 et MS : 87,2%, EM : 2750 kcal/kg, PB : 14,8%, P : 0,47%, en E2). Un rationnement horaire a été pratiqué à partir de 43 jours d'âge des animaux. Les consommations alimentaires ont été notées à chaque transition alimentaire et une pesée de 200 animaux par modalité a été pratiquée ainsi qu'une notation des états corporels, en utilisant la grille d'évaluation BEC (Litt *et al.*, 2015). Cette méthode évolutive en fonction du stade de l'animal, permet d'évaluer les états des coussinets, doigts, tarsi, bréchet, dos et de comptabiliser d'éventuelles griffures et hématomes, selon une notation allant de 0 (très bon état) à 2 ou 3 (état dégradé). Cette dernière note évolue en fonction des critères.

Pour la modalité SPE, les canards étaient rentrés vers 17 heures et ressortis le matin, vers 7 heures. A l'âge de 80 jours, 100 animaux par modalité ont été abattus sur la station expérimentale et une dissection anatomique a été réalisée afin de mesurer les poids ressés des canards, ainsi que les poids des parties anatomiques : gras abdominal, filet, peau et cuisse (en g). Au regard des capacités de la salle de gavage expérimentale de 672 places, 336 animaux par modalité ont été mis en gavage. Une courbe de gavage classique a été utilisée. Les poids de foie gras et les états corporels ont été mesurés en abattoir commercial.

1.2 Paillage et analyse de fumier

Le paillage a été effectué à l'appréciation de l'agent animalier. Les quantités de litière utilisées (paille de blé broyée) ont été relevées. Les poids des fumiers sortis par bâtiment ont été mesurés, à l'aide d'un pèse-essieu. Les poids du fumier ont été mesurés à la fin des périodes de démarrage (après transfert des

animaux) et d'élevage (après un curage intermédiaire à 60 jours d'âge et en fin d'élevage). Un échantillonnage représentatif de la litière du bâtiment a été effectué, aux mêmes périodes que les pesées de fumier, en prenant en compte les zones d'alimentation, d'abreuvement et de repos. Pour chacune des zones, 4 à 8 prélèvements, en fonction de la surface concernée, ont été réalisés. Les prélèvements ont été homogénéisés et un échantillon a été envoyé à un laboratoire homologué COFRAC pour analyses de l'azote, du phosphore, du potassium et du taux d'humidité.

1.3 Bilans de masse

A partir des données collectées, des bilans de masse ont été réalisés en E1 et E2. Le bilan massique compare les stocks initiaux et finaux des éléments azote et phosphore en tenant compte des entrées et sorties dans un système d'élevage défini. Le défaut de bilan correspond à la différence entre les éléments entrants dans le système étudié (ici aliment, paille, jeunes animaux) et les éléments sortants (ici fumier, animaux produits, animaux morts en cours d'élevage). Dans un élevage en claustration, le défaut de bilan en azote correspond généralement aux pertes gazeuses (pouvant être sous forme de N_2 , N_2O ou NH_3) et le défaut de bilan en phosphore (P) devrait être proche de zéro puisqu'il n'y a pas de volatilisation. De fait, un écart de bilan sur le phosphore de $\pm 10\%$ témoigne généralement d'un bon échantillonnage du fumier dans le bâtiment et de la fiabilité des données renseignées pour le calcul du bilan de masse. Dans un système d'élevage avec accès à un parcours, le défaut de bilan en P correspond en grande partie, à la proportion de phosphore excrété à l'extérieur du bâtiment et non mesuré lors de l'analyse et de la pesée des fumiers produits dans le bâtiment au cours de l'élevage.

1.4 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel Stat View ® (version 5.0). Les différences significatives entre modalité pour les données zootechniques ont été déterminées par le test de Student ($p < 0,05$). Pour la mortalité, les différences significatives ont été identifiées par le test du Khi2 ($p < 0,05$). L'analyse des données de notation d'état corporel des animaux a été réalisée grâce au test non paramétrique de Mann Whitney. Les données environnementales ont été traitées en utilisant la méthode du bilan de masse décrite précédemment.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 Conséquences techniques

2.1.1 Croissance

En fin de période de démarrage, les poids moyens des canards étaient de $910,1 \pm 105,1$ g, à 22 jours en E1 et de $631,2 \pm 64,7$ g, à 18 jours en E2. Les

taux de mortalité durant cette période étaient respectivement de 1,7% en E1 et de 0,7% en E2.

En fin de période d'élevage (à 80 jours d'âge), les canards ayant eu accès à un parcours sont plus lourds, quel que soit la période de l'année (4417 ± 360 g en SPE vs 4338 ± 343 g en CLAUS (E1), $P < 0,05$ et 3880 ± 286 g en SPE vs 3782 ± 283 g en CLAUS (E2), $P < 0,05$). Les consommations alimentaires, durant toute la période d'élevage (incluant le démarrage), sont, en période hivernale, légèrement supérieures pour les animaux conduits en claustration ($16,52$ kg/canard en SPE vs $17,12$ kg/canard en CLAUS) et restent relativement similaires en période estivale ($13,71$ kg/canard en SPE vs $13,67$ kg/canards en CLAUS). De fait, les indices de consommation sont améliorés en conduite semi plein-air ($3,74$ en SPE vs $3,95$ en CLAUS, en E1 et $3,53$ en SPE vs $3,61$ en CLAUS, en E2). La mortalité en élevage est restée faible pour les deux modalités et quelle que soit la période de l'année ($0,48\%$ en SPE vs $0,80\%$ en CLAUS, E1 et $0,94\%$ en SPE vs $0,19\%$ en CLAUS, E2).

Concernant les compositions anatomiques des animaux maigres, en période hivernale, les poids de gras abdominal et de filet étaient significativement plus importants pour les animaux ayant eu accès à un parcours (respectivement $54,3 \pm 20,1$ g en SPE vs $48,2 \pm 20,7$ g en CLAUS, pour le gras abdominal $P < 0,05$ et $306,6 \pm 32,2$ g en SPE vs $295,0 \pm 27,5$ g en CLAUS, pour le poids de filet, $P < 0,01$). En période estivale, les poids de filets restent plus élevés pour les animaux SPE ($289,8 \pm 23,5$ g en SPE vs $274,4 \pm 26,2$ g en CLAUS, $P < 0,01$), alors qu'aucune différence n'est observée sur le gras abdominal. Les poids de cuisses sont significativement plus importants pour les animaux en CLAUS ($314,7 \pm 26,6$ g en SPE vs $326,2 \pm 27,7$ g en CLAUS, $P < 0,01$). Après gavage, on retrouve des poids de foies gras significativement plus importants pour les animaux conduits en semi plein-air ($585,5 \pm 107,3$ g en SPE vs $537,7 \pm 91,9$ g en CLAUS (E1), $P < 0,0001$ et $594,7 \pm 119,5$ g en SPE vs $574,7 \pm 125,1$ g en CLAUS (E2), $P < 0,05$).

2.1.2 Etats corporels

En fin d'élevage, en période hivernale, les états corporels des animaux confinés sont significativement dégradés par rapport aux canards ayant eu accès à un parcours. Les différences les plus marquées sont celles liées aux qualités des tarses et des emplumements ventral et dorsal (tarses : $0,02/2$ en SPE vs $0,29/2$ en CLAUS – emplumement ventral : $0,55/3$ en SPE vs $0,98/3$ en CLAUS – emplumement dorsal : $0,03/2$ en SPE vs $0,77/2$ en CLAUS, $P < 0,0001$).

