



Amélioration des pratiques de nettoyage et de désinfection des échangeurs-récupérateurs de chaleur utilisés en élevages avicoles

RÉSUMÉ

Les échangeurs-récupérateurs de chaleur (ERC) se sont fortement développés en aviculture depuis 4 ans, du fait des économies d'énergie et de l'amélioration de l'ambiance qu'ils génèrent. Néanmoins, leur nettoyage n'est pas toujours aisé. Les poussières accumulées peuvent impacter le débit et le rendement de l'ERC et sont factrices de risques sanitaires pour les bandes suivantes en véhiculant des agents potentiellement pathogènes. L'objectif de l'étude Clean-RC est de caractériser la contamination des ERC, d'évaluer un protocole de nettoyage et désinfection dans différents contextes, et valider une méthode simplifiée de contrôle de l'efficacité de la décontamination. 27 ERC de 9 modèles ont été suivis durant l'hiver 2013-2014, notamment en canes reproductrices et dindes de chair, connues pour leur cycle long et leur sensibilité sanitaire. Le protocole appliqué et préconisé consiste en 5 étapes : démontage des filtres à poussières, enlèvement grossier de la poussière (par rinçage ou soufflage au compresseur), application de détergent (30 minutes maximum), rinçage puis application de désinfectant. Des prélèvements ont été réalisés sur les quatre faces des blocs à l'aide d'écouvillons, avant et après application du protocole, pour mesurer l'efficacité de la décontamination en streptocoques fécaux. Ce protocole a permis de décontaminer de façon satisfaisante le circuit d'air neuf dans 91 % des cas et le circuit d'air vicié dans 68 % des cas. L'application de détergent par trempage des blocs dans la solution est préférable (90 % de décontamination) à une application par pulvérisation (65 % de décontamination) pour assainir le circuit d'air vicié. Enfin, les ERC munis de systèmes de préfiltration par cartouches ou de buses autonettoyantes conservent une contamination plus faible en cours de lot.

Elodie PIGACHE ¹, Dylan CHEVALIER ¹,
Félix MAHE ², Anouk DRONNEAU ³,
Robert WEHRELEN ⁴, Olivier LE BARS ⁵,
Nathalie ROUSSET ⁶

1 Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire –
9 rue André Brouard – 49105 ANGERS

2 GDS Bretagne section avicole – BP 28 –
22440 PLOUFRAGAN

3 Laboratoire VTbio – 2 rue du Cerne – 85140 LES ESSARTS

4 Grimaud Frères Sélection – La Corbière – 49450 ROUSSAY

5 Synthèse élevage – Rue Marie Curie – 35137 PLEUMELEUC

6 ITAVI – 41 rue de Beaucemaine – 22440 PLOUFRAGAN

Contact : elodie.pigache@pl.chambagri.fr

Introduction

Les échangeurs-récupérateurs de chaleur (ERC) se sont fortement développés en aviculture depuis 4 ans, avec à ce jour environ 25 % des élevages de volailles qui en sont équipés. Une enquête réalisée en 2012 auprès de 200 éleveurs utilisateurs (Chevalier et al., 2012) montre que 90 % des éleveurs sont satisfaits de leur investissement, du fait notamment des économies d'énergie générées (30 % en moyenne), de l'assainissement de l'ambiance observé (baisse de 10 à 15 % de l'hygrométrie intérieure, meilleure qualité des litières, réduction des dégagements d'ammoniac) et de l'amélioration des performances technico-économiques constatée pour 40 % des éleveurs.

Néanmoins, le principal inconvénient de ces appareils reste leur entretien, qualifié de difficile par 55 % des éleveurs, à cause notamment du manque d'accessibilité

des blocs. Les poussières accumulées peuvent non seulement impacter le débit (baisse jusqu'à 50 %) et le rendement de l'échangeur, mais sont aussi considérées comme facteur de risques sanitaires pour les bandes suivantes, en véhiculant des agents potentiellement pathogènes. De plus, les ERC produisent des condensats, formés principalement en hiver du fait de l'écart important de température entre l'air entrant et sortant. Ceux-ci pouvant s'accumuler en périphérie des bâtiments, 35 % des éleveurs ont mis en place des systèmes pour les évacuer. Enfin, l'enquête révèle que 25 % des éleveurs ne désinfectent pas du tout les appareils et que 56 % ne désinfectent pas les blocs au niveau des entrées d'air neuf, considérées à tort comme propres.

