

# EVALUATION DES REJETS D'AMMONIAC DANS LES SYSTEMES AVICOLES PLEIN AIR EN PAYS DE LA LOIRE

**Laravoire Anaëlle<sup>1</sup>, Ponchant Paul<sup>2</sup>, Robin Paul<sup>3</sup>, Hassouna Mélynda<sup>3</sup>, Anaïs Bruhier<sup>1</sup>,  
Dennery Gaëlle<sup>1</sup>, Pigache Elodie<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DES PAYS DE LA LOIRE - 9 rue André-  
Brouard - 49105 ANGERS,*

<sup>2</sup>*ITAVI - 41 rue de Beaucemaine - 22440 PLOUFRAGAN*

<sup>3</sup>*INRA – 65 rue de St-Brieuc – 35042 RENNES*  
[anaelle.laravoire@pl.chambagri.fr](mailto:anaelle.laravoire@pl.chambagri.fr)

## RÉSUMÉ

L'impact de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) sur l'environnement et la santé publique a conduit depuis quelques années à un renforcement des réglementations. Le protocole de Göteborg fixe notamment un engagement de réduction des émissions azotées de 4 % d'ici 2020 par rapport à 2005. Afin de répondre à ces engagements internationaux, le CITEPA est en charge de réaliser annuellement un inventaire des émissions et des substances polluantes. Vu le contexte réglementaire et le peu d'informations disponibles sur la méthodologie employée pour définir les émissions d'ammoniac, il devient important d'acquérir des références fiables sur les émissions en production plein air de poulets. Pour répondre à cette demande et prendre en compte la spécificité de l'élevage plein air (accès au parcours), un protocole simplifié de mesure de concentration d'ammoniac a été mis en place et validé. Une campagne de mesures dans des élevages de la région des Pays de la Loire a été menée. D'après les résultats de l'étude, la valeur moyenne d'émission d'ammoniac en bâtiment d'élevage de poulets plein air est de  $23,70 \pm 11,53$  g de NH<sub>3</sub>/animal/lot. Ce résultat est proche de la valeur issue de la bibliographie de  $27,90 \pm 14,00$  g de NH<sub>3</sub>/animal/lot (CORPEN, 2006 et ITAVI, 2013). L'étude a aussi pu mettre en évidence un effet de la saison et de l'élevage sur la valeur d'émission d'ammoniac.

## ABSTRACT

### **Evaluation of Ammonia releases in the Loire free range aviary production**

The negative impact of ammonia on environment and human health has led to a strengthening of regulations with the Göteborg protocol. This one imposes a reduction of nitrogen by 4% between 2005 and 2020. To meet these environmental commitments the technical center for studies on atmospheric pollution is responsible to conduct an inventory of emissions and pollutants annually. However, uncertainties remain concerning the calculation of ammonia emissions for free range productions. The Erascal study on the "Evaluation of Ammonia releases in free range aviary production" aims to acquire, for free range aviary production a value of ammonia emission taking into account the peculiarities of this production. A simplified protocol to measure the ammonia in free range housing was set. Results of the study: the ammonia emission average of free range aviary system is  $23.70 \pm 11.53$  g NH<sub>3</sub> / animal / barn. This result corresponds to the one from the CORPEN 2006 and ITAVI 2013:  $27.90 \pm 14.00$  g / animal / barn. This study also showed a seasonal and farmer effect on the ammoniac emission value.

## INTRODUCTION

En élevage de volailles, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est produit lors de l'hydrolyse de l'acide urique par les bactéries uricolytiques présentes dans les déjections et/ou la litière. L'effet de l'ammoniac sur la santé des animaux peut impacter les résultats économiques de l'exploitation en entraînant une baisse du Gain moyen quotidien (GMQ) et donc du poids vif des animaux (Jones et al., 2005). De plus, des troubles respiratoires et oculaires peuvent apparaître au-delà de 10 ppm (Gospodinov, 2016 et Alloui et al., 2013).