En période estivale, les différences liées aux qualités des emplumements ventral et dorsal sont similaires, avec des états significativement plus dégradés pour les animaux n'ayant pas eu accès à

un parcours (emplumement ventral : 0,60/3 en SPE vs 0,88/3 en CLAUS – emplumement dorsal : 0,02/2 en SPE vs 0,57/2 en CLAUS, $P < 0,0001$). Par ailleurs, les états de coussinets et de doigts, sont, dans ce cas, améliorés pour les canards conduits en claustration (coussinets : 0,50/3 en SPE vs 0,07/3 en CLAUS – doigts : 0,17/3 en SPE vs 0,01 en CLAUS, $P < 0,0001$).

Après gavage, les états corporels des animaux mesurés en abattoir commercial sont dégradés pour les animaux conduits en claustration, en période hivernale, mais non significativement différents pour les canards élevés en période estivale. En période hivernale, le nombre de griffures sur canards est significativement supérieur pour les animaux claustrés ($0,83 \pm 3,28$ en SPE vs $2,62 \pm 3,28$ en CLAUS, $P < 0,0001$). En période été, une tendance similaire est observée, mais elle n'est pas significative. Les états de coussinets sont aussi plus dégradés pour les animaux élevés en claustration (1,16/3 en SPE vs 1,30/3 en CLAUS, $p < 0,01$). Toutefois, en E1, les qualités de bréchet et des tarsi (contrairement à ce qui a été observé sur animaux vivants), sont supérieures pour les canards élevés en claustration (bréchet : 0,17/3 en SPE vs 0,08/3 en CLAUS, $P < 0,05$ – tarse : 0,14/2 en SPE vs 0,05/2 en CLAUS, $P < 0,01$).

Dans les conditions expérimentales de l'essai, les performances de croissance et les états corporels sont globalement améliorées par l'accès des animaux à un parcours. Cela est d'autant plus marqué en période hivernale. Ceci pourrait être lié au fait, qu'en période estivale, les animaux rentraient d'eux-mêmes dans le bâtiment au courant de l'après-midi, pour s'abriter du soleil, le parcours utilisé pour l'essai étant dépourvu d'arbres.

2.2 Les rejets maîtrisables

2.2.1 Période hivernale (E1)

Au démarrage (0-22 jours), la quantité de paille utilisée a été de 5,3 kg/m² et la quantité de fumier sorti a été de 2760 kg, soit 16 kg/m², avec un taux de matières sèches (MS) de 31,1%. Le défaut de bilan de l'azote est de 9% et celui du phosphore, de 10%. Sur cette période, l'excrétion (aliment + rétention corporelle initiale – rétention corporelle finale) est estimée à 14 grammes d'azote par animal.

Pendant la phase d'élevage, les quantités de paille utilisées ont été respectivement de 22,8 kg/m² en SPE et de 24,3 kg/m² en CLAUS. Les poids de fumier sorti ont été de 22 200 kg (139 kg/m²), en système CLAUS, avec un taux de MS de 21,6% et de 19 630 kg (122 kg/m²) en système SPE, avec un taux de MS de 25,2%. En système CLAUS, le défaut de bilan d'azote est de 26% et celui du phosphore de 22%. Le défaut de bilan du phosphore est relativement élevé. Cela peut être lié à l'échantillonnage du fumier ou bien à l'origine des

données de compositions des aliments issus d'informations du fabricant et non d'une analyse. Au vu de ce résultat, des tendances pourront seulement être émises.

En système CLAUS, en période hivernale, l'excrétion totale est estimée à 250 g d'azote par animal, entre 0 et 80 jours d'âge. Cette valeur est proche de la référence proposée par le CORPEN (ITAVI, 2013), à savoir 301 g d'azote par canard.

En considérant uniquement la période d'élevage, le défaut de bilan de l'azote correspond à un coefficient de volatilisation (défaut de bilan/azote excrété) de 39% de l'azote excrété. Cette valeur est proche de la référence retenue par le CORPEN (ITAVI, 2013), de 46% de l'azote excrété, incluant par ailleurs la phase de démarrage.

Dans le bâtiment, les rejets sont calculés en ajoutant l'azote issu de la paille et en enlevant l'azote volatilisé. Ici, les rejets sont estimés à 167 g d'azote par animal. Pour une production de 2 000 canards, la quantité totale de rejets azotés, en phase d'élevage, serait de 334 kg, nécessitant 1,96 hectares pour l'épandage, au regard de la Directive Nitrates.

En système semi plein-air, le défaut de bilan de l'azote est de 28% et celui du phosphore est de 32%. Compte tenu du bilan de phosphore plus faible mesuré en système claustration, il est difficile de conclure de manière certaine pour le système semi plein-air. Toutefois si on fait l'hypothèse que la différence de 4 kg de défaut de bilan de phosphore entre les systèmes CLAUS et SPE (respectivement de 11 kg et 15 kg, sur la période d'élevage), correspond à la part de rejet émise sur parcours, cela conduit à une augmentation de 36% de rejets azotés, ce qui peut être estimé comme la part émise sur parcours. Ces éléments semblent par ailleurs être en cohérence avec les données rapportées au Tableau 1.

2.2.2 Période estivale (E2)

Au démarrage (0-18 jours), la quantité de paille utilisée a été de 3,7 kg/m² et la quantité de fumier sortie a été de 910 kg, soit 5,3 kg/m², avec un taux de MS de 48,2%. Le défaut de bilan de l'azote est de 11% et celui du phosphore de 6%. En période estivale, l'excrétion est estimée à 8,4 grammes d'azote par animal, au démarrage.

Pendant la phase d'élevage, les quantités de paille utilisées, pour les modalités SPE et CLAUS, ont été sensiblement équivalentes (30 kg/m² de bâtiment). Les quantités de fumier sorties ont été respectivement de 21 910 kg (137 kg/m²) en système claustration et de 19 510 kg (127 kg/m²), en système semi plein-air. Le taux d'humidité du fumier issus de la modalité CLAUS était légèrement supérieur (26,5% MS en SPE vs 24,2% MS en CLAUS). En système claustration, le défaut de bilan du phosphore est de 1%, indiquant une

bonne fiabilité des mesures effectuées et le défaut de bilan de l'azote est de 11%.

En système CLAUS, en période estivale, l'excrétion totale est estimée à 195 g d'azote par animal entre 0 et 80 jours d'âge. Cette valeur est inférieure à la référence du CORPEN (ITAVI, 2013), qui indique une excrétion à 301 grammes par animal.

Sur la phase d'élevage, le coefficient de volatilisation de N représente 18% de l'azote excrété. Cette valeur est inférieure à la référence du CORPEN (ITAVI, 2013) qui estime le coefficient de volatilisation de l'azote à 46% dans le bâtiment, incluant toutefois la période de démarrage. Le taux d'humidité du fumier étudié (75,8%), relativement important a certainement favorisé des conditions anaérobies, moins propices à l'activité des bactéries uricolitiques présentes dans le fumier de volailles et qui participent aux pertes azotées par voie gazeuse (Groot, 1994). La teneur importante en humidité des fumiers, peut en partie être liée au comportement naturel de gaspillage en eau des canards ainsi qu'à des pertes constatées épisodiquement au niveau des pipettes.