C'est dans ce contexte que l'étude « Clean-RC » a été mise en place durant l'hiver 2013/2014. Les objectifs sont multiples : caractériser la contamination des ERC avant et après leur nettoyage, évaluer un protocole de nettoyage et de désinfection standardisé dans différents contextes (productions et modèles d'ERC), ainsi que valider une méthode simplifiée de contrôle de l'efficacité de la décontamination.

1. Matériels et méthodes

Au total, 27 ERC de 9 modèles différents ont été suivis en exploitations. Ceux-ci étaient situés en Pays de la Loire, Bretagne, ainsi qu'en Deux-Sèvres. Les productions ciblées étaient les canes reproductrices et les dindes de chair, pour leur temps d'élevage long ainsi que leur sensibilité en termes de gestion sanitaire.

1.1. Protocole de nettoyage et désinfection appliqué

Un protocole de nettoyage et désinfection standardisé a été défini et appliqué pour les ERC suivis. Il est composé de 5 étapes :

- Démontage des filtres à poussières (si présents) ;
- Soufflage bref au compresseur ou rinçage grossier au nettoyeur haute pression (inférieure à 80 bars pour ne pas endommager les matériaux), pour enlever le surplus de poussières ;
- Application d'une solution détergente, avec un pulvérisateur. Le temps de contact doit être d'au moins 20 minutes, et de 30 minutes maximum pour éviter que le détergent ne sèche et forme une pellicule difficile à enlever par la suite ;
- Rinçage au nettoyeur haute pression (inférieure à 80 bars) ;
- Application d'une solution désinfectante avec un temps de contact d'au moins 5 minutes.

Ce protocole a fait l'objet de deux adaptations principales, dans le but d'optimiser l'action du détergent. D'une part, un détergent non moussant a été utilisé pour les blocs échangeurs à plaques, pour assurer une bonne pénétration de la solution, et un détergent moussant l'a été pour les systèmes à tubes, permettant une meilleure visualisation lors de l'application. D'autre part, pour les ERC dont le bloc échangeur est amovible, l'application de

■ Figure 1 — Application de détergent par trempage du bloc amovible dans la solution.



détergent a été réalisée par trempage du bloc dans la solution détergente lorsque les conditions le permettaient (figure 1).

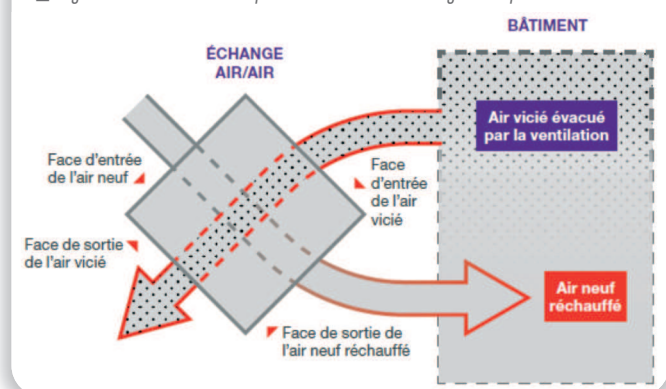
Chaque mise en œuvre du protocole a été suivie de façon approfondie, en relevant notamment :

- Le temps de travail total nécessaire ;
- Le temps d'astreinte, correspondant soit à la durée entre la fin de l'application du détergent et le rinçage pour les ERC avec application par pulvérisation, soit à la durée du trempage pour les ERC avec application de détergent par trempage ;
- Les quantités d'eau, détergent et désinfectant utilisées.

1.2. Caractérisation de la contamination des ERC avant et après nettoyage

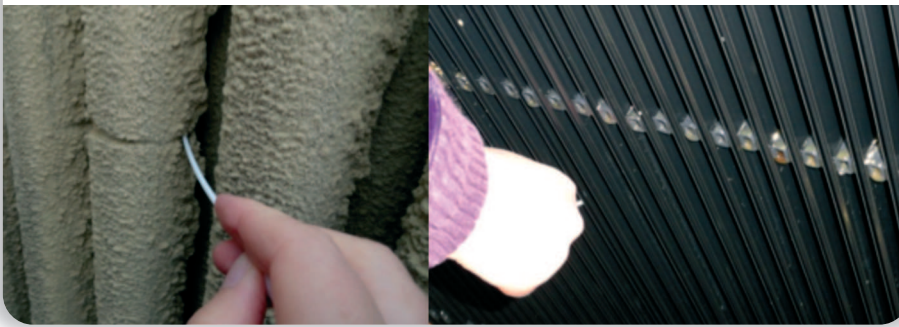
Pour caractériser la contamination des blocs échangeurs, des prélèvements ont été réalisés à l'aide d'écouvillons frottés sur les quatre faces des blocs (figure 2), avec d'une part les faces d'entrée d'air neuf dans le bloc et de sortie d'air neuf réchauffé du bloc vers le bâtiment, qui constituent le circuit d'air neuf, et d'autre part, les faces d'entrée et de sortie d'air vicié qui forment le circuit d'air vicié.

■ Figure 2 — Localisation des quatre faces d'un bloc échangeur récupérateur de chaleur.



Pour les blocs à tubes, les écouvillons ont été frottés par mouvement circulaire, sur les faces intérieures et extérieures des tubes. Pour les blocs à plaques, les écouvillons ont été introduits sur leur longueur entre les plaques, en maintenant un contact avec la surface d'échange. Deux prélèvements par face ont été réalisés, avant et après application du protocole de nettoyage et désinfection (figure 3).

■ Figure 3 — Prélèvement avec écouvillon sur ERC à tubes ou à plaques.



Quelques ERC ont aussi fait l'objet de prélèvements réalisés après détergence mais avant désinfection, afin de caractériser l'état de la contamination entre ces deux étapes du protocole.

Les analyses effectuées à partir de ces écouvillons sont des dénombrements de streptocoques fécaux, dont les résultats sont exprimés par la suite en log d'Unité Formant Colonie (UFC). En effet, cet indicateur a été choisi car il était plus discriminant que le suivi de la flore totale ou d'E. Coli dans la caractérisation de l'efficacité d'une décontamination. Quatre classes de couleur ont été mises en place selon les résultats obtenus suite aux analyses (tableau 1).

■ Tableau 1 — Classes de couleur en fonction de la contamination en streptocoques fécaux (exprimées en log d'UFC).

	inférieur à 1 log d'UFC	Satisfaisant
	entre 1 et 2 log d'UFC	Non satisfaisant
	entre 2 et 6 log d'UFC	Non satisfaisant
	supérieur à 6 log d'UFC	Non satisfaisant

Après application du protocole de nettoyage et désinfection, les ERC sont considérés comme décontaminés de façon satisfaisante lorsque les résultats sont inférieurs à 1 log d'UFC (classe verte).

1.3. Caractérisation des poussières accumulées et des condensats produits

Deux autres types de prélèvements ont été réalisés, avant application du protocole, pour chaque modèle d'ERC suivi avec d'une part, un prélèvement de poussières accumulées à l'aide d'une chiffonnette, par un mouvement d'aller-retour sur la face de sortie de l'air vicié, pour dénombrements de streptocoques fécaux, et d'autre part, un prélèvement de condensats pour lequel deux analyses ont été réalisées : physico-chimiques (analyses du pH et de la dureté) et dénombrements de streptocoques fécaux. Les dénombrements sont là aussi exprimés en log d'UFC.