Dans le contexte actuel où la protection de l'environnement est au cœur des débats, il paraît important de disposer de références d'émissions d'ammoniac précises, car 15 % des émissions nationales d'ammoniac issues de l'élevage proviennent de l'aviiculture (CITEPA, 2015). La réglementation est de plus en plus contraignante pour les activités agricoles. Le protocole de Göteborg fixe notamment un engagement de réduction des émissions azotées de 4 % d'ici 2020 par rapport à 2005, et des objectifs de 13% de réduction d'ici 2030 sont attendus dans le cadre de la Directive sur les plafonds d'émissions (Directive NEC 2001/81/CE). Afin de répondre à ces engagements internationaux pris par la France, le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) est en charge de réaliser annuellement un inventaire des émissions et des substances polluantes. Pour cela, il s'appuie sur des méthodologies de calcul reconnues par des experts internationaux (ex : EMEP/CORINAIR, IPCC, etc.) et des données techniques spécifiques aux pratiques agricoles nationales (ex : valeurs forfaitaires de rejets ITAVI 2013) pour obtenir des calculs représentatifs.

Le CORPEN 2006 (Groupe Volaille) indique qu'un facteur d'émission d'ammoniac de 30% ( $\pm 15\%$ ) est représentatif des différentes productions avicoles. Appliqué à la valeur forfaitaire de l'azote excrété spécifique par production (ITAVI, 2013), il permet de calculer la valeur d'émission d'ammoniac correspondante ( $\text{émission } \text{NH}_{3(g)} = \text{facteur d'émission} \times \text{valeur forfaitaire}$ ). En s'appuyant sur ces indications et sur le niveau moyen d'azote excrété (valeur forfaitaire) pour les poulets élevés en plein air (ITAVI, 2013), les émissions moyennes d'ammoniac en bâtiment sont estimées à 27,90 g/animal/lot.

Vu le contexte réglementaire et le peu d'informations disponibles sur la méthodologie employée pour définir le facteur d'émission du CORPEN 2006 ( $30\% \pm 15\%$ ), il devient important de disposer d'informations fiables sur les émissions d'ammoniac en production de poulets plein air.

Afin de répondre à cette demande, une campagne de mesures a été réalisée dans des élevages de la région des Pays de la Loire. Première région productrice de volaille label Rouge, les pratiques y sont représentatives de la production plein air. L'étude a été réalisée en deux temps : mise au point d'un protocole de mesures adapté à la production plein air (avec sortie sur parcours) et simple d'utilisation (matériel de mesures accessible et facilement utilisable, facilité de mise en œuvre dans les élevages, faible coût). Ce protocole adapté à la production de poulets plein air, a permis de réaliser les mesures en élevage, et donc d'obtenir une valeur d'émission d'ammoniac pour cette production.

## 1. MATERIELS ET METHODES

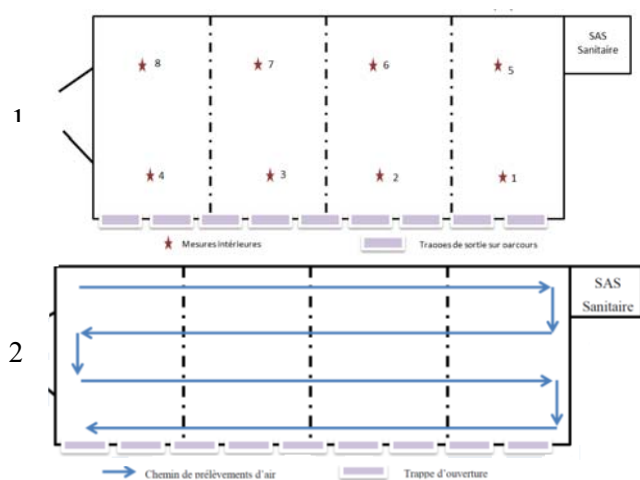
### 1.1 Mise au point d'un protocole simplifié de mesures de la concentration d'ammoniac en bâtiment

Le protocole utilisé pour des mesures en bâtiments conventionnels se base sur la réalisation d'un bilan de masse et sur la méthode des gradients de concentrations : des prélèvements d'air intérieur et extérieur à différentes périodes de l'élevage sont effectués et l'air est ensuite analysé par spectrométrie infrarouge (analyseur INNOVA®) (Ponchant et al., 2009).

Dans notre étude, par choix économique et de facilité d'utilisation, le détecteur portatif d'ammoniac Kimo ToxiRAE2® a été choisi. Des mesures ponctuelles sont réalisées avec cet appareil, contrairement à une mesure en flux continu avec la méthode de référence. Il a fallu néanmoins s'assurer que les concentrations d'ammoniac mesurées avec cet appareil étaient les mêmes que celles mesurées (en moyenne) avec l'analyseur de gaz utilisé dans la méthode simplifiée. Cette phase s'est déroulée dans un élevage pilote comprenant deux bâtiments identiques. De manière à obtenir des mesures représentatives de l'ensemble du bâtiment (largeur et longueur avec et sans trappes de sortie sur parcours, entrée et fond du bâtiment), 8 mesures ont été réalisées (figure 1) à l'aide d'un détecteur portatif d'ammoniac et 3 mesures à l'extérieur du bâtiment (une par pignon et une au niveau d'un long pan), soit, une mesure par côté accessible. Les mesures étaient réalisées à 1mètre de hauteur environ par rapport au sol. En parallèle, des prélèvements ont été effectués selon la méthode de référence (Ponchant et al., 2009). Pour ce faire, 2 aller-retours ont été réalisés dans le bâtiment selon le tracé de la figure 2, à l'aide de sac SKC FlexFoil® PLUS sample bag et d'une pompe d'aquarium permettant de prélever l'air de l'élevage dans le sac. Un aller-retour le long du long pan à l'extérieur du bâtiment a aussi été réalisé. Les prélèvements d'air ont ensuite été analysés grâce à

un analyseur de gaz INNOVA® Airtech Instrument 1412 Photoacoustic Field Gas Monitor donnant une concentration en ammoniac, ramené en ppm, toutes les minutes environ. La concentration moyenne en ammoniac obtenue grâce à l'analyseur dans chaque bâtiment (10 analyses/bâtiment) a été comparée à la concentration moyenne obtenue grâce au détecteur ToxiRAE2® dans le bâtiment (8 points de mesures/bâtiment).

**Figure 1 et 2:** Localisation des points de mesures de la concentration d'ammoniac à l'aide du détecteur portable (1) et parcours de prélèvement d'air en bâtiment à l'aide de sacs et d'une pompe (2)



Dans le cas des élevages plein air de poulets tout venant ou sexés, il a fallu déterminer le nombre de suivis nécessaires au cours du lot. Pour obtenir la cinétique d'évolution au cours d'un lot, des mesures quotidiennes ont été réalisées dans les 2 bâtiments de l'élevage pilote, avec un détecteur portable d'ammoniac. Les mesures ont été effectuées 1 fois par jour vers 8h du matin par l'éleveuse pendant son tour de surveillance. Afin d'avoir une estimation de la concentration moyenne en ammoniac du bâtiment, les 8 mesures ont été effectuées, répartis dans tout le bâtiment. Le parcours suivi a été étudié avec l'éleveuse afin de correspondre à son tour de surveillance (figure 1). Ces séries de mesures ont permis d'identifier l'évolution des concentrations d'ammoniac dans le bâtiment et donc d'identifier le nombre de suivis nécessaires au cours d'un lot pour obtenir une concentration d'ammoniac représentative de la durée du lot.

## 1.2. Calcul de l'émission d'ammoniac en production de poulets plein air en Pays de la Loire

L'étude s'est déroulée en 2015 et 2016 en Pays de la Loire. Au total, 22 bâtiments de poulets label Rouge ont été suivis en période hivernale et 13 de ces bâtiments pendant la période estivale (il n'a pas

été possible de réaliser un deuxième suivi chez les 9 autres). 4 organisations de production ligériennes étaient représentées. Les élevages suivis étaient caractérisés par des bâtiments de 400 m<sup>2</sup> en ventilation statique Louisiane (transversale) ou Lanterneau (extraction haute), avec des sols en terre battue.

A partir des mesures de concentration d'ammoniac (ppm) réalisées en élevage, il est possible de calculer une émission d'ammoniac en g/animal/lot. Dans un premier temps, il a fallu déterminer le débit de ventilation des bâtiments. Pour le calcul, il faut recueillir : le poids des animaux, la température et l'hygrométrie intérieures et extérieures du bâtiment. Ces paramètres permettent de calculer les apports et pertes d'énergie sous forme de chaleur dans le bâtiment d'après la formule suivante (Hassouna et al, 2005) :

Apports de chaleur (en W) = Pertes de chaleur (en W)

$$AA + AC + FL + AS = DP + DV + DE$$

Avec : AA : Apports par les animaux ; AC : Apports par le chauffage ; FL : Fermentation des litières ; AS : Apports solaires (négligeables) ; DP : Déperditions par les parois ; **DV : Déperditions par la ventilation** ; DE : Déperditions par évaporation de l'eau (négligeables).

DV correspond à l'enthalpie en W/animal perdue par la ventilation. Le débit de ventilation (m<sup>3</sup>/h/animal) correspond donc au rapport DV / différence d'énergie (J/kg air sec) calculée aux différentes températures et hygrométries entre l'air intérieur et extérieur, multiplié par sa densité, le tout ramené par heure.

Les émissions d'ammoniac peuvent ensuite être calculées par la formule suivante :

$$\text{Emission} = \text{Concentration ammoniac} \times \text{Débit de ventilation}$$

Dans notre étude, le poids des animaux a été obtenu à partir des pesées des éleveurs, reportées sur les fiches de lot ou estimées à partir de la dernière pesée. Les mesures de température et d'hygrométrie ont été réalisées à l'intérieur du bâtiment à l'aide d'une sonde KIMO AMI 301®, selon les mêmes points de mesures que pour l'ammoniac (figure 1). Les mesures d'ammoniac, d'hygrométrie et de température à l'extérieur du bâtiment ont été réalisées en 3 points : une mesure à chaque pignon et une mesure au niveau du long pan accessible.

Les débits de ventilation calculés et les concentrations d'ammoniac mesurées ont permis d'obtenir des émissions gazeuses pour chacun des jours de mesures. Afin d'obtenir l'émission cumulée sur la durée totale du lot, il a fallu estimer cette émission pour les jours entre les visites. Pour cela, une estimation linéaire avant le premier jour de mesure a été réalisée, puis de la première visite jusqu'à la fin du lot, une estimation polynomiale a

permis d'approcher l'émission quotidienne. L'émission d'ammoniac totale en g/animal/lot correspond donc à la somme des émissions estimées quotidiennement.

La valeur d'émission d'ammoniac calculée en élevage de poulets plein air a ensuite pu être comparée à celle calculée à partir du facteur d'émission d'ammoniac de l'azote excrété de 30 % ( $\pm 15\%$ ) (CORPEN, 2006) et le niveau moyen d'azote excrété (valeur forfaitaire) en bâtiment par les poulets élevés en plein air (ITAVI, 2013). L'écart type de la valeur d'émission d'ammoniac calculée dans l'étude a été comparé à l'incertitude de calcul de la donnée CORPEN 2006.

### 1.3. Identification de facteurs influençant l'émission d'ammoniac

Pour évaluer l'effet saison sur l'émission d'ammoniac, un test de comparaison de Wilcoxon a été réalisé au risque  $\alpha=5\%$  sur les données estivales et hivernales. De plus, un test de corrélation a été réalisé pour savoir s'il existe un effet éleveur sur la valeur d'émission de l'ammoniac.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Mise au point d'un protocole simplifié

Il n'y a pas de différence significative sur les mesures de concentration d'ammoniac en utilisant le détecteur d'ammoniac portatif (1,61 mg de  $\text{NH}_3/\text{m}^3$ ) ou l'analyseur de gaz (1,63 mg de  $\text{NH}_3/\text{m}^3$ ) ( $p=0,98$ ). Le détecteur d'ammoniac portatif utilisé peut remplacer l'analyseur de gaz dans le protocole simplifié.

Concernant la localisation des points de mesures dans le bâtiment, la concentration d'ammoniac mesurée est différente en fonction du lieu de prélèvement. En effet, une mesure réalisée près du long pan avec les trappes de sortie sur parcours est en moyenne de  $0,90 \pm 0,07$  ppm contre  $1,40 \pm 0,11$  ppm sur le long pan opposé. De plus, une différence a été trouvée entre une mesure proche du sas ( $0,72 \pm 0,11$  ppm), une mesure au milieu du bâtiment ( $1,40 \pm 1,12$  ppm) et une mesure en bout du bâtiment ( $1,34 \pm 0,11$  ppm). Les résultats sont similaires dans les deux bâtiments. Il est donc important de conserver ces 8 points de mesures (figure 1) car ils sont représentatifs de la concentration transversale et longitudinale moyenne d'ammoniac dans un bâtiment plein air. Cette étape a permis de valider la localisation et le nombre de points de mesures à effectuer dans le bâtiment, car à la différence des bâtiments en claustration, il faut tenir compte de l'effet de l'ouverture des trappes sur la concentration d'ammoniac dans le bâtiment.

Pour obtenir une valeur de concentration d'ammoniac qui correspond à celle obtenue avec

des mesures journalières sur tout le lot, il faut effectuer une mesure avant l'ouverture des trappes, vers 35 jours, et une autre après l'ouverture des trappes vers 50 jours. Pour prendre en compte la concentration d'ammoniac au démarrage, une mesure en début de lot est ajoutée. Celle-ci sera réalisée vers 20 jours d'âge puisque l'émission d'ammoniac des litières commence aux alentours des 15 jours d'âge (CORPEN, 2006). Enfin, une dernière mesure sera réalisée vers 65 jours d'âge pour estimer la concentration d'ammoniac en fin de lot. Cela représente au total 4 mesures (20-35-50 et 65 jours). Pour confirmer ce protocole, un test statistique a été réalisé pour comparer la moyenne de concentration d'ammoniac obtenue par des mesures quotidiennes sur toute la durée du lot ( $1,19$  ppm) et la concentration moyenne obtenue avec le protocole simplifié (à 20-35-50 et 65 jours :  $1,56$  ppm). Les résultats étaient similaires entre les deux protocoles de mesures ( $p=0,76$ ). Le protocole proposé permet donc d'obtenir une valeur de concentration d'ammoniac proche de celle obtenue avec des mesures journalières sur tout le lot.

### 2.2. Les émissions d'ammoniac en élevage de poulets plein air à l'intérieur des bâtiments

La concentration moyenne d'ammoniac (ppm) en bâtiment d'élevage de poulets plein air est de  $5,80 \pm 4,47$  ppm (min : 1,60 ; max : 21,20) avec une incertitude de calcul de 1,16 ppm due aux 20% d'incertitude du détecteur portatif d'ammoniac. L'émission d'ammoniac moyenne a été de  **$23,70 \pm 11,53$  g de  $\text{NH}_3/\text{animal/lot}$**  (min : 9 ; max : 52) avec une incertitude de calcul de 7,11 g/animal/lot correspondant à une erreur de 30 % due à la possible approximation de la production de chaleur des animaux dans le bâtiment équivalent à  $10,36 \pm 3,11$  g de  $\text{NH}_3/\text{kg}$  de poids vif/lot. Au vu de la variabilité rencontrée sur les émissions en élevages, ce résultat est proche de la valeur obtenue à partir des informations du CORPEN 2006 et de l'ITAVI 2013 : 27,90 g de  $\text{NH}_3/\text{animal/lot}$  avec une incertitude de 14 g/animal/lot car l'ammoniac excrété se situe dans une fourchette comprise entre 15 et 45 % de l'azote excrété en bâtiment plein air qui est de 88 g/animal.

En période estivale, la valeur d'émission d'ammoniac est de  $27,30 \pm 12,53$  g/animal/lot (min : 12,90 ; max : 51,90) avec une incertitude de calcul de 8,19 g/animal/lot. La valeur d'émission d'ammoniac hivernale est de  $20,00 \pm 10,26$  g/animal/lot (min : 9,30 ; max : 50,10) avec une incertitude de calcul de 6 g/animal/lot. Les émissions estivales et hivernales sont significativement différentes ( $p < 0,01$ ). Cela peut s'expliquer par une activité plus importante des animaux pendant la période estivale. De plus, les émissions hivernales et estivales par éleveur sont corrélées positivement ( $R^2 = 0,86$  ;  $p = 0,0003$ ). Cela

signifie qu'un éleveur dont le bâtiment a une faible émission d'ammoniac en été a aussi une faible émission d'ammoniac en hiver, et inversement.

## CONCLUSION

Cette étude a permis d'une part de mettre en place un protocole de mesure simplifié de concentration d'ammoniac en bâtiment de poulets plein air, avec l'utilisation d'un matériel facilement utilisable sur le terrain (détecteur d'ammoniac portatif) et de répondre à la spécificité des bâtiments plein air : les trappes d'accès au parcours. Ce protocole peut être facilement utilisé par tout le monde, pour mesurer les concentrations d'ammoniac et ensuite calculer les émissions d'ammoniac. D'autre part, il a été proposé une valeur d'émission d'ammoniac moyenne en bâtiment d'élevage de poulets plein air de  $23,70 \pm 11,53$  g de  $\text{NH}_3$ /animaux/lot calculée à partir de mesures réalisées en Pays de la Loire. Ces résultats sont cohérents avec les données calculées du CORPEN, 2006 et ITAVI, 2013.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alloui N., Nabil Alloui M., Bennoune O., Bouhental S., 2013. Effect of ventilation and atmospheric ammonia on the health and performance of broiler chickens in summer. J. World's Poult. Res. 3(2) : 54-56.
- CIGR., 2002. Heat and moisture production at animal and house levels.
- CITEPA., 2015. Rapport national d'inventaire. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre en France. Series sectorielles et analyses étendues.
- CORPEN., 2006. Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium – calcium – cuivre et zinc par les élevages avicoles.
- ITAVI., 1998. Sciences et Techniques Avicoles Hors Série 1998. Gestion de l'ambiance des bâtiments avicoles. 28p.
- ITAVI., 2013. Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium – calcium – cuivre et zinc par les élevages avicoles.
- Dennery G., Dezat E., Aubert C., 2012. L'eau en élevage avicole: une consommation maîtrisée.
- Dennery G., Dezat E., Rousset N., 2012. Vers une gestion efficace des litières, de l'approvisionnement aux techniques d'élevage avicole.
- Diard C., Pierret P., Pigache E., 2015. Mise en place d'un protocole simplifié de mesures de l'émission en élevage cunicole et avicole sous signe de qualité.
- Gospodinov I., 2016. Ammonia importance and litter treatment in modern poultry production. Stalosan®.
- Hassouna M., Robin P., Amand G. 2005. Effet de la régulation du débit d'air sur les performances du refroidissement évaporatif en période chaude. Les Journées de la Recherche Avicole, St Malo. 30 et 31 mars 2004.
- INRS., 2012. Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES, sur le site web de l'INRS : [www.inrs.fr/fichetocx](http://www.inrs.fr/fichetocx).
- Jones T.A., Donnelly C.A., Stamp Dawkins M., 2005. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities. Poultry Science. 84 : 1155-1165.
- Laravoire A., Bruhier A., 2016. L'ammoniac en élevages avicoles plein air et cunicole.
- Oudart D., 2015. Modélisation de la stabilisation de la matière organique et des émissions gazeuses au cours du compostage d'effluents d'élevage.
- Ponchant P., Hassouna M., Aubert C., Robin P., Amand G., 2009. Application et validation d'une méthode de mesures simplifiées des gaz à effet de serre en bâtiment d'élevage avicoles.
- Serveau L., 2013. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Séries sectorielles et analyses étendues. CITEPA, rapport national d'inventaire.
- Yahav S., 2004. Ammonia affects performance and thermoregulation of male broiler chickens. Anim. Res. 53 : 289-293.

L'étude a aussi pu montrer qu'il existe un effet de la saison et un effet de l'élevage sur la valeur d'émission d'ammoniac. Il serait intéressant de réaliser une étude complémentaire pour comprendre pourquoi les niveaux d'émission d'ammoniac varient selon les élevages.

A l'issue de cette étude, une plaquette présentant de manière synthétique les résultats a été réalisée à l'intention des éleveurs et des techniciens : l'ammoniac en élevages avicoles plein air et cunicoles, émissions & préconisations (Laravoire et al., 2016).

## REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé par la Région des Pays de la Loire et le Ministère de l'Agriculture. Nous remercions sincèrement l'ensemble des participants de cette étude, notamment les éleveurs et les organisations de production pour leurs disponibilités et leurs accueils chaleureux.