Les rejets sont estimés à 190 grammes par animal, sur la période d'élevage. Pour une production de 2 000 canards, la quantité totale d'azote épendable collectée dans le bâtiment serait estimée à 381 kg d'azote, nécessitant, selon la Directive Nitrates, 2,2 hectares.

En système semi plein-air, le défaut de bilan du phosphore est de 3% et celui de l'azote est de 14%. Le coefficient de volatilisation estimé ici est de l'ordre de 23% de l'azote excrété, sur la période d'élevage. Cette proportion est aussi plus faible que la référence estimée par le CORPEN (ITAVI, 2013), soit 46%, incluant toutefois la phase de démarrage. Au regard du bilan du phosphore, élément non volatil, la répartition des déjections sur

parcours, représente moins de 5% des rejets. Dans ce cas, la quasi-totalité des rejets est donc effectué à l'intérieur du bâtiment.

Ce bilan peut être en partie lié à une faible fréquentation du parcours par les canards, en lien avec la période climatique de l'essai et l'absence de points d'ombre sur le parcours. Dans le CORPEN (ITAVI, 2013), en système avec alimentation et abreuvement à l'intérieur, la proportion de rejets maîtrisables est estimée à 50%. Dans notre cas, cette valeur est largement plus élevée (Tableau 1). Pour étayer l'ensemble de ces résultats, il aurait été opportun de réaliser les bilans de masse en potassium.

CONCLUSION

Les informations décrites nécessitent d'être prises avec du recul. Toutefois, certaines tendances sont remarquées, avec des résultats techniques et d'états corporels globalement améliorés par l'accès des animaux à un parcours, et ceci d'autant plus en période hivernale. Concernant l'impact des modèles d'élevage sur les rejets en bâtiment et sur la volatilisation de l'azote, les résultats de cette étude diffèrent des estimations réalisées par le CORPEN (ITAVI, 2013). Notons par ailleurs que le système étudié (avec fermeture des animaux la nuit et alimentation et abreuvement à l'intérieur) est un modèle intermédiaire à ceux proposés dans le ce document. En outre, ce système semble propice, et d'autant plus en période estivale, à favoriser la production de rejets à l'intérieur du bâtiment.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier du CIFOG. Les auteurs tiennent aussi à remercier l'UEPFG pour la mise à disposition de leur station.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arrêté du 15 juillet 2016 modifiant l'arrêté du 8 février 2016, NOR : AGRG1620096A
 Directive 91/676/CEE, Directive 91/676/CEE du Conseil, du 12 décembre 1991
 Groot K., 1994. J. agric. Engng Res. (1994) 59, 75-87
 Gueriaux D., Fediarvsky A., Ferreira B., 2017. Bull. Acad. Vét. France – 2017. Tome 170 – N°2
 ITAVI, 2013. CORPEN-Volailles de 2006, 63p.
 Litt J., Chaumier J., Laborde M., Bernadet MD., M. Boucher, Vogelaer J., Bignon L., 2015. 11ème JRA-JRFG, 1012-1017

Tableau 1. Bilans de masse (kg par système) en élevage, en périodes hivernale et estivale

En kg	Carbone (hiver)		Azote (hiver)		Phosphore (hiver)		Carbone (été)		Azote (été)		Phosphore (été)	
Modalité	CLAUS	SPE	CLAUS	SPE	CLAUS	SPE	CLAUS	SPE	CLAUS	SPE	CLAUS	SPE
Aliment	4 117	3980	214	206	42	41	3 395	3 332	186	182	37	36
Poussin	91	92	19	19	4	4	64	64	13	13	3	3
Litière	1 771	1658	24	22	3	3	2 176	2 210	29	30	3	3
Carcasse *	409	419	85	87	16	17	385	393	80	82	15	16
Effluent	2397	2474	105	90	22	15	2 602	2 587	122	111	27	25
Défaut de bilan	53%	50%	26%	28%	22%	32%	46%	47%	11%	14%	1%	3%

* Les données utilisées pour calculer la fixation des carcasses proviennent des références du Corpen (ITAVI, 2013).

PRODUIRE DU FOIE GRAS DEMAIN ? RESULTATS D'UNE REFLEXION COLLECTIVE IMPLIQUANT DIFFERENTES PARTIES PRENANTES

Litt Joanna¹, Baldacchino Cyril², Tyl Benjamin²

¹ITAVI, Maison de l'Agriculture, Cité Galliane, 40005 MONT DE MARSAN, ²APESA, Pôle Territorial de
Coopération Economique, 23 Rue Hélène Boucher, 40220 TARNOS

litt@itavi.asso.fr

RESUME

Le foie gras fait partie du « patrimoine gastronomique et culturel français » (LOA, 2006) et contribue à la renommée culinaire de la France. La pérennité de cette production apparaît toutefois menacée à plusieurs niveaux. Ainsi, malgré la mise aux normes récente des ateliers de gavage, les modes et les techniques de production de foie gras actuels restent une source de polémiques. Parallèlement, le contexte sanitaire récent avec deux épisodes majeurs d'influenza Aviaire, a pleinement impacté le système d'élevage de canards prêts-à-gaver qui se trouve ainsi devoir être repensé en profondeur. Il devient ainsi essentiel pour la filière d'anticiper et d'imaginer dès à présent le système de production de demain, en confrontant les exigences techniques économiques et sanitaires inhérentes à la production de foie gras et l'idée que le citoyen se fait d'un système d'élevage plus éthique. Un travail de réflexion mobilisant différentes parties prenantes lors d'ateliers collectifs a à cette fin été conduit en 2017. L'objectif a été de mettre en place une réflexion globale visant à obtenir in fine des éléments de réflexion quant aux évolutions possibles des systèmes de production. A cette fin, 3 ateliers regroupant au sein d'un même groupe de travail des acteurs liés directement (représentants de l'amont et de l'aval), indirectement (représentants de la recherche, équipement, valorisation de coproduits,) ou non liés à la filière (association de protection animale, association de consommateurs) ont été organisés. Ils ont permis le partage d'une vision commune, les échanges et l'écoute entre les acteurs. Si les concepts générés restent fortement influencés par les urgences ressenties liées à l'actualité, des propositions ont pu émerger. Parmi celles-ci, les voies les plus prometteuses concernent des actions liées au système d'élevage en lui-même (lumière naturelle, embuc souple, optimisation du pilotage des bâtiments (en cohérence avec le contexte sanitaire), interaction éleveur/gaveur), des actions de communications (leçons de chose, partage des résultats d'études). Les liens de la filière avec les distributeurs, associations de protection animale et de consommateurs apparaissent globalement à renforcer. Ce travail constitue un socle de départ précieux dans le cadre de réflexions moyen/long terme dans la filière.

ABSTRACT

Producing foie gras tomorrow? Thought resulting from from collective workshops implicating various stakeholders

Foie gras is part of the French gastronomic and cultural heritage (Agricultural Orientation Law, 2006) and contributes to the French culinary fame. However, the sustainability of this production appears nowadays threatened for various reasons. Thus, despite a recent upgrading of the feeding pens, current husbandry conditions and foie-gras production practices remain source of controversy. In the meantime, this production sector has been weakened by two major episodes of Avian Influenza. A sanitary context that is having a profound impact on the duck-rearing system, which therefore needs a profound rethinking. It thus becomes essential for the industry to anticipate and imagine the future production system, by confronting technical, economic and sanitary requirements inherent to the production of foie-gras and the image that the citizen has of a more ethical breeding system. The present study was conducted in 2017, under the form of collective workshops involving various stakeholders. The goal was to put in place a general brainstorming aiming ultimately at supplying decision-making elements regarding ways for possible evolution of the production systems. These workshops brought together directly (upstream and downstream representatives), indirectly (representatives of research, rearing equipment companies, coproducts valuation) or no related actors (animal welfare and consumer associations) within a unique working group. It allowed the sharing of a common vision, exchanges and listening between actors. If the concepts generated remain strongly influenced by emergencies related to the news, ideas did emerge. Among these, the most promising venues concerned propositions related to the rearing system itself (natural light, soft fennel, building management optimization (in respect to the sanitary context), actor interaction (breeders/force-feeders)), communication (object teaching, sharing of study results). Links reinforcement with distributors, associations of animal welfare and consumers appeared overall necessary. This work is an invaluable medium and long-term thinking starting point for the sector.

INTRODUCTION :

Le foie gras fait partie du patrimoine gastronomique et culturel français (LOA, 2006) et contribue à la renommée culinaire de la France. Si plusieurs pays en produisent à l'échelle mondiale, la France en reste assurément le principal pays de production et de consommation (73% de la production et 70% de la consommation mondiale ; CIFO, 2015). La pérennité de cette production apparaît toutefois menacée à plusieurs niveaux. La question du bien-être animal (BEA), bien que partagée avec l'ensemble des autres filières d'élevage, résonne en premier lieu d'une façon toute particulière lorsque l'on parle de production de foie gras pour laquelle le mode de production et les techniques d'élevage actuels sont source de polémiques. Même si près de ¾ des Français restent encore défavorables à l'interdiction du foie gras (CSA, 2015), la pratique du gavage en elle-même (alimentation forcée), bien que légale au regard de la directive 98/58/CE, est particulièrement controversée. Les systèmes d'hébergement collectif utilisés depuis 2015, bien que satisfaisant aux normes minimales retenues par l'administration (DGAL, 2011), apparaissent aussi peu convaincants pour satisfaire pleinement les besoins naturels des animaux aux yeux des détracteurs du gavage. Parallèlement, la filière a été affaiblie par deux épisodes majeurs d'Influenza Aviaire, impactant pleinement le système d'élevage de canards prêts-à-gaver qui se trouve à repenser en profondeur. Si des adaptations de l'existant sont aujourd'hui réalisées (diminution des densités, construction de bâtiments), un enjeu fort pour les prochaines années réside dans la capacité de la filière à proposer des systèmes de production conciliant BEA - reposant en partie sur l'accès au parcours -, et précautions sanitaires - conditionnant la possibilité de produire. La possibilité de confinement des animaux en cas d'alerte et / ou lors des périodes à risque ou encore la conduite en bande unique constituent ainsi des prérequis aux systèmes qui pourront être développés (Arrêtés du 24/01/2008, 08/02/2016 et 15/07/2016). Il devient indispensable pour la filière d'imaginer dès à présent les systèmes d'élevage de demain, en confrontant les exigences techniques, économiques et sanitaires inhérentes à la production de foie gras et l'idée que le citoyen se fait d'un système d'élevage plus éthique. Un travail initié par l'ITAVI, a ainsi été conduit en 2017 en collaboration avec l'APESA. Prenant la forme d'ateliers collectifs, il a associé des participants liés de façon directe, indirecte ou non liés à la filière. L'objectif était de mettre en place une réflexion globale afin d'identifier des éléments de décision sur l'évolution des systèmes de production.

1. MATERIEL ET METHODE

1.1 Description technique de l'action

Trois ateliers collectifs d'une journée ayant pour but de définir des objectifs communs et d'imaginer des pistes de travail pour la filière palmipèdes gras, relatives aux systèmes d'élevage et de gavage de demain ont été organisés, avec un groupe d'une quinzaine de personnes. Le groupe représentant différentes parties prenantes était ainsi composé de :

- 8 représentants amont/aval de la filière (Accoupage, Production, Interprofession, Abattage)
- 1 vétérinaire, représentant le SNGTV
- 1 équipementier (Cluster Elinove)
- 2 utilisateurs de co-produits (plume)
- 1 représentant de la recherche
- 2 représentants des ONG (associations de consommateur / protections animale (welfariste))

1.2 Atelier 1 : Développement d'un langage commun sur les enjeux de la filière

L'objectif de la première séance était d'établir des connaissances et un langage commun entre les acteurs présents. Dans un premier temps, l'ensemble des participants se sont présentés, puis ont répondu à trois questions:

- *Pouvez-vous vous présenter en indiquant comment vous êtes lié à la filière ?*
- *Pouvez-vous nous décrire votre compréhension des risques/enjeux de la filière en général et de votre activité, en particulier vis-à-vis du BEA ?*
- *Pouvez-vous partager votre vision des priorités/opportunités en lien avec les enjeux du BEA ?*

Cet exercice a permis d'identifier les principaux mots clés et de cartographier les risques, enjeux, opportunités et priorités. La deuxième partie de la séance a consisté à mettre en commun les connaissances sur la filière en relation avec le BEA. Pour cela, l'outil « 9 écrans » issu de la méthodologie TRIZ (Altshuller, 1999) a été utilisé. Il propose aux participants d'observer le système étudié, ici le système d'élevage, sur un axe temporel (passé / présent / futur), ainsi que sur les différents niveaux systémiques (sous système / système / super système). Il permet ainsi d'obtenir une vision commune et systémique du système d'élevage.

1.3 Atelier 2 : Génération d'idées sur les systèmes de production

L'objectif du deuxième atelier était de réfléchir sur des pistes permettant de répondre aux attentes précédemment identifiées, en lien notamment avec le BEA des canards. L'intégration de la notion de partie prenante étant essentielle dans les processus d'innovation. Ce travail s'est articulé en deux temps :

- 1 - Un premier temps de réflexion a consisté à identifier la valeur créée mais également détruite, par le système (produit et/ou service), pour chacune des parties impliquées., via l'outil Value mapping tool (Bocken et al. 2013). Cet outil propose aux

participants d'identifier quatre types de valeur pour chacune des parties prenantes identifiés :

- *Valeur créée* : bénéfices ou satisfaction d'une fonction, obtenus par le système actuel.
- *Valeur détruite* : effets négatifs engendrés par la mise en œuvre du projet.
- *Valeur oubliée* : valeur non capitalisée, non « capturée ». Elle peut s'apparenter à une valeur non reconnue par d'autres acteurs.
- *Opportunité de valeur* : identification d'une nouvelle valeur permettant une extension de la proposition de valeur actuelle.

2 - En seconde partie de séance, un temps a été consacré à la génération d'idées permettant d'améliorer le BEA dans la filière sous différents axes. Pour cela, nous avons utilisé l'outil de créativité inspiré de SIT (Horowitz, 1999), permettant de stimuler efficacement le groupe dans la génération des idées. Sept grandes thématiques ont été successivement balayées et ont permis de générer un ensemble d'idées à différent degré de détails (élevage, gavage, bâtiments, sélection/accoupage, abattage, distribution, communication).

1.4 Atelier 3 : Evaluation des systèmes proposés

Le but de ce troisième atelier était d'évaluer les idées émises précédemment et de choisir les axes d'intérêt à travailler. L'évaluation a été réalisée selon trois critères évalués pour chacun de 0 à 3 selon leur pertinence : le gain potentiel en termes de BEA, la faisabilité technique et la faisabilité économique. Les participants ont par ailleurs évalué le temps supposé de mise en œuvre de l'idée (court, moyen, long terme). La seconde partie de la séance a consisté à développer, à partir des réflexions précédentes, un concept intégré permettant de favoriser le BEA, en élevage et / ou gavage. Pour cela, les participants ont été divisés en deux groupes de réflexion, équilibrés tant que possible en termes de type d'acteurs.

2. RESULTATS

2.1. Partage des concepts/connaissances de la filière

Les échanges ont permis d'identifier les enjeux / risques, opportunités / priorités pour la filière palmipèdes à foie gras identifiés par les acteurs (Tableau 1). Les termes cités par les différentes parties prenantes présentes ont par ailleurs été utilisés pour réaliser un nuage de mots (Figure 2). La tradition et l'image du produit, le risque sanitaire et la nécessité de pérenniser la filière du point de vue économique, le manque de communication et le besoin de montrer et d'expliquer ce que l'on fait ou encore la revalorisation du produit, font partie des thèmes majeurs abordés. Outre le BEA et les techniques d'élevage qui étaient explicitement mentionnés dans le questionnement initial, trois autres items se dégagent ainsi : l'image pour le consommateur, la sécurité sanitaire et des éléments de marché (Tableau 2).



Figure 2 : Représentation des termes prononcés par les participants

2.2. Génération d'idées sur les systèmes de production

La réflexion autour des valeurs capturées, détruites et les opportunités générées par le système actuel met en évidence :

Pour l'éleveur :

- Les bénéfices de l'innovation (gain en technicité), d'une meilleure organisation du travail et d'une organisation en filière.
- Les effets négatifs de ces mêmes items vis-à-vis de l'image traditionnelle du produit et de la créativité de l'éleveur, la perte de confiance/fierté envers le métier, la pression des prix et des marges, la mortalité encore élevée.
- L'opportunité de mieux valoriser les parcours (services écosystémiques), de mieux expliquer la réalité de la production et de poursuivre le travail sur les itinéraires techniques.

Pour le consommateur :

- La bonne image du produit et de l'élevage sur parcours pour le consommateur.
- Le risque de dégradation de ces acquis par la mise en place de la claudication et la standardisation de modes de production, la baisse de confiance globale vis-à-vis de la filière liée à la méconnaissance des aptitudes physiologiques de l'animal, la perte de valeur économique du produit.
- L'opportunité de se concentrer de nouveau sur la valeur culturelle et historique des modes de production, de trouver le juste milieu entre gros et tous petits ateliers, de développer le marché de l'oie.

Ce même travail a été réalisé pour les distributeurs, les ONG, les pouvoirs publics, les autres filières, les médias et la société. L'arborescence des idées

générées par les différentes parties prenantes, est présentée en Figure 3. Parmi elles figurent (propositions non hiérarchisées) :

- La familiarisation/conditionnement des canards
- L'utilisation de bandes sonores pour réduire le nervosisme
- Une meilleure interaction éleveur gaveur
- L'utilisation d'un embuc plastique souple
- La production de foie gras sans gavage (engraissement spontané), en travaillant notamment sur la satiété
- La mise en place de la bande unique et d'une capacité de mise à l'abri des animaux
- La sélection de canards « auto gavables »
- La sélection de canards plus calmes et robustes
- La mise en place d'un plan de formation professionnel au BEA (éleveurs, gaveurs, chauffeurs)
- L'amélioration de la segmentation par la mise en place notamment d'une offre alternative
- La revalorisation du prix payé à l'éleveur
- L'intégration de l'image du BEA pour le citoyen dans les cahiers des charges distributeurs
- La définition de normes dans l'élevage (photopériode, l'intensité lumineuse, etc.)
- Le partage et la vulgarisation d'études, les leçons de choses
- Le développement de circuits plus courts

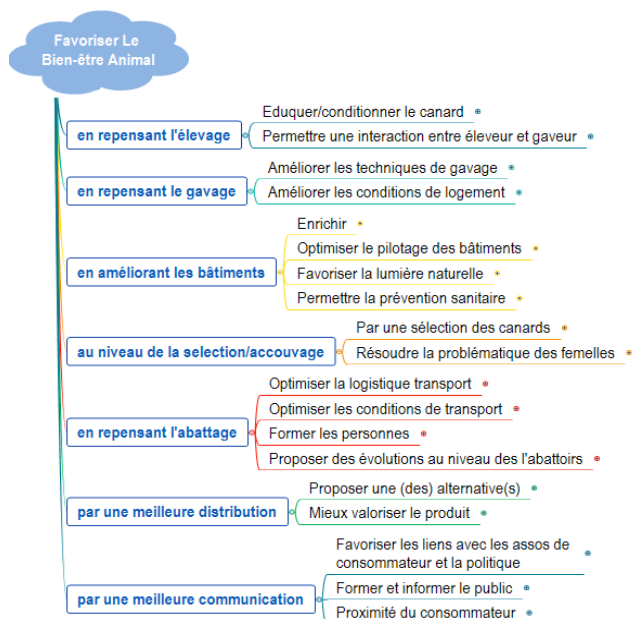


Figure 3 : Arborescence non hiérarchisée des idées générées par les différentes parties prenantes

2.3. Evaluation des systèmes proposés

Cette séance a permis de rediscuter de la pertinence des idées générées puis d'aboutir à la proposition de deux concepts, chacun lié à un groupe de travail. A noter que certains acteurs, dont les représentants de la recherche et de la protection animale, n'ont pas pu assister à cette séance pour des motifs indépendants de leur volonté, donnant ainsi une vision de groupe un peu biaisée, par rapport aux deux autres séances.

Concept 1 : un système d'élevage 2.0 gagnant / gagnant pour l'éleveur et ses animaux qui permettrait :

- D'améliorer le suivi zootechnique
- De renforcer la protection vis-à-vis des aléas climatiques / sanitaires
- De mieux appréhender le cycle de vie du canard

Concept 2 : un système intégrant des améliorations en élevage et en gavage combinant :

- L'amélioration des bâtiments (automatisation, optimisation de la gestion de l'ambiance et des litières (confort), lumière naturelle, accès au plein-air), du matériel et des itinéraires techniques en élevage pour pérenniser la filière
- L'utilisation d'embucs souples et l'amélioration des caillebotis afin de limiter les blessures en gavage
- Une transition favorisée entre les 2 ateliers

CONCLUSION

Ces trois ateliers ont permis de réunir des acteurs liés directement (représentants de l'amont et de l'aval), indirectement (représentants de la recherche, équipement, valorisation de coproduits) ou non liés à la filière (association de protection animale, association de consommateurs), au sein d'un même groupe de travail. Ce travail a permis le partage d'une vision commune, des échanges et une écoute entre les acteurs. Si le temps imparti s'est avéré un peu court pour faire mûrir efficacement les concepts et que ces derniers restent fortement influencés par les urgences ressenties liées à l'actualité, des idées ont pu émerger. Parmi celles-ci, les voies les plus prometteuses concernent des actions liées au système d'élevage en lui-même (lumière naturelle, meilleur pilotage des bâtiments (en cohérence avec le contexte sanitaire)), aux pratiques d'élevage (embuc souple), à l'organisation de la filière de production (interactions entre acteurs éleveur/gaveur), à des actions de communications (leçons de chose, partage des résultats d'études). Les liens de la filière avec les distributeurs et les ONG et apparaissent globalement à renforcer. Les conclusions restent bien entendu à nuancer du fait qu'un thème était spécifié dans les questions, orientant la discussion, même s'il était évident. Les conclusions sont par ailleurs celles d'un seul groupe parfois incomplet dont la représentativité peut être questionnée. Ce travail a quoi qu'il en soit conduit à des réflexions importantes pour la filière et mériterait d'être poursuivi. De fait, il a déjà été utilisé pour proposer un projet multi partenarial ambitieux en lien avec la proposition de systèmes d'élevage résilients.

Remerciements : Ces travaux ont été réalisés dans le cadre collaboratif du GIS Palmipôle impliquant l'INRA, l'ITAVI, le CEPPO et ASSELDOR. Ils ont bénéficié du soutien financier de la DGAL et du CIFO.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Althsuller G. 1999. The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity. Worchester, Massachusetts: Technical Innovation Center.
- Arrêté ministériel du 24/01/2008 relatif aux niveaux du risque épidémiologique en raison de l'infection de l'avifaune par un virus de l'influenza aviaire hautement pathogène et au dispositif de surveillance et de prévention chez les oiseaux détenus en captivité, NOR: AGRG0802102A
- Arrêté ministériel du 08/02/2016 relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations de volailles et d'autres oiseaux captifs dans le cadre de la prévention contre l'influenza aviaire, NOR: AGRG1603907A
- Arrêté ministériel du 15/07/2016 modifiant l'arrêté du 8 février 2016 relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations de volailles et d'autres oiseaux captifs dans le cadre de la prévention contre l'influenza aviaire, NOR: AGRG1620096A
- Bocken, N., Short, S., Rana, P., Evans, S. 2013 A value mapping tool for sustainable business modelling, Corporate Governance 13(5), 482 - 497
- CSA, 2014. Quelle image du foie Gras par les français ? Sondage CSA octobre 2014 auprès de 1000 personnes représentatives de la population française.
- Directive 98/58/CE du conseil du 20 juillet 1998 concernant la protection des animaux dans les élevages
- Horowitz, R. 1999. Creative problem solving in engineering design, PhD Thesis Tel-Aviv University.
- LOA, 2006. Loi n° 2006-11 du 5 janvier 2006 d'orientation agricole, NOR: AGRX0500091L
- DGAL, 2011. Note de Service DGAL/SDSPA/ N2011-8176 du 25 juillet 2011 définissant les caractéristiques techniques minimales auxquelles les logements des canards en phase de gavage doivent répondre en application de la recommandation du Conseil de l'Europe concernant les canards de barbarie et les hybrides de canards de barbarie et de canards domestiques

Tableau 1. Cartographie des enjeux/risques, opportunités/priorités (non hiérarchisés) pour la filière palmipèdes à foie gras identifiés par les acteurs

RISQUES		PRIORITES	
- Sanitaire - Socio-économique - Environnemental - Réduction consommation de viande/lien à l'animal - Montée mouvements de protection animale et/ou vegan - Hétérogénéité systèmes de production filière - Manque de communication - Poids des choix distributeurs - Pression d'évolution réglementaire - Concurrence internationale		- Livrer notre message - Gavage prioritaire (Alimentation forcée, Logements, Comportement) - Responsabilité collective - Respect du producteur et de son travail - Respect des consommateurs/clients et de leurs idées	
ENJEUX - Respect cahier des charges (ne pas toucher fondamentaux) - Montrer ce que l'on fait, vitrine, terroir - Faire déculpabiliser, être compris - Adéquation attentes consommateur, viabilité socio-économique - Pérenniser la filière (plan économique) - Prendre en compte les attentes sociétales, en choisissant ses interlocuteurs (welfaristes vs. abolitionnistes) - Sortir de l'individualisme (responsabilité collective) - Être bons génétiquement et sanitaire		OPPORTUNITES - Outil d'évaluation multicritère (recul, vue globale) - Engagement dans démarche de progrès - Réponse aux attentes des consommateurs (écoute) - Mieux communiquer, expliquer - Améliorer les pratiques - Se servir de la crise pour évoluer - Services rendus par les parcours - Redonner sa juste valeur au produit	

Prise en compte
du BEA dans la filière
palmipèdes gras



Tableau 2 : Compréhension commune du système futur et de ses problématiques

SOUS-SYSTEME	SYSTEME	SUPER SYSTEME
- Elevage en bâtiment ET parcours	- Rapprocher la production du consommateur - Maintien des productions traditionnelles, du plein air - Respect de l'environnement	- Bien-être animal - Communication transparente - Démystifier l'acte du gavage - Terroir, patrimoine, rusticité
- Elevage connecté - Amélioration technique du gavage (embuc souple, réduction de la durée)	- Concept salle de gavage « ambiance-luminosité »	- Pas de poids minimal réglementaire des foies gras (frein aux systèmes alternatifs) - Segmentation foie gras avec/sans gavage - Trouver des marchés pour les femelles
- Systèmes sains - Bande unique	- Certification/contrôle - Sécurisation de la production - Biosécurité	- Sécurité sanitaire
	- Réapprendre à produire ce que l'on qu'on vend (produire moins) - Adéquation offre / demande : augmentation de la valeur	- Concentration de l'offre sur l'année - Attention de ne pas laisser la place aux pays de l'Est

DURABILITE SOCIOECONOMIQUE MESUREE DANS QUELQUES ELEVAGES AVICOLES. CAS DE L'ALGERIE.

Mahmoudi Nacéra¹, Ikhlef Hacène², Kaci Ahcène², Mahmoudi Souhila³.

¹Université de Saad Dahlab de Blida1, Faculté des sciences, Département de biotechnologie, BP 270 Blida (09000), Algérie, ²Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Département de Production animale. Hacén Badi 16200, Alger, Algérie. ³Université de M'sila, Faculté des sciences, Département d'Agronomie, route d'Ichbillia, BP 166-28000, M'sila, Algérie.

E-mail : mahmoudinara@gmail.com.

RESUME

La société s'inquiète de la forte intensification et accroît sa demande pour une meilleure connaissance des produits de l'élevage et de leurs modes de production. Dans le but d'évaluer la durabilité sociale et économique des élevages avicoles algériens, nous avons mené une enquête auprès de 15 ateliers avicoles de la région de M'sila. Le choix est axé sur la méthode « DIAMOND » qui comprend 3 échelles (économique, sociale et environnementale) chacune se compose de 10 critères de 10 points pour chacun. L'analyse des résultats de la durabilité socioéconomique révèle que la durabilité économique (63,3 / 100 points) est prise en considération par les éleveurs dont la plupart n'ont pas bénéficié de subventions et ne dépendent pas des aides. Toutefois, les critères « efficience du processus productif » et « taux de spécialisation économique » sont mal représentés dans la plupart des ateliers (dominance d'une activité par rapport aux autres). La durabilité de ces élevages est limitée par l'échelle sociale (50,7/100 points) qui est pénalisée par la qualité de vie des exploitants, la faible productivité et la mauvaise insertion dans la vie locale. Ainsi, l'Emploi Filière Courte est restreint par la présence d'intermédiaires ce qui diminue le lien social.

Les élevages fragiles économiquement (pas bien capitalisés) devraient bien profiter de leurs capitaux investis et augmenter leurs tailles par des crédits bancaires. Ainsi, ils devraient intervenir sur le rétablissement des critères de l'autonomie financière et du taux de spécialisation économique par l'introduction d'autres activités avicoles et d'autres espèces animales ainsi que par la diversification du mode d'élevage.

Mots clés : durabilité économique, durabilité sociale, élevages avicoles, méthode DIAMOND.

ABSTRACT

Socioeconomic sustainability measured in some poultry farms. Case of Algeria.

Society is worried about the strong intensification and increases its demands for a better knowledge of livestock products and their production methods. In order to assess the social and economic sustainability of Algerian poultry farms, we conducted a survey of 15 poultry farms in the Msila region using the "DIAMOND" method which includes 3 scales (economic, social and environmental), each scale consists of 10 criteria of 10 points for each. The analysis of the results of socio-economic sustainability reveals that economic sustainability (63.3 / 100 points) is taken into consideration by farmers, most of whom have good practices in aid sensitivity and financial autonomy and their invested capitals give a good self-financing capacity. Nevertheless, the criteria of "efficiency of the productive process" and "rate of economic specialization" are poorly represented in most farms (dominance of one activity over the others). The sustainability of these farms is limited by the social scale (50.7 / 100 points) which is penalized by the quality of farmers' life, low productivity and poor integration into local life. Thus, the short-chain job is limited by the presence of intermediaries, which reduces the social link. Economically fragile farms (not well capitalized) should take advantage of their capital invested and increase their size by borrowing bank loans. Thus, they should work on the restoration of the indicators of the financial autonomy criteria and the rate of economic specialization by the introduction of other poultry speculations and other animal species as well as by the diversification of the breeding mode.

Key words: economic sustainability, social sustainability, poultry farming, DIAMOND method.

INTRODUCTION

Le marché mondial de la volaille progresse annuellement de 2 à 3 % (ITAVI, 2015). La production d'œuf passe de 0,956 à 1,273 trillions d'œufs alors que celle de la viande de volailles passe de 85,67 à 100,67 de millions tonnes entre 2000 et 2014 soient des hausses respectives de 33 et 18 %. Toutefois, cette production est le résultat de la spécialisation des exploitations et l'intensification des élevages avicoles.

D'après Richaud et *al.* (2015), la production de volaille se fait désormais de manière intensive à 70 % à l'échelle internationale dans les élevages de poulets de chair. A M'sila (région connue pour l'élevage ovin), le défrichement des parcours steppiques, la rémunération de l'activité avicole, l'urbanisation et d'autres facteurs ont favorisé l'adoption de l'aviculture intensive. L'objectif de ce travail est de caractériser le fonctionnement des ateliers avicoles, déterminer le degré de durabilité socioéconomique de l'atelier et identifier les pratiques à améliorer afin d'aider les éleveurs à mieux appréhender le concept de durabilité pour qu'ils puissent plus facilement l'appliquer à leur échelle.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Enquête

L'entretien semi-structuré auprès des aviculteurs s'est effectué auprès de 15 ateliers regroupant 52 bâtiments d'élevage avicole réparties dans quatre communes de la wilaya de M'sila, à savoir : Maadid, Berhoum, M'sila et Hammam Dalaa. Notre démarche méthodologique repose sur deux étapes complémentaires qui nous ont permis de combiner deux types de données : la détermination des conditions de fonctionnement de ces ateliers d'élevage et la mesure de degré de durabilité socio-économique.

- Conditions de fonctionnement : elles sont déterminées pour identifier les caractéristiques structurelles et la diversité des pratiques agricoles. A cet effet, un questionnaire détaillé de 42 questions a été élaboré.

- Évaluation de la durabilité socio-économique : le questionnaire comprend 62 questions pour le calcul des critères de la durabilité.

1.2. Choix de la méthode d'évaluation de la durabilité

L'application de la méthode « DIAMOND » (Diagnostic de durabilité des ateliers d'élevage des Animaux MONogastriques Déclinable par filière) (Fortun-Lamothe et *al.*, 2011 et Fortun-Lamothe, 2012) au sein des ateliers d'élevage avicole de la

région de M'sila nous a permis de quantifier la durabilité socioéconomique de ces ateliers. Cette méthode est utilisable pour l'ensemble des ateliers d'élevage d'animaux monogastriques. Elle évalue la durabilité à partir de six objectifs, intégrant les trois échelles environnementale, sociale et économique (Litt et *al.*, 2014). Toutefois, dans ce travail, nous avons pris en considération uniquement la durabilité économique et sociale car deux critères de l'échelle durabilité environnementale ne sont pas pratiqués par les éleveurs de la région (production des ressources renouvelables et utilisation pour production de biomasse).

- L'échelle de durabilité économique analyse les résultats économiques par l'évaluation de la rentabilité, la flexibilité et l'adaptabilité de l'atelier.

- L'échelle de durabilité sociale se caractérise par la préservation de la qualité de vie et les conditions de travail du producteur et la réponse aux demandes du citoyen-consommateur.

1.3. Analyse statistique des données

Les données collectées ont subi une analyse descriptive à l'aide du logiciel Excel pour déterminer les caractéristiques générales et la durabilité socioéconomique des ateliers avicoles.

1.1.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractérisation des élevages

Les bâtiments d'élevage avicole suivis au cours de cette enquête sont en dur pour 70 % des ateliers et des tunnels (serres en plastiques munies d'isolation) pour 30 % des ateliers.

La taille des exploitations est très divergente (CV=150 %), mais la moyenne est de 10 ha, comprenant 4 ± 2 bâtiments de 697 m² en moyenne. 33 % des exploitations se caractérisent par une diversité animale tandis que, la diversité des espèces avicoles (poulet, poules, dinde, ...) est observée notamment dans les grands élevages. Les élevages enquêtés sont de type standard.

80 % des éleveurs pratiquent la diversité végétale, au moins une culture en plus de l'atelier avicole, [céréaliculture (Blé dur, orge,...) et arboriculture (abricotier,...)]. La diversité de l'activité est un paramètre de la multifonctionnalité qui constitue, selon Guillaumin et *al.* (2009), un moyen d'aller vers un développement durable.

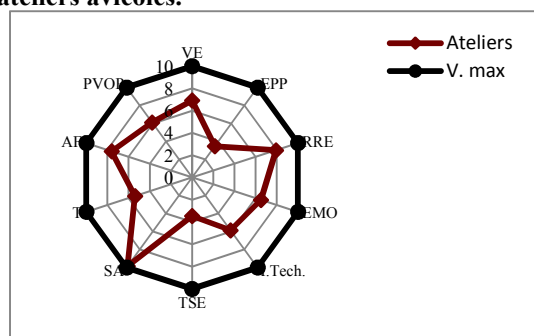
2.2. Évaluation de la durabilité

2.2.1. L'échelle de durabilité économique

Le score total de la durabilité économique des ateliers enquêtés s'établit à 63 points sur un score théorique de 100 points. La quasi-totalité des

ateliers présente de bonnes pratiques pour ce qui concerne la rentabilité économique, la sensibilité aux aides et l'autonomie financière (Figure 1).

Figure 1. Durabilité économique moyenne des ateliers avicoles.



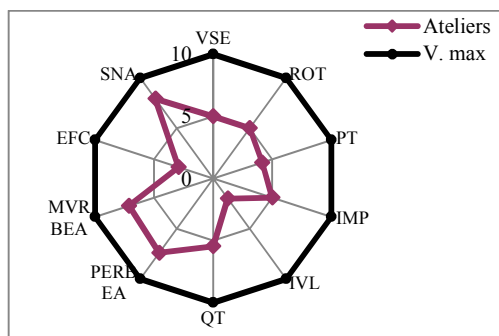
VE : viabilité économique ; EPP : efficacité du processus productif ; RRE : ratio de rentabilité économique ; EMO : efficacité de la main-d'œuvre ; Tech. : Indépendance technique ; TSE : taux de spécialisation économique ; SA : sensibilité aux aides ; T : transmissibilité ; AF : autonomie financière ; PVOP : polyvalence de l'outil de production ; V. max : valeur maximale.

Les indicateurs efficacité du processus productif (3,6 points) et taux de spécialisation économique (3,46 points) sont mal notés dans la plupart des ateliers. La faible efficacité exprime l'importance de la dépendance de ces ateliers aux intrants, ce qui diminue leur autonomie et leur économie des ressources alors que le taux de spécialisation économique élevé indique un manque d'adaptabilité.

2.2.2. L'échelle de durabilité sociale

La durabilité sociale moyenne des ateliers s'établit à 50,7/100 points. Elle est pénalisée, dans l'ensemble, par la qualité de vie et les conditions de travail du producteur. Les scores des critères de cet objectif varient de 13 à 37 points avec une moyenne de $20,9 \pm 7,6$ points pour un maximum théorique de 50 points (Figure 2).

Figure 2. Durabilité sociale moyenne des ateliers avicoles.



VSE : Viabilité socio-économique ; ROT : Repos et organisation du Temps ; PT : Pénibilité du travail ; IMP : Implication dans le milieu professionnel ; IVLQT : Insertion dans la vie locale ; QT : Qualité et traçabilité ; PERMEA : Pratiques d'élevage respectueuses du bien-être animal ; MVRBEA : Milieu de vie

respectueux du bien-être animal et de l'éleveur ; EFC : Emploi Filière courte ; SNA : Services non-agricoles.

Les ateliers les plus viables socio-économiquement enregistrent des scores allant de 6 à 7 points. Ceux-ci se caractérisent par un tonnage important des produits mis sur le marché et des prix proposés compétitifs. La moyenne des scores du critère « Insertion dans la vie locale » est très faible (1,73 points) car la plupart des ateliers ne participent pas dans les foires. Le critère pénibilité du travail est sanctionné par une note moyenne de 4/10 points. Ceci est dû particulièrement au travail pénible mené par le chef d'atelier et la faible productivité de la main-d'œuvre par m² qui est inférieure à la norme mentionnée dans les élevages industriels soit $150,9 \pm 93,5$ m² par unité de main-d'œuvre contre, d'après Gallot (2011), 3500 à 4000 m² de poulets standards ou de dindes.

Les ateliers bien impliqués dans le milieu professionnel sont ceux qui ont des notations supérieures à 7 points (4 ateliers sur 15). Ces scores sont en relation avec la pratique de la pluriactivité et l'engagement des éleveurs dans les travaux humanitaires (offrent des dons aux associations civiles caritatives,...).

Les pratiques d'élevage respectueuses de bien-être animal et la disponibilité des services non-agricoles au niveau de leur région d'habitat sont les critères responsables de la bonne notation (29,8 points /50) de l'objectif « répond aux demandes du citoyen consommateur ». Toutefois, les deux critères « qualité et traçabilité » (3,7 points) et « emploi filière courte » (3,53 points) sont mal représentés dans la plupart des ateliers. Le faible score de la filière courte peut s'expliquer par l'intervention de plusieurs intermédiaires dans la vente des produits, or la filière courte permet d'après, Chiffolleau (2010), d'augmenter le lien social, offrir des produits frais et établir des prix abordables.

CONCLUSION

L'exploration des résultats de la durabilité socioéconomique des ateliers avicoles de la wilaya d'étude montre que les aviculteurs sont conscients de la question de la durabilité économique (63,3/100 points) car la quasi-totalité des ateliers avicoles ne sont pas subventionnés et ne dépendent pas des aides étatiques ou autres pour leur durabilité. Toutefois, les critères « efficacité du processus productif » et « taux de spécialisation économique » sont mal représentés dans la plupart des ateliers (dominance d'une activité par rapport aux autres). La durabilité de ces ateliers est limitée par l'échelle sociale (50,7/100 points) qui est pénalisée par la qualité de vie des exploitants, la faible productivité et la mauvaise insertion dans la vie locale. Ainsi, l'Emploi Filière Courte est

restreinte par la présence d'intermédiaires ce qui diminue le lien social. Pour les ateliers fragiles économiquement (E10 et E12), ils devraient bien profiter de leurs capitaux investis et augmenter la taille de leurs ateliers. Ainsi, ils devraient intervenir sur le rétablissement des indicateurs des critères d'autonomie financière et du taux de spécialisation économique par l'introduction d'autres espèces animales et la diversification des modes d'élevage. En termes de perspectives pour sa durabilité dans

les régions steppiques, tous les ateliers avicoles devraient se regrouper dans des associations et des collectivités pour défendre leurs intérêts communs et augmenter le lien social et l'échange de savoir, des techniques et du matériel de production. Ainsi, l'introduction des produits de qualité et l'optimisation des produits locaux contribuent à la préservation de l'identité du territoire des producteurs et améliorent la diversification des produits et des revenus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chiffolleau Y., 2010. Formes et enjeux des circuits courts de commercialisation en agriculture. Montpellier SupAgro CEP Florac. pp37. <http://www1.montpellier.inra.fr/>
- FAOSTAT, 2018. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Division statistique. FAOSTAT3.FAO.ORG/BROWSE/Q/QL/F
- Fortun-Lamothe L., 2012. L'évaluation de la durabilité des systèmes de production avicoles et cunicoles : principes, démarche, résultats et enseignements, pp8. <http://www.facw.be/>
- Fortun-Lamothe L., Litt J. et Coutelet G., 2011. Evaluation de la durabilité des ateliers d'élevage DIAMOND (IDEA). Séminaire AVIBIO – 9 décembre 2011 – Angers, pp47.
- Gallot S., 2011. Différentes approches de l'évaluation du temps de travail sur les exploitations d'élevage appliquées à l'aviculture, « 9^{ème} Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011 », pp5.
- Guillaumin A., Dockes AC. et Palazon R., 2009. La contribution des exploitations d'élevage au développement durable : état des lieux des méthodes d'évaluation et résultats, Renc. Rech. Ruminants (16) 85-92.
- ITAVI, 2015. Situation de la production et des marchés avicoles. pp16. www.itavi.asso.fr/download/8868
- Litt J., Coutelet G. et Fortun-Lamothe L., 2014. Méthode DIAMOND : guide pratique pour l'évaluation de la durabilité des ateliers palmipèdes à foie gras. Enjeux du développement durable, méthodologie pour l'évaluation de la durabilité des ateliers d'élevage et performances économique, sociale et environnementale. CASDAR Cunipalm 2009-2012. ITAVI. pp66.
- Richaud I., Rivard H., Véron O. et Blanchard EB., 2015. Elevage et climat. Comprendre le problème, évaluer les solutions, *Rapport scientifique de l'AVF*, 32p. <http://www.defi-veggie.fr/>