2. Résultats et discussion

2.1. Application du protocole de nettoyage et désinfection

Les 9 modèles d'échangeurs ont été classés en 4 catégories, basées sur leurs caractéristiques de montage et de nettoyage :

- Catégorie A : ERC avec bloc non amovible, sans pré-filtration ni système d'auto-nettoyage ;
- Catégorie B : ERC avec bloc amovible, sans pré-filtration ni système d'auto-nettoyage ;
- Catégorie C : ERC avec chambre de pré-filtration ;
- Catégorie D : ERC avec système d'auto-nettoyage, sans chambre de pré-filtration.

Le protocole standardisé n'a pu être appliqué que sur les ERC de catégories A et B. En effet, le nettoyage des ERC de catégorie C est réalisé de façon annuelle, et ne tombait pas dans la période de suivi et les ERC de catégorie D eux sont nettoyés de façon automatique. Pour les catégories A et B, le nettoyage et la désinfection des ERC nécessitent en moyenne $55,4 \pm 14,6$ minutes par appareil (tableau 2). Ce temps comprend le temps nécessaire au respect des temps de contact des solutions détergente et désinfectante. Le protocole avec trempage ne semble en moyenne pas nécessiter plus d'eau qu'avec application par pulvérisation, à l'échelle d'un bloc, ce qui peut s'expliquer par un rinçage après détergence facilité par une meilleure action du détergent. Les quantités de détergent nécessaires vont de 50 ml à 5 litres, ce qui s'explique par le mode d'application du détergent (la quantité de solution détergente nécessaire étant plus faible par pulvérisation que par trempage). Les quantités de désinfectant utilisées sont quant à elles de 69 ml en moyenne, toutes catégories confondues.

■ Tableau 2 — Temps de travail et consommations d'eau, de détergent et de désinfectant, pour le nettoyage et la désinfection d'un bloc échangeur de catégorie A ou B.

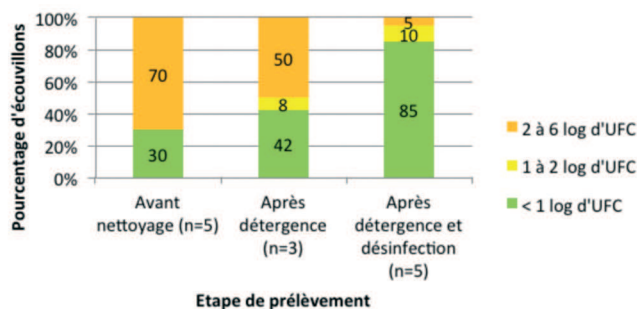
	Moyenne par bloc échangeur [min ; max]		
	Catégorie A	Catégorie B Sans trempage	Catégorie B Avec trempage
Temps total (minutes)	58 [50 ; 63]	55 [32 ; 90]	54 [42 ; 80]
Dont temps d'astreinte (min)	16 [8 ; 20]	18 [15 ; 23]	25 [22 ; 30]
Eau (l)	610 [460 ; 760]	489 [84 ; 1620]	588 [250 ; 1400]
Détergent pur (ml)	117 [50 ; 150]	676 [50 ; 5000]	2750 [1000 ; 5000]
Désinfectant pur (ml)	77 [30 ; 150]	70 [40 ; 200]	60 [30 ; 80]

2.2. Contamination des blocs échangeurs des ERC

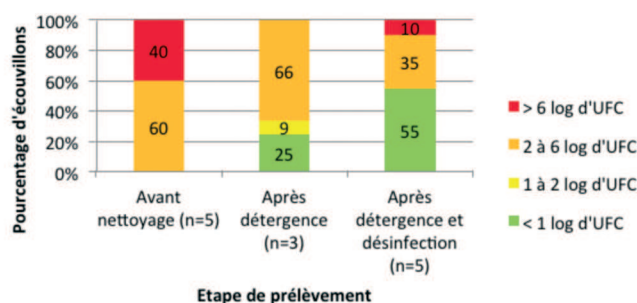
Les résultats d'analyses sont présentés selon les catégories d'ERC définies, en distinguant les circuits d'air neuf et vicié. Les graphes qui suivent représentent le pourcentage d'écouvillons dans chacune des classes de couleurs mises en place (tableau 1), selon le moment où le prélèvement a été effectué (avant nettoyage, après détergence ou après détergence et désinfection).

Cinq ERC de catégorie A ont été suivis (figures 4 et 5). On constate que la mise en œuvre du protocole avec les étapes de détergence et désinfection permet de diminuer la contamination après chaque étape, dans les circuits d'air neuf et vicié, montrant leur intérêt respectif. Après ces deux étapes, 85 % des écouvillons frottés dans le circuit d'air neuf présentent une décontamination satisfaisante. Néanmoins, seulement 55 % de ceux frottés dans le circuit d'air vicié montrent des résultats satisfaisants.

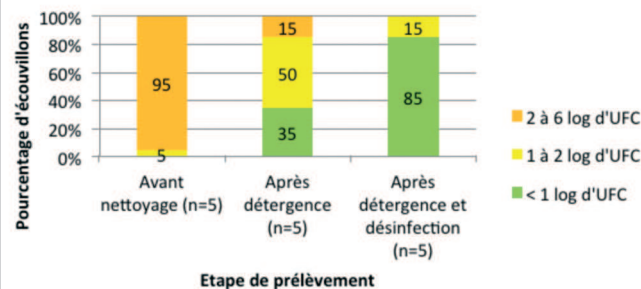
■ Figure 4 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie A (circuit d'air neuf).



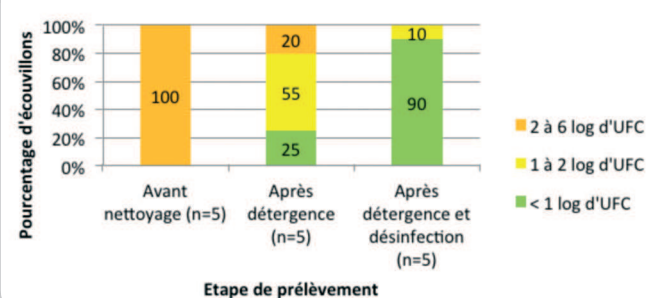
■ Figure 5 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie A (circuit d'air vicié).



■ Figure 8 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie B avec trempage (circuit d'air neuf).



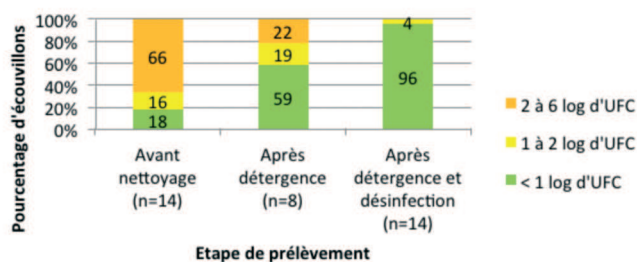
■ Figure 9 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie B avec trempage (circuit d'air vicié).



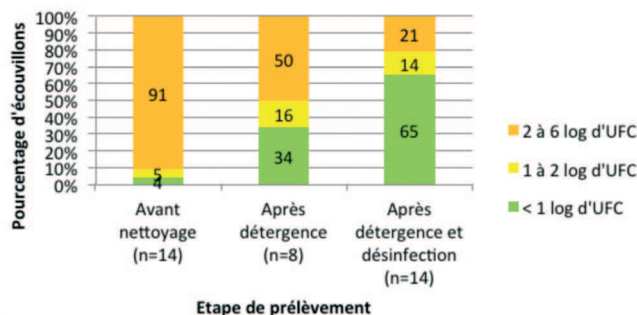
Dix-neuf ERC de catégorie B ont été suivis (figures 6 à 9). L'application de détergent a été réalisée par pulvérisation pour 14 ERC et par trempage pour les 5 autres. Là aussi, l'intérêt des deux étapes du protocole est constaté, avec une baisse de la contamination après chaque étape. De plus, les deux procédés d'application du détergent permettent des décontaminations satisfaisantes dans le circuit d'air neuf dans 96 % des cas avec pulvérisation et 85 % des cas avec trempage. Concernant le circuit d'air vicié, l'application par trempage permet d'obtenir de meilleurs résultats, avec des décontaminations satisfaisantes dans 90 % des cas, contre 65 % par pulvérisation.

Deux ERC de la catégorie C ont été suivis (figure 10). Les prélèvements ont été réalisés en cours de lot, le nettoyage étant effectué annuellement. 100 % des écouvillons frottés dans le circuit d'air neuf présentent une absence de contamination. Le circuit d'air vicié quant à lui présente une légère contamination, avec pour la classe orange de 2 à 6 log d'UFC, une moyenne de 3,477 log d'UFC (contre respectivement 4,968 et 4,322 log d'UFC pour les écouvillons de même classe des ERC de catégories A et B). Le système de pré-filtration permet ainsi de limiter la contamination par rapport aux systèmes non équipés.

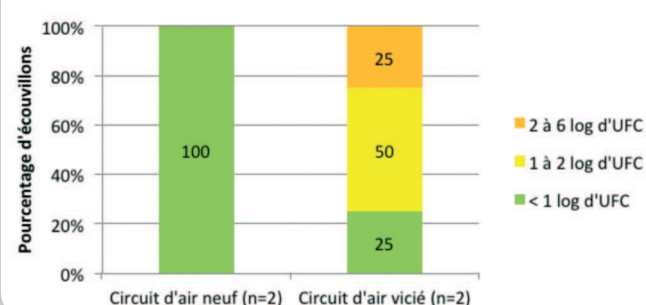
■ Figure 6 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie B sans trempage (circuit d'air neuf).



■ Figure 7 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie B sans trempage (circuit d'air vicié).



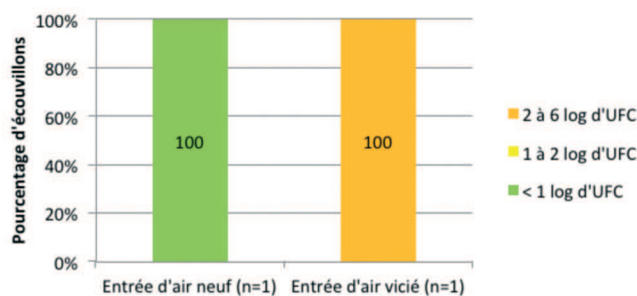
■ Figure 10 – Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie C (mesures en cours de lot).



Des prélèvements ont également été réalisés sur un des ERC de catégorie C suivi, après son nettoyage annuel par une équipe de prestation, en aval de l'étude. Le protocole appliqué est similaire à celui préconisé sur le principe (5 étapes), mais nécessite une journée de travail. Les résultats d'analyses montrent une décontamination satisfaisante dans le circuit d'air vicié ainsi que la sortie d'air neuf réchauffé dans le bâtiment (l'entrée d'air neuf n'étant pas accessible).

Un seul ERC de catégorie D a été suivi (figure 11). Les prélèvements ont là encore été effectués en cours de lot, le nettoyage étant effectué de façon régulière à l'aide d'un système d'auto-nettoyage avec buses. Les prélèvements effectués au niveau de l'entrée d'air neuf montrent une absence de contamination, contrairement à l'entrée d'air vicié où 100 % des écouvillons présentent plus de 2 log d'UFC, mais avec un effectif moyen de 2,582 log d'UFC (plus faible que pour les catégories A et B). Ainsi, ce système permet de limiter la contamination au niveau des entrées d'air neuf et vicié. Néanmoins, la sortie de l'air neuf réchauffé dans le bâtiment (la plus sensible) n'a pas pu être suivie, faute d'accessibilité.

■ Figure 11 — Pourcentage d'écouvillons selon les dénombrements de streptocoques fécaux (en log d'UFC) pour les ERC de catégorie D (mesures en cours de lot).



2.3. Caractérisation des poussières accumulées et des condensats produits

Les streptocoques fécaux sont présents de façon systématique dans les poussières (4,2 à 7,6 log d'UFC), qui peuvent être vectrices d'agents pathogènes. Concernant les condensats, ceux-ci sont basiques et très doux (pH de 8,06 et dureté de 2,85 °F en moyenne), et peuvent donc présenter un risque de développement de bactéries pathogènes et de corrosion (CRAPL et al., 2007). De plus, les streptocoques fécaux sont présents de façon systématique dans les condensats (3,5 à 5,7 log d'UFC), qui peuvent se révéler vecteurs d'agents pathogènes. Il est à noter que les condensats des ERC de catégories C et D ressortent comme les moins contaminés (moyenne de 3,5 log d'UFC) par rapport aux ERC de catégories A et B (moyenne de 5,5 log d'UFC), pouvant s'expliquer par une moindre contamination des blocs échangeurs.

Conclusion

En conclusion, les résultats issus des suivis permettent de valider le protocole de nettoyage et désinfection mis à l'épreuve, celui-ci permettant d'obtenir de bons résultats de décontamination, toutes catégories confondues. De

plus ce travail a permis de proposer aux éleveurs une solution référencée de contrôle de l'efficacité de la décontamination simple à mettre en œuvre, peu onéreuse et adaptées aux différents équipements existants. Le trempage des blocs échangeurs dans la solution détergente — lorsque cela est possible — est une piste pour améliorer l'efficacité de la décontamination, notamment pour le circuit d'air vicié. De plus, les systèmes de nouvelle génération, avec chambre de pré-filtration par cartouches ou buses auto-nettoyantes permettent de conserver une contamination plus faible en cours de lot par rapport à ceux non équipés et sont donc à préconiser. Il faut néanmoins veiller à la bonne gestion des poussières, notamment pour les ERC avec chambre de pré-filtration, pour éviter leur dissémination en périphérie de bâtiment. La gestion des condensats doit aussi être prise en compte, en mettant par exemple en place pour les ERC concernés, des aires bétonnées avec des systèmes d'évacuation des condensats (voire des eaux de lavage pour les ERC où les blocs échangeurs ne sont pas amovibles) pour limiter les risques de re-contamination des bâtiments ou de dispersion dans l'environnement. Ainsi, ces éléments constituent des pistes de réflexions pour les fabricants, afin de faire évoluer les conceptions des ERC de demain. Il est nécessaire d'intégrer la maîtrise du temps de travail et de la pénibilité pour rendre le nettoyage et la désinfection moins fastidieux pour les éleveurs. Cela peut se traduire par des systèmes avec une bonne accessibilité du bloc échangeur, du matériel démontable (bloc échangeur, déflecteur, ...), des filtres présents en bâtiment ou dans une chambre de pré-filtration spécifiques, des équipements de nettoyage automatique, la canalisation et la gestion des condensats,...

Remerciements

Ce projet a été financé par la Région Pays de la Loire, FranceAgriMer et le Ministère de l'Agriculture (PRDA). Les partenaires remercient chaleureusement l'ensemble des participants à cette étude, notamment les équipementiers et les éleveurs.

Références bibliographiques

CHEVALIER D., NICOLAS C., AMAND G. et al, septembre 2012. *La récupération de chaleur en aviculture : retour d'expérience d'éleveurs utilisateurs*, 14 pages.

CRAPL, ITAVI, novembre 2007. *Eau de boisson en élevage avicole : un levier majeur de réussite*, 12 pages.

Méthode de contrôle de l'efficacité de la décontamination

Au vu des résultats obtenus, cette étude a permis de mettre en place une méthode de contrôle de l'efficacité de la décontamination, simple et rapide à mettre en œuvre. Celle-ci consiste d'une part en un contrôle visuel de la propreté des ERC après nettoyage, et d'autre part, à frotter un écouvillon au niveau de la face d'air neuf réchauffé entrant dans le bâtiment (la plus sensible), pour dénombrement de streptocoques fécaux (figure 12).

■ Figure 12 — Prélèvement avec écouvillon sur la face d'air neuf réchauffé entrant dans le bâtiment, sur ERC à plaques ou à tubes.



Le nettoyage est considéré comme satisfaisant lorsque le bloc est propre visuellement et le résultat d'analyse inférieur à 1 log d'UFC (classe verte).