



HAL
open science

Quelles solutions techniques pour mettre à l'abri les canards mulards en périodes à risque d'Influenza aviaire ? : Principaux résultats obtenus dans le cadre du projet PROSPeR

Joanna Litt, Marion Pertusa, Yann Guyot, Azélie Hazard, Marie-Dominique Bernadet, Mohamed Bijja, Gaétan Laval, Paul Robin, Vincent Blazy, Wejdene Chetouane, et al.

► To cite this version:

Joanna Litt, Marion Pertusa, Yann Guyot, Azélie Hazard, Marie-Dominique Bernadet, et al.. Quelles solutions techniques pour mettre à l'abri les canards mulards en périodes à risque d'Influenza aviaire ? : Principaux résultats obtenus dans le cadre du projet PROSPeR. Innovations Agronomiques, 2024, 94, pp.285-302. 10.17180/ciag-2024-vol94-art19 . hal-04612347

HAL Id: hal-04612347

<https://hal.inrae.fr/hal-04612347v1>

Submitted on 14 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Quelles solutions techniques pour mettre à l'abri les canards mulards en périodes à risque d'Influenza aviaire ? : Principaux résultats obtenus dans le cadre du projet PROSPeR.

Joanna LITT¹, Marion PERTUSA¹, Yann GUYOT¹, Azélie HAZARD², Marie-Dominique BERNADET², Mohamed BIJJA³, Gaétan LAVAL¹, Paul ROBIN⁴, Vincent BLAZY¹, Wejdene CHETOUANE¹, Bernard MAZE¹, Clément DO¹, Lisa ARNALOT¹, Lucie PORCHER¹, Rafael PREVOT⁵, Nelly TESCARI⁵, François HERAULT⁶, Elisabeth BAEZA⁷

¹ ITAVI, Institut technique des filières avicole, cunicole et piscicole, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75008 Paris, France

² INRAE AVIPOLE, Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement 1076 route de Haut Mauco, 40280 Benquet, France

³ ASSELDOR, Association des éleveurs de Dordogne, Boulevard des Saveurs, Cré@Vallée Nord, 24060 Périgueux, France

⁴ INRAE, Unité Mixte de Recherche 1069 Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, 65 RUE de Saint-Brieuc, 35000 Rennes, France

⁵ CEPISO, Centre d'Etudes des Palmipèdes du Sud-Ouest, Maison de l'Agriculture, Cité Galliane, BP 279, 40005 Mont de Marsan, France

⁶ EPLEFPA de Périgueux, Établissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricoles, Avenue Winston Churchill, 24660 Coulounieix-Chamiers, France

⁷ INRAE, Université de Tours, Unité Mixte de Recherche Biologie des Oiseaux et Aviculture, Centre INRAE Val de Loire, 37380 Nouzilly, France

Correspondance : litt@itavi.asso.fr

Résumé

La recrudescence des cas d'Influenza Aviaire dans les élevages de canards mulards destinés à la production de Foie Gras a conduit à une remise en question profonde des systèmes d'élevage de ces animaux passant en particulier par l'obligation de leur mise à l'abri en période à risque, et donc d'élever les animaux en bâtiments fermés. Ceci amène les éleveurs à relever le même double défi : gérer l'ambiance du bâtiment indissociable de la gestion des litières et du travail de l'éleveur d'une part ; et assurer les performances et le bien-être animal d'autre part. Le projet PROSPeR visait à lever ces freins en proposant des innovations et des choix techniques adaptés à différentes situations pouvant être rencontrées en élevage, en vue de soutenir les professionnels dans la gestion de la mise à l'abri. Afin d'éclairer et d'objectiver les choix des producteurs les travaux conduits ont combinés trois types d'approches complémentaires : une approche terrain, une approche expérimentale et une approche prédictive. Trois principaux types d'outils d'aide à la décision destinés aux professionnels ont été proposés pour guider les choix des producteurs dans leur gestion de la mise à l'abri : (1) un arbre de décision associé à des fiches cas types permettant de partager un retour d'expérience pour différentes situations de mises à l'abri, (2) différents types de support reprenant les 4 principaux points clés de succès de la mise à l'abri et (3) un calculateur permettant de vérifier si le choix de densité et les besoins associés de paillage sont gérables en fonction du type de bâtiment considéré et des conditions météorologiques.

Mots-clés : mise à l'abri, confinement, palmipèdes, grippe aviaire



Abstract: Which technical solutions can be used to shelter mule ducks during high-risk periods of avian influenza? Main results of PROSPeR project.

The increased number of Avian Influenza cases in duck farms for the production of fatty livers has led to a major reassessment of the way these animals should be reared, particularly in terms of the obligation to shelter the animals during high-risk periods, i.e. to keep them indoor. As a result, breeders face the same twofold challenge: on the one hand, managing the indoor climate, which is inextricably linked to managing bedding and farmers' workloads; and on the other hand, ensuring animal performance and welfare. The PROSPeR project aimed to overcome these difficulties by proposing innovations and technical choices adapted to different situations that can be encountered on livestock farms, in order to support farmers in the management of sheltering. To clarify and objectify farmers' choices, the work carried out combined three complementary approaches: a farm feedback approach, an experimental approach and a computing approach. Three main types of decision-making tools for professionals were proposed to support farmers' choices in their sheltering management: (1) a decision support tool combined with case studies to share feedback on different sheltering situations, (2) various types of support covering the 4 key success factors for sheltering, and (3) a calculator checking whether the choice of density and associated bedding requirements are manageable, depending on the type of buildings and the weather conditions.

Keywords: sheltering, confinement, ducks, avian flue

1. Introduction

La recrudescence des cas d'Influenza Aviaire dans les élevages de canards mulards destinés à la production de foie gras a conduit à une remise en question profonde des systèmes d'élevage de ces animaux. Des évolutions ont ainsi été mises en place au niveau technique (par exemple, mise à l'abri en cas d'élévation du niveau de risque sanitaire sur le territoire), structurel (par exemple, banalisation de la bande unique) et organisationnel (par exemple, mise en place de mesures de biosécurité supplémentaires). Ce virus se diffusant notamment lors des contacts des palmipèdes avec l'avifaune sauvage contaminée au moment des flux migratoires, un des enjeux majeurs pour la filière réside dans la capacité de mise à l'abri de ces animaux en période à risque (DGAL, 2016). Si le concept de mise à l'abri apparaît simple à appréhender puisqu'il s'agit d'élever des animaux dans des conditions protégées (c'est-à-dire, dans les faits, en bâtiments fermés), il couvre en réalité une diversité de systèmes de production et de pratiques d'élevage plus complexe. Cette complexité apparaît avec la multiplicité de combinaisons de différentes caractéristiques structurelles inhérentes aux élevages (types de bâtiments, types de sols, équipements...) et de leviers de gestions actionnables (choix de densités, type et quantité de litière, modalités de paillage/repailage, âge de dé-tassage et de sortie des animaux...) très variables. Tous doivent, toutefois, relever le même double défi : gérer l'ambiance du bâtiment, indissociable de la gestion des litières et du travail de l'éleveur, d'une part ; et assurer les performances et le bien-être animal, d'autre part. Outre des difficultés avérées de gestion de l'ambiance et des litières dans les bâtiments, l'élevage en confinement implique en effet aussi une recrudescence des réponses de peur, qualifiées par les éleveurs comme du nervosisme, rapportées dès l'âge de 5-6 semaines et de certaines lésions corporelles (pododermatites, griffures, ...). Le projet PROSPeR visait à lever ces freins en proposant des innovations et des choix techniques adaptés à différentes situations pouvant être rencontrées en élevage, en vue de soutenir les professionnels dans la gestion de la mise à l'abri en cas d'élévation du niveau de risque sanitaire sur le territoire. Afin d'éclairer et d'objectiver les choix des producteurs dans leur gestion de la mise à l'abri, les travaux conduits ont combinés trois types d'approches complémentaires :

- **Une approche terrain**, consistant à organiser, valoriser et partager des retours d'expériences issus du terrain sur différents volets techniques (pilotage de l'ambiance, paillage et gestion de la litière, modalités d'alimentation et d'abreuvement,...) via (1) la conduite d'enquêtes en ligne, (2) la réalisation d'entretiens téléphoniques et physiques auprès d'organisations de production et



d'éleveurs complétés par des visites en élevage et (3) l'organisation de journées professionnelles centrées sur le partage d'expériences.

- **Une approche expérimentale**, consistant à tester et évaluer en conditions contrôlées différents leviers susceptibles d'impacter positivement (1) les conditions d'ambiance et la qualité de litière, (2) la présentation des fientes et le gaspillage d'eau et (3) le comportement des animaux.
- **Une approche prédictive**, en vue (1) de simuler le rapport coût/bénéfice d'équipements innovants nécessitant d'importants investissements (déshumidificateurs) et (2) d'accompagner et d'objectiver les choix des éleveurs en termes de densité d'animaux mis en place et de modalités de paillage (type, quantité, stade d'application de litière) pour différents types de bâtiments et conditions météorologiques par de la modélisation.

Celles-ci sont successivement présentées dans le présent article. Cette combinaison d'observations en élevage, d'expérimentations en conditions contrôlées et de modélisation est particulièrement intéressante pour dimensionner les bâtiments et équipements, optimiser leur rénovation, anticiper les effets des conduites d'élevage et les adapter à la diversité des bâtiments et des climats (Chetouane *et al.*, 2019).

2. Organisation, valorisation et partage de retours d'expériences issus du terrain

Pour tenter de contenir les crises sanitaires successives induites par la diffusion de virus Influenza aviaire au sein des élevages, une obligation de mise à l'abri des canards mulards, en fonction du niveau de risque de circulation de ces virus et de la zone considérée, a été actée par l'administration durant le pas de temps du projet (arrêté du 29 septembre 2021 relatif aux mesures de biosécurité). Celle-ci a conduit à des adaptations des systèmes d'élevage dans l'urgence et à l'acquisition d'expériences *via* une mise en pratique effective directement sur le terrain. Ce retour d'expériences a été réalisé en 2 temps :

- **En début de projet d'une part (2019-2020)** alors que la mise à l'abri n'avait été pratiquée que par quelques rares éleveurs : la profession peu expérimentée sur le sujet s'intéressait aux **perspectives d'adaptations** qui pourraient être réalisées en élevage ;
- **A partir du milieu de projet d'autre part (2021-2022)** alors que la mise à l'abri n'était plus une hypothèse mais une réalité pour bon nombre d'éleveurs, notamment dans les zones de fortes densités d'élevage de palmipèdes (538 communes listées dans l'arrêté, considérées comme des Zones à Risque de Diffusion, ZRD) : la profession l'avait alors largement pratiquée et une **capitalisation effective** de l'expérience terrain a pu être réalisée.

2.1. Matériel et méthodes

2.1.1. *Enquêtes en lignes réalisées en début de projet*

Durant les premiers épisodes d'Influenza aviaire, les producteurs de palmipèdes ont fait l'expérience de la mise à l'abri en cours de lot et/ou durant toute la phase d'élevage ou s'interrogeaient sur la façon de la conduire sur leur élevage suscitant beaucoup d'incertitudes et de questionnements. De fait, les retours d'expériences auprès des producteurs ayant pratiqué la mise à l'abri et l'acquisition de références à ce sujet ont été nécessaires pour mieux conseiller les acteurs concernés par la suite. Pour ce faire, une enquête en ligne a été créée (Pertusa *et al.*, 2020). Celle-ci visait à réaliser un premier état des lieux visant à recenser les premiers retours et solutions mises en œuvre ou imaginées par les producteurs pour assurer la mise à l'abri de leurs animaux, au regard de leur contexte de travail. Cette enquête, réalisée *via* le logiciel Lime Survey comprenait des questions principalement fermées, abordant les caractéristiques du bâtiment, de l'alimentation, de l'abreuvement, de la gestion de l'ambiance, des animaux, de la litière, des effluents et des résultats technico-économiques de l'élevage. Une partie était aussi relative aux investissements réalisés par les producteurs pour adapter leurs outils de production au contexte sanitaire. Enfin, les enquêtes comprenaient des questions plus ouvertes, laissant aux éleveurs



la possibilité de s'exprimer sur leurs pratiques et leurs difficultés. Pour chaque thématique, entre 5 et 15 questions étaient posées. En outre, en fonction de certaines réponses, des questions conditionnelles supplémentaires étaient posées. Cela concernait notamment les questions d'expérience liées à la pratique de la mise à l'abri, dont seuls les éleveurs l'ayant pratiquée ont pu répondre dans ce cas. La durée de réponse au questionnaire était évaluée entre 1 h et 1 h 30. Ces enquêtes, préalablement validées par les partenaires du présent projet ont été adressées aux éleveurs de palmipèdes (en schémas d'intégration et en circuit-court) par les biais des Organisations de Producteurs et des Chambres d'agriculture, à une échelle nationale.

2.1.2. *Entretiens téléphoniques et physiques auprès d'organisations de production et d'éleveurs réalisées à partir de la mi-projet*

L'expérience de confinement 2020-2021 a constitué une opportunité unique de compléter ces résultats et de partager de l'expérience acquise entre éleveurs. À cette fin, 10 organisations de production ont été contactées et interrogées sur :

- Le parc / bâtiment, dans leur structure, en distinguant l'existant et les nouveaux projets se développant ;
- Les hypothèses de densité retenues pour les différents types de bâtiment représentés ;
- Les préconisations techniques données aux éleveurs lors de la mise à l'abri pour différents points clé de l'élevage pour la mise à l'abri (mise en chauffe, linéaire de mangeoire, rationnement...) ;
- Les innovations favorisant selon eux une meilleure gestion de l'eau et de l'humidité dans le bâtiment et/ou permettant de prévenir les déviations comportementales, en lien notamment avec les pratiques d'alimentation/abreuvement, la litière et l'ambiance et d'autres leviers pour prévenir les déviations comportementales ;
- Les exemples de réussites et les difficultés rencontrées.

Ces entretiens ont permis de proposer une typologie de bâtiment présentée sous la forme d'un arbre de décision présentant 4 « ramifications » :

- Première ramification, selon leur **usage** : bâtiment « chaud » au sein duquel est conduite la phase de démarrage puis la phase de croissance finition vs. bâtiment « froid » au sein duquel est conduite la phase de croissance finition seulement) ;
- Seconde ramification, leur type de **ventilation** : ventilation transversale, type « Louisiane » ou ventilation longitudinale au niveau des pignons ;
- Troisième ramification, le type de **bâtiment** en fonction notamment de leur largeur : bâtiment avec lanterneau (plus de 12 m de large), bâtiment sans lanterneau (6-9 m de large), ou autre type de bâtiment (cabane mobile, tunnel, hangar...) ;
- Quatrième et cinquièmes ramifications, les hypothèses de **densités d'animaux** retenues en démarrage et/ou en croissance finition (5 canards par m² ou 3 canards par m² après détassage fin démarrage ou non).

Un panel de 16 élevages représentatifs de 19 cas-types a ensuite été constitué. Ces élevages ont fait l'objet d'un entretien individuel avec le chef d'exploitation, éventuellement assisté d'un technicien, conduit sur site par un stagiaire formé aux entretiens semi-directifs. Le questionnaire était constitué de 10 questions ouvertes, associées à des thèmes de relances couvrant les 5 thématiques suivantes : caractérisation de l'exploitation, gestion de l'ambiance et des litières, gestion de l'alimentation et de l'abreuvement, bien-être animal, retour d'expérience et perspectives. En amont de l'entretien ou à son issue, des données qualitatives et quantitatives complémentaires touchant directement aux postes de



charges et de dépenses ainsi qu'aux caractéristiques du bâtiment étaient par ailleurs collectées auprès de l'éleveur ou relevées directement dans le bâtiment.

2.2. Résultats

2.2.1. Enquêtes en lignes réalisées en début de projet

Les questionnaires élaborés étaient assez complexes ce qui nous a amené à privilégier un échantillon de taille restreinte mais constitué de situations contrastées tant en termes de schémas de production, de structuration du site que d'expériences vis-à-vis de la mise à l'abri des animaux. Les questionnaires ont ainsi permis d'étudier de manière plus approfondie ces situations. Douze éleveurs (6 ayant mis à l'abri et 6 ayant réfléchi à la façon dont ils mettraient à l'abri si nécessaire) ont répondu à l'enquête en ligne, présentant des modifications dans leurs systèmes, des difficultés rencontrées et des premières solutions mises en évidence pour gérer la mise à l'abri (Pertusa *et al.*, 2020). Des investissements de 5 000 € à 261 000 € ont été nécessaires pour 8 d'entre eux, afin d'agrandir leurs bâtiments et acheter des équipements supplémentaires (chaines et silos d'alimentation, lignes de pipettes, pailleuse, etc.). La moitié d'entre eux a aussi construit des jardins d'hiver et 3 ont investi dans un nouveau bâtiment. Les difficultés rencontrées ont été, pour la plupart d'entre eux, la gestion de la litière considérant la pénibilité du travail ainsi que la nervosité des animaux. Pour y faire face, la réduction de la densité des animaux figure comme un critère prioritaire pour la majorité des producteurs enquêtés. En moyenne, les 12 éleveurs ont estimé une densité technique idéale entre 4,5 canards par m² et à 5,4 canards par m², pour garantir un résultat économique satisfaisant. Pour certains systèmes, cela représente une réduction de moitié de leurs effectifs. L'enrichissement du milieu, le choix d'une litière absorbante et de bonne qualité et les interventions sur les animaux (épointage et dé-griffage) figurent comme des leviers importants. En outre, l'utilisation d'une pailleuse est considérée pour la quasi-totalité des éleveurs comme un outil essentiel pour faire face à l'augmentation estimée d'environ 45 minutes à 1 heure supplémentaire de temps par semaine et par m² pour assurer un paillage en période de mise à l'abri, en comparaison à une période dite « classique ». De plus, pour la moitié des éleveurs enquêtés, 1 voire 2 curages intermédiaires du fumier sont nécessaires pour la bonne gestion technique du lot. Aussi, l'importance du temps de chauffe en début de lot et de l'aération des bâtiments (permettant de contrôler le taux d'humidité) et d'une surveillance accrue des animaux (3 à 4 passages par jour), afin de prévenir certaines problématiques techniques (en contrôlant l'état général des canards) ou d'éventuelles fuites, sont aussi considérées comme des moyens à ne pas négliger.

2.2.2. Entretiens téléphoniques et physiques auprès d'organisations de production et d'éleveurs réalisées à partir de la mi-projet

Les informations relatives aux retours d'expériences sur la mise à l'abri 2020-2021 ont été résumées au sein d'un recueil de 19 plaquettes de synthèse relatives à chaque cas type associées à un arbre de décision, à destination des éleveurs de palmipèdes (Do *et al.*, 2023). Ce recueil, présenté sous la forme de cas-type regroupe des témoignages et conseils d'éleveurs pour différents types de bâtiments et choix de densités structurés via un arbre de décision à 5 ramifications qui permet de renvoyer vers un (des) numéro(s) de plaquettes à consulter pour l'éleveur, car proche de sa situation. Ces plaquettes sont disponibles gratuitement sur le site internet de l'ITAVI (<https://www.itavi.asso.fr/publications/quelles-solutions-techniques>) Elles se présentent sous la forme d'un document 4 pages où sont combinés des éléments quantitatifs et qualitatifs mesurés ou observés sur le dernier lot mis à l'abri et des extraits de témoignages d'éleveur en vue de partager leur expériences (commentaires, conseils, astuces) reprenant différents éléments clés de l'ordre :

1. De l'**économie du système** : description du système d'élevage en tant que tel, niveau d'investissements, charges opérationnelles liées à la litière et à l'énergie et performances zootechniques mesurées (poids vif, indice de consommation et mortalité) ;



2. De la **gestion des litières et de l'ambiance** : quantités intrants/sortants, fréquence des opérations et organisation/équipement de l'éleveur ;
3. Du **travail de l'éleveur** : temps et pénibilité physique et psychique associés à la surveillance des animaux, au paillage, au curage et au nettoyage/désinfection du bâtiment) ;
4. Du **bien-être et de l'état corporel des animaux** : évaluation de la nervosité des animaux, de leur état d'emplumement, de la propreté de leur plumage, du degré de lésions corporelles et de boiteries, de l'homogénéité et de la santé globale du lot.

Ces plaquettes ont, par ailleurs, contribué à enrichir un recueil de solutions plus global, décliné sous la forme de fiches techniques, d'une part, et de supports de présentations Power Point, d'autre part. Ce recueil est issu de la capitalisation réalisée par les partenaires du projet à partir des retours d'expérience des organisations de production et d'éleveurs interrogés individuellement, de l'expertise des partenaires du projet sur leur thématique respective (ambiance/litière, alimentation, bien-être/comportement des animaux) et des résultats des essais conduits dans le cadre du projet. Celui-ci prend en compte les 4 principaux points clés de succès de la mise à l'abri, à savoir :

- **L'adaptation de la densité au type de bâtiment** en traitant des questions relatives au choix de la densité, pour différents types de bâtiments, à la surface utile et utilisable sur l'exploitation, aux équipements optionnels, aux conditions de chauffage,... ;
- **La maîtrise de l'eau consommée et rejetée (gaspillée) par les animaux** en traitant des questions relatives à la formulation alimentaire, à la place à table et au rationnement ainsi qu'à l'accès et à la qualité de l'eau ;
- **La tenue de sa litière** en traitant des questions relatives au type de sol et de litière, au paillage/curage ainsi qu'à l'organisation de ces chantiers et conséquences entre qualité de litière et état/santé des animaux ;
- **L'assurance des performances et du bien-être animal** en traitant des questions relatives au nervosisme et possibles leviers de gestion.

2.3. Vulgarisation via l'organisation de journées professionnelles centrées sur le partage d'expérience

Durant le projet, 4 évènements ont été organisés à destination des professionnels de la filière rassemblant 240 éleveurs et techniciens :

- Une journée axée autour de témoignages d'éleveurs, présentée sous la forme d'une **table ronde composée d'une dizaine d'éleveurs** ayant participé au travail précédent aboutissant à la production de cas type en interaction avec le public, constitué de plus d'une centaine d'éleveurs en recherche d'informations sur ce thème ;
- Deux demi-journées, l'une en Nouvelle Aquitaine (présentielle), l'autre en Occitanie (distancielle), axées sur les **4 principaux points clés de succès de la mise à l'abri** issus de la capitalisation réalisée par les partenaires du projet à partir des retours d'expérience des organisations de production et d'éleveurs interrogés individuellement, de l'expertise des partenaires du projet sur leur thématique respective (ambiance/litière, alimentation, bien-être/comportement des animaux) et des résultats des essais conduits dans le cadre du projet ;
- Une demi-journée en distanciel axée sur la **présentation des principaux livrables et résultats du projet**.

L'ensemble des supports de ces évènements est disponible gratuitement sur le site de l'ITAVI (<https://www.itavi.asso.fr/publications/accompagner-la-filiere-foie-gras>).



3. Mise en œuvre de pratiques innovantes en stations expérimentales

Afin de lever les verrous techniques liés à la mise à l'abri, à savoir gérer l'ambiance du bâtiment et les litières d'une part et assurer les performances et le bien-être animal d'autre part, 7 essais ont été réalisés durant le projet sur 3 sites expérimentaux répartis en Nouvelle Aquitaine et en Bretagne :

- Deux d'entre eux visaient à identifier les facteurs limitants et proposer de moyens de maîtrise pour optimiser la gestion des litières en confinement ;
- Quatre d'entre eux visaient à identifier des leviers assurant une croissance optimale des animaux tout en tachant de limiter les troubles comportementaux et d'améliorer la tenue des litières ;
- Le dernier essai visait à proposer des leviers permettant d'assurer une bonne adaptation des animaux au confinement, en réduisant en particulier leur réactivité émotionnelle à l'origine de problématiques de nervosisme.

3.1. Tests de facteurs limitants et proposition de moyens de maîtrise pour optimiser la gestion des litières en confinement

3.1.1. Matériel et méthodes

Effet de la densité d'animaux (4, 5 ou 6 canards par m²) mis en place lors de la mise à l'abri

Pour la mise à l'abri, les densités appliquées en élevage durant la phase de croissance-finition varient sur le terrain de 3 à 6 canards par m² en fonction du type de bâtiment considéré, avec un certain consensus pour 5 canards par m² dans la large majorité des cas et un abaissement de la densité pour les systèmes tunnel et/ou hangar. S'il semble évident que la densité joue un rôle majeur dans la tenue des litières en confinement, il n'existe pas de données disponibles en conditions contrôlées. Un essai visant à comparer 3 densités (Densité basse (D4) = 4 canards/m², Densité témoin (D5) = 5 canards/m² ; Densité haute (D6) = 6 canards/m²) a été conduit sur le site d'ASSELDOR en Dordogne. Celui-ci mettait en œuvre 508 canetons mulards mâles de souche MMGAS x PKL d'un jour, répartis dans douze loges de 8,2 m² chacun à raison de 4 répétitions (loges) par modalité. Les animaux ont reçu une alimentation triphasée classique : Aliment starter (miettes) à 22,6 % de MAT (Matières Azotées Totales) à 2850 kcal d'EM (Énergie Métabolisable) de J1 à J7 ; Aliment démarrage (granulé) à 17 % de MAT à 2800 kcal/kg d'EM de J8 à J28 ; Aliment croissance-finition (granulé) à 15 % de MAT à 2800 kcal/kg d'EM de J29 à J80. Cette alimentation est distribuée *ad libitum* de J1 à J56 puis à raison d'1 h par jour de J57 à J80. Le linéaire de mangeoire était de 15 cm, 12 cm et 9 cm par canard, respectivement pour les modalités D4, D5 et D6. La litière utilisée, de la paille broyée, était identique tout au long de l'essai, sans curage intermédiaire. Le paillage a été réalisé à la demande. Les mesures portaient sur les performances zootechniques des animaux (poids vifs individuels et consommations alimentaires par parc à J28, J46 et J80), l'état corporel des animaux aux mêmes âges, les quantités de litière utilisées et de fumier sortis par loge.

Etude bioclimatologique des bâtiments d'élevage

Des essais ont été planifiés dans une installation expérimentale permettant de contrôler à la fois le climat autour du bâtiment, l'enceinte d'élevage et ses équipements, la conduite d'élevage, notamment la densité des animaux et le choix de litière (Robin *et al.*, 2022). Ces essais venaient, d'une part, compléter des données acquises sur des canards en croissance dans une installation similaire mais aujourd'hui détruite (Robin *et al.*, 2002a, 2002b), d'autre part, caractériser plus finement ce qui entraîne l'évaporation des litières. Il s'agissait de modéliser les différents facteurs influençant la formation de vapeur d'eau dans un bâtiment (apport par les animaux, consignes d'ambiance, climat extérieur). Les essais en conditions contrôlées ont été planifiés dans l'installation expérimentale de INRAE destinée à l'étude bioclimatologique des bâtiments d'élevage. Cette installation comporte 6 enceintes d'élevage de 5 m²,



chacune équivalente à un bâtiment d'élevage, permettant d'élever des animaux dans des conditions voisines des conditions commerciales, tout en choisissant le climat autour de ces bâtiments. Deux systèmes de climatisation permettent de maintenir constant le climat autour des enceintes. L'un permet de réaliser des conditions chaudes (12 °C à 40 °C extérieur aux enceintes), l'autre des conditions froides (-10 °C à 15 °C extérieur). Les enceintes sont ventilées naturellement (ventilation dite « statique ») de sorte que les résultats produits sont applicables à tout type de bâtiment d'élevage. Elles sont équipées de systèmes de mesure permettant de quantifier les productions de chaleur et de gaz des systèmes d'élevage.

3.1.2. Résultats

Effet de la densité d'animaux (4, 5 ou 6 canards par m²) mis en place lors de la mise à l'abri

L'essai a mis en évidence un écart significatif de poids vif de (+80 g ; $P < 0,001$) entre la modalité D4 et les modalités D5 et D6 à 7 semaines, au profit de la densité la plus faible (3501 g vs. 3421g). Celle-ci s'estompe par la suite et n'est plus significative à J80. Davantage de gaspillage alimentaire a par ailleurs été constaté pour la modalité D6 (+0,13 et +0,15 point d'IC (Indice de Consommation) respectivement de J28 à J49 et de J49 à J80. Les quantités de paille utilisées varient de 23 kg/m² à 35 kg/m², sans modification des quantités de paille par animal en lien avec la densité (8,3 kg de paille/canard utilisés en moyenne). Ces données ont été mises à profit pour aider à calibrer le modèle développé dans le projet et fournir des abaques aux producteurs.

Etude bioclimatologique des bâtiments d'élevage

Les observations avec animaux n'ont pu être réalisées dans le temps imparti au projet. La mise en place du dispositif a néanmoins pu être achevée et des premiers tests de caractérisation des litières effectués sur le site en l'absence d'animaux ont été réalisés. Les enceintes ont ainsi été adaptées pour l'élevage des canards, notamment pour peser l'ensemble « animaux + litière », améliorer l'étanchéité des enceintes pour descendre le débit minimum à 3 m³.h⁻¹.m⁻², abaisser le seuil de détection des productions de chaleur à 1 W par enceinte (Robin *et al.*, 2022). Des essais avec une production artificielle de vapeur d'eau nous ont conduit à améliorer nos procédures de calcul en distinguant la chaleur spécifique de l'air sec et celle de la vapeur d'eau pour le calcul du flux de chaleur sensible. Des essais préliminaires sur composts ont été réalisés afin de nous assurer de la précision des mesures de vapeur d'eau et d'identifier la variabilité possible de la production d'eau métabolique par les fumiers. Ces essais ont montré que le principal facteur limitant de cette précision était l'échantillonnage des fumiers : il était nécessaire de réaliser plus de 10 mesures de teneur en eau pour abaisser la précision de mesure en-deçà de 5 %. L'analyse théorique de la production d'eau métabolique par les fumiers a montré que sa contribution à l'émission de vapeur d'eau pouvait varier de 0 % à 100 %. Ainsi nous préconisons désormais d'associer le bilan de carbone (émis principalement sous forme CO₂) et le bilan d'hydrogène (émis principalement sous forme H₂O) à la perte de poids brut (matière sèche et eau) afin de valider la quantification des débits d'air et des pertes gazeuses associées. Concernant la gestion des litières, les premiers tests de caractérisation des litières réalisés sur le site en l'absence d'animaux ont montré que la quantité d'eau métabolique produite en litière ne pouvait probablement pas dépasser 10 % de l'eau liquide évaporée par le système d'élevage (estimation 2 % à 5 % durant un essai destiné à maximiser cette proportion) et que les plaquettes forestières avaient bien une capacité à drainer l'eau liquide (écoulement vertical de l'eau gaspillée sous les abreuvoirs) et à entretenir une porosité libre à l'air connectée à l'extérieur (diffusion et évacuation de la vapeur d'eau issue de la production de chaleur des déjections).



3.2. Tests de leviers alimentaires en vue de maintenir la croissance des animaux tout en limitant les troubles comportementaux et améliorer la tenue des litières en confinement

3.2.1. Matériel et méthodes

Effet de la fréquence des repas (1 vs. 2 repas par jour) lors du rationnement en phase de croissance finition

Fractionner l'alimentation consiste à augmenter la fréquence des prises alimentaires, sans modifier la quantité totale d'énergie ingérée. Ceci permet de réduire le délai inter-prandial qui au sein des élevages de canards en phase de croissance s'approche de 22 h, la ration alimentaire étant distribuée fréquemment le matin. Cette durée induit selon Sazy (1996) une perte de poids chez l'animal visible au bout de 8 h qui se stabilise à partir de 16 h. D'autres études précisent que, chez le poulet, fractionner les repas améliore la valorisation alimentaire et que les animaux s'habituent rapidement au fractionnement alimentaire (Svihus, 2013). Un essai réalisé en station expérimentale sur le canard prêt à engraisser a montré que pour une quantité quotidienne d'aliment donnée (220 g/j), le canard valorise mieux l'aliment lorsque la ration est distribuée en 2 repas par jour comparé à un seul (Bernadet et Lague, 2017). En effet, les canards recevant un seul repas par jour présentaient un état d'engraissement moindre à la mise en gavage. Les poids de magret et de cuisse post gavage étaient pénalisés par le traitement alors qu'aucun effet n'était noté sur les performances en foie gras. La distribution de 2 repas / jour a amélioré l'indice de consommation et suggère que le fractionnement limitant le temps entre les repas et la durée de la période de jeûne induit une meilleure utilisation des nutriments énergétiques et protéiques. Des résultats contradictoires sont obtenus par Lavigne *et al.* (2017) où avec une quantité d'aliment non restrictive et distribuée en 1 ou 2 repas par jour, les canards recevant 2 repas sont apparus plus légers lors de la mise en gavage. Face à ces résultats, l'objectif de cet essai, réalisé au sein de la station expérimentale de l'UEPFG (Unité Expérimentale Palmipèdes à Foie Gras) dans les Landes, était de tester sur des lots de canards plus importants, dans des conditions d'élevage en confinement et pour une quantité quotidienne d'aliment donnée, l'effet de la fréquence des repas (1 vs. 2) sur les performances technico-économiques d'élevage et de gavage et de constater les effets sur le comportement des canards. Pour cela 3 200 animaux de souche MMG x PKL ont été élevés selon 2 modalités de rationnement dans 8 loges de 80 m², à raison de 4 répétitions par modalité. Les animaux ont reçu une alimentation biphasée (Aliment démarrage (granulé) à 17,5 % de MAT à 2850 kcal/kg d'EM de J1 à J21 ; Aliment croissance-finition (granulé) à 15 % de MAT à 2850 kcal/kg d'EM de J22 à J80) distribuée *ad libitum* de J1 à J35 puis à raison de 220 g par canard distribué en 1 repas d'1 h par 24 h (R1) ou 2 repas de 30 minutes espacés de 10,5 h (R2) de J36 à J80. Le linéaire de mangeoire était de 5 cm par canard. La litière utilisée, de la paille broyée, a été distribuée de façon analogue entre modalités, à l'aide d'une pailleuse. Un curage intermédiaire intégral a été réalisé à J56. Les mesures portaient sur les performances zootechniques des animaux (poids vifs individuels et consommations alimentaires par loge à J35, J51, J63, J72 et J80 ; poids de différentes pièces de découpe sur 80 canards par traitement à J72), l'état corporel des animaux aux mêmes âges évalué à l'aide des grilles établies par Litt *et al.* (2015), les quantités de litière utilisées et de fumier sortis par loge.

Effet d'une diminution de la concentration des taux de MAT (15 % vs. 13,5 %) et d'EM (3000 kcal/kg vs. 2800 kcal/kg) dans l'aliment croissance-finition

La mise à l'abri des canards conduit à une baisse d'activité des animaux et une moindre exposition de ces derniers aux variations de températures qui justifie a priori une modification de la formule alimentaire au profit d'une formule où les taux de protéines et d'énergie dans l'aliment sont abaissés. Afin de vérifier cette hypothèse, un essai visant à comparer 2 régimes alimentaires durant la phase de croissance-finition a été conduit sur le site d'ASSELDOR en Dordogne (Bijja, 2020) :



- PE+, un aliment croissance-finition témoin utilisé hors mise à l'abri (15 % de MAT et 3000 kcal/kg d'EM) ;
- PE-, un aliment croissance-finition expérimental (13,5 % de MAT et 2800 kcal/kg d'EM).

Cet essai mettait en œuvre 480 canetons mulards mâles de souche MMG x PKL d'un jour ont été répartis dans 12 loges de 40 animaux (densité de 5 canards par m²), à raison de 6 répétitions par régime. Les animaux ont reçu une alimentation de démarrage (granulé) à 17 % de MAT à 2 800 kcal/kg d'EM de J1 à J21, puis une alimentation PE+ ou PE- de J22 à J77. De J1 à J56 ces aliments étaient distribués *ad libitum*, de J57 à J77 ils étaient distribués 1 h par jour. Le linéaire de mangeoire était de 12 cm par canard. La litière utilisée, de la paille broyée, était identique tout au long de l'essai, sans curage intermédiaire. Le paillage a été réalisé à la demande. Les mesures portaient sur les performances zootechniques des animaux (poids vifs individuels et consommations alimentaires par parc à J28, J46 et J77 ; poids de différentes pièces de découpe sur 80 canards par traitement à J77), l'état corporel des animaux aux mêmes âges, les quantités de litière utilisées et de fumier sortis par loge.

Effet de l'incorporation d'acides organiques (taux d'incorporation de 0 % ; 0,05 % ou 0,1 %) dans l'aliment croissance-finition

Les acides organiques, incorporés à l'aliment des volailles, sont connus pour stabiliser la flore intestinale, prévenir les troubles digestifs et améliorer la digestibilité de la ration. On peut dès lors s'interroger sur l'intérêt d'en incorporer dans l'aliment croissance-finition puisqu'ils pourraient contribuer à améliorer la qualité des fientes (quantité et concentration) et dès lors la tenue des litières. Afin de vérifier cette hypothèse, un essai visant à comparer 3 régimes alimentaires durant la phase de croissance-finition : un aliment croissance-finition (15 % de MAT et 2 800 kcal/kg d'EM) témoin non supplémenté avec des acides organiques (AO0) ; le même aliment supplémenté avec 0,05 % d'acides organiques (AO5) ou avec 0,1 % d'acides organiques (AO10) a été conduit sur le site d'ASSELDOR en Dordogne. Ces taux d'incorporation ont été définis avec le fournisseur et le formulateur d'aliment. Cet essai mettait en œuvre 480 canetons mulards mâles de souche MMG x PKL d'un jour répartis dans 12 loges de 40 animaux (densité de 5 canards par m²), à raison de 4 répétitions (loges) par régime. Les animaux ont reçu une alimentation biphasée : Aliment démarrage (granulé) à 17 % de MAT à 2 800 kcal/kg d'EM de J1 à J21 ; puis aliment AO0, AO5 ou AO10 de J22 à J80) distribuée *ad libitum* de J1 à J56 puis à raison d'1 h par jour de J57 à J80. Le linéaire de mangeoire était de 12 cm par canard. La litière utilisée, de la paille broyée, était identique tout au long de l'essai, sans curage intermédiaire. Le paillage a été réalisé à la demande. Les mesures portaient sur les performances zootechniques des animaux (poids vifs individuels et consommations alimentaires par parc à J28, J46 et J80 ; poids de différentes pièces de découpe sur 80 canards par traitement à J80), l'état corporel des animaux aux mêmes âges qualifié à l'aide des grilles établies par Litt *et al.* (2015), les quantités de litière utilisées et de fumier sortis par loge.

Effet de l'incorporation d'argiles (taux d'incorporation de 0 % ; 1,5 % ou 2 %) dans l'aliment croissance-finition

Divers produits à base de substances naturelles sont utilisés comme additifs en alimentation des volailles afin d'améliorer l'efficacité digestive et les performances, et diminuer de l'humidité des excréta. Parmi eux, différents types ou dérivés d'argiles argileux ont été testés et recommandés. Un essai visant à comparer 3 régimes alimentaires durant la phase de croissance-finition : un aliment croissance-finition (15 % de MAT et 2 800 kcal/kg d'EM) témoin non supplémenté en argile (ARG0) ; le même aliment supplémenté avec 1,5 % d'argile (ARG15) ou avec 2 % d'argile (ARG20) a été conduit sur le site d'ASSELDOR en Dordogne. Cet essai mettait en œuvre 480 canetons mulards mâles de souche MMG x PKL d'un jour répartis dans 12 loges de 40 animaux (densité de 5 canards par m²), à raison de 4 répétitions par régime. Les animaux ont reçu une alimentation biphasée classique (Aliment démarrage (granulé) à 17 % de MAT à 2 800 kcal/kg d'EM de J1 à J21 ; puis l'aliment ARG0, ARG15 ou ARG20 de



J22 à J80) distribuée *ad libitum* de J1 à J56 puis à raison d'1 h par jour de J57 à J80. Le linéaire de mangeoire était de 12 cm par canard. La litière utilisée, de la paille broyée, était identique tout au long de l'essai, sans curage intermédiaire. Le paillage a été réalisé à la demande. Les mesures portaient sur les performances zootechniques des animaux (poids vifs individuels et consommations alimentaires par parc à J28, J46 et J80 ; poids de différentes pièces de découpe sur 80 canards par traitement à J80), l'état corporel des animaux aux mêmes âges qualifié à l'aide des grilles établies par Litt *et al.* (2015), les quantités de litière utilisées et de fumier sortis par loge.

3.2.2. Résultats

Effet de la fréquence des repas (1 vs. 2 repas par jour) lors du rationnement en phase de croissance-finition

Dans nos conditions d'élevage, les résultats montrent que dans le cadre d'un rationnement quantitatif (230 g / canard / jour), le fractionnement alimentaire, pratiqué durant la phase de croissance (de 36 à 71 jours d'âge) chez le canard mulard mâle élevé en claustration influence peu les performances zootechniques d'élevage (Bernadet, 2020). Durant les 20 premiers jours du traitement (de 36 à 56 jours d'âge), la distribution de deux repas par jour à quantité journalière distribuée égale améliore la croissance des canards et la valorisation alimentaire (+116 g / canard, soit +3,7 %, $P > 0.001$; et - 0,31 point d'indice de consommation) par rapport aux canards n'ayant reçu qu'1 repas par jour corroborant les résultats déjà obtenus. Un écart est observé sur le poids de cuisse à J72. Cette différence s'estompe puis disparaît par la suite. Par ailleurs, l'application de 2 repas par jours n'impacte pas l'état corporel des animaux. Aucune différence n'a été enregistrée entre traitements. Une moyenne de 6 kg / canard de paille broyée a été dispensée.

Effet d'une diminution de la concentration des taux de MAT (15 % vs. 13,5 %) et d'EM (3 000 kcal/kg vs 2 800 kcal/kg) dans l'aliment croissance-finition

La modification de l'aliment engendre une légère pénalisation du poids vif des animaux PE-, comparés à PE+ à J46 (3 386 g vs. 3 418 g, soit +1 % ; $P < 0,05$) pour la formule aux bas taux, qui s'estompe par la suite, ainsi qu'une pénalisation de l'IC de J46 à J77 (+0,19 point d'IC ; Bijja, 2020). Ces observations confirment la capacité du canard mulard à réguler son ingéré sur l'énergie en période de rationnement. La composition corporelle mesurée à J77 entre les deux régimes alimentaires testés ne présente pas de différence significative sur la période d'élevage. La surconsommation d'aliment pour les animaux PE- génère un surcoût de 0,09 centimes par canards, surcoût susceptible de varier en fonction du cours des matières premières. Aucune différence n'a été constatée sur l'état des coussinets plantaires ou la tenue des litières.

Effet de l'incorporation d'acides organiques (taux d'incorporation de 0 % ; 0,05 % ou 0,1 %) dans l'aliment croissance-finition

La supplémentation de l'aliment avec des acides organiques a conduit à des performances de croissance des canards en élevage équivalentes à celles obtenues sans supplémentation. Par ailleurs, les observations n'ont pas montré de différence notable entre lots sur l'état des litières qui présentaient les mêmes caractéristiques en terme d'humidité/matière sèche produite. Enfin, aucune différence entre lots n'a été constatée sur l'état des coussinets plantaires. Les coûts alimentaires sont aussi équivalents entre traitements.

Effet de l'incorporation d'argiles (taux d'incorporation de 0 % ; 1,5 % ou 2 %) dans l'aliment croissance-finition

L'incorporation d'argile dans l'alimentation des canards à des taux de 1,5 % et 2 % (ARG15 et ARG20) permet de maintenir des performances de croissance en élevage similaires par rapport à une conduite alimentaire sans supplémentation. L'incorporation d'argile à hauteur de 2 % dans la ration des canards



semble améliorer la qualité des litières (taux d'humidité plus faibles, sans différences observables sur la présentation des fientes). L'incorporation d'argiles dans l'aliment croissance-finition apparaît ainsi comme une solution intéressante à optimiser, en étudiant notamment l'effet d'une incorporation à un taux supérieur à 2 % afin de déterminer le seuil au-delà duquel le rapport coût/bénéfice devient délétère.

3.3. Tests de leviers permettant d'assurer une bonne adaptation des animaux au confinement

3.3.1. Matériel et méthode

Effet de la modulation de l'intensité lumineuse en période nocturne (absence d'éclairage artificiel vs. éclairage < 20 lux) et de la possibilité ou non d'accéder pour les animaux à un jardin d'hiver

L'élevage des canards en confinement génère des problématiques spécifiques parmi lesquelles des difficultés de gestion de la forte réactivité émotionnelle de certains lots, responsable de comportements exacerbés de peur en élevage et de certaines lésions corporelles en découlant. Celle-ci se manifeste en effet par des animaux réagissant fortement au moindre évènement, créant des mouvements de panique et pouvant conduire à des dommages importants sur les lots (griffures, voire mortalité par étouffement). Un essai visant à comparer la combinaison de 2 leviers : l'un lié à l'intensité de l'éclairage nocturne, l'autre lié à la possibilité pour les animaux d'accéder ou non à un espace extérieur protégé a été réalisé au sein de la station expérimentale de l'UEPFG dans les Landes. Ces leviers, choisis à partir des retours d'expérience terrain, présentent par ailleurs un intérêt potentiel en vue de limiter les surconsommations d'aliment décrites en confinement, ce qui a été parallèlement exploré. L'essai a mis en œuvre 480 animaux de souche MMG x PKL élevés dans 16 loges de 12 m² selon un plan factoriel 2 x 2 combinant deux effets, à raison de 4 répétition par modalité : 2 intensités d'éclairage nocturne appliqué de J8 à J83 (20 lux (E+) vs. pas d'éclairage (E-) de 22 h à 6 h) et 2 modalités d'hébergement (loge de 12 m² sans accès extérieur (L12) vs. loge de 6 m² avec accès à un jardin d'hiver de 6 m² (L6/6) entre J21 à J83). L'intensité de 20 lux correspond à l'intensité minimale pouvant être considérée comme une période de jour dans la directive Poulet de chair. L'essai a été répété sur 2 saisons (printemps/été (S1) puis automne/hiver (S2)) en inversant entre les 2 répétitions les modalités lumineuses appliquées dans chacune des ailes du bâtiment expérimental utilisé. Les animaux ont reçu une alimentation biphasée (Aliment démarrage (granulé) à 17,5 % de MAT à 2 800 kcal/kg d'EM de J1 à J21 ; Aliment croissance-finition (granulé) à 14,8 % de MAT à 2 725 kcal/kg d'EM de J22 à J80) distribuée *ad libitum* de J1 à J42 puis à raison de 210 g par canard de J43 à J80. Le linéaire de mangeoire était de 4,2 cm par canard. Les animaux étaient élevés sur copeaux à une densité de 5 canards/m² de J1 à J21 puis sur caillebotis à une densité de 2,5 canards/m² de J22 à J83. Les mesures réalisées portaient sur la réactivité émotionnelle des animaux (tests d'immobilité tonique et tests d'émergence à J21, J42 et J77), les performances zootechniques des animaux (poids vifs individuels et consommations alimentaires par loge à J7, J21, J42 et J77, des animaux aux mêmes âges évalué à l'aide des grilles établies par Litt *et al.* (2015), l'état corporel et le comportement des animaux (relevé de différents comportements par *scan sampling* la veille des pesées).

3.3.2. Résultats

Bien que les écarts observés apparaissent assez faibles, la modalité E- a contribué à réduire les réponses de peur à J42 et J77, dans les conditions expérimentales testées (Litt *et al.*, 2024). Ces écarts apparaissent plus importants pour les animaux L12, comparé aux animaux L6/6. La modalité E- conduit en contrepartie à une réduction notable du poids vif des animaux à J21 et J42, en lien direct avec une sous-consommation d'aliment. Ces écarts apparaissent plus importants pour les loges L12 comparée aux loges L6/6, en particulier pour la saison S2, c'est-à-dire lorsque les besoins alimentaires des animaux sont plus forts du fait des températures plus basses. Il est possible que ce résultat soit lié à la diffusion



de sources de lumière extérieures vers l'intérieur des bâtiments pour les systèmes permettant un accès au jardin d'hiver. Celui-ci semble présenter un effet moindre en tant que tel dans l'essai.

Ces résultats ont fait l'objet de différentes publications qui sont venus incrémenter les livrables du projet.

4. Mise en œuvre d'outils en vue d'accompagner les choix des éleveurs

4.1. Matériel et méthodes

4.1.1. *Évaluation multicritère*

Pour juger de la pertinence d'une solution, ses intérêts et/ou impacts doivent être abordés de manière systémique, considérant les piliers de la durabilité : l'environnement, l'économique et le social. En effet, pour conseiller au mieux les producteurs et/ou les aider dans leurs choix, ces trois volets doivent être pris en compte et confrontés aux différents contextes de production existants. Pour ce faire, des critères et indicateurs développés dans l'outil S+ Durable, se rapportant à la méthode Diamond (Litt *et al.*, 2014), ont été sélectionnés. Initialement développé pour l'expérimentation, cette méthode permet, selon une évaluation semi-quantitative générant une graduation allant de -1 à +1, d'interpréter des effets positifs, négatifs ou neutres d'un ou plusieurs essai(s), en comparaison d'un système témoin, au regard des piliers de la durabilité. Pour les solutions/innovations mises en évidence dans le cadre de la gestion de la mise à l'abri des palmipèdes, 42 indicateurs ont été retenus et/ou adaptés, regroupés selon 15 critères : **Economie** : viabilité économique, efficacité de la main d'œuvre, efficience et maîtrise de la valeur ajoutée ; **Environnement** : consommations d'énergie, d'eau, de biomasse, gestion des effluents, biodiversité, lien au sol ; **Social** : gestion du travail, bien-être des animaux, qualité des produits. Les différents indicateurs associés, présentés sous format Excel, ont eu pour but d'estimer la viabilité économique, la cohérence environnementale et le niveau d'acceptabilité par l'éleveur d'une modification structurelle ou de pratiques visant à rendre possible ou à mieux gérer la mise à l'abri des animaux.

4.1.2. *Etude de faisabilité de la déshumidification de l'air en entrée de bâtiment*

Lors de la mise à l'abri, des problèmes de tenue des litières peuvent apparaître du fait d'une accumulation de vapeur d'eau à l'intérieur du bâtiment. L'évolution des conditions d'ambiance à l'intérieur de l'élevage étant fortement impactée par les conditions climatiques extérieures (Šottník, 2002), ce problème est accentué durant les périodes les plus à risque de diffusion virale (novembre à mars) du fait des conditions climatiques. La déshumidification pourrait permettre de pallier ces problèmes. La déshumidification de l'air consiste à enlever de l'eau à un certain volume d'air en la condensant. Afin d'y parvenir, plusieurs méthodes sont possibles mais dépendent des conditions climatiques extérieures. Une étude sur la faisabilité de ce type de système en élevage de canards a été menée (Laval, 2020). Pour cela, deux cas d'études ont été définis selon les conditions climatiques généralement rencontrées dans le Sud-Ouest de la France comme conditions limites du point de vue de la problématique de déshumidification de l'ambiance en bâtiment de canards prêt-à-engraisser, à savoir un hiver froid et humide (températures comprise entre -5 °C et 15 °C et hygrométrie relative comprise entre 80 % et 100 %) et un été humide (températures comprise entre 15 °C et 30 °C et hygrométrie relative comprise entre 80 % et 100 %). Les conditions intérieures d'ambiance cibles ont été définies en se basant sur des retours provenant du terrain (températures de 15 °C et hygrométrie relative de 80 %).

4.1.3. *Développement d'un simulateur de la vitesse de dégradation des litières en fonction du type de bâtiment, des conditions météorologiques et des choix de l'éleveur*

Compte tenu des difficultés rencontrées par les éleveurs en lien avec la tenue des litières, une partie du travail réalisé dans le projet s'est attaché au développement d'un simulateur, mettant en œuvre de la modélisation, visant à vérifier de façon calculatoire la capacité supposée pour l'éleveur à gérer la litière

d'un lot confiné en fonction du type de bâtiment considéré, des conditions météorologiques, de son choix de densité d'animaux mis en place et des pratiques de paillage (type de litière, quantités et dates de renouvellement de celle-ci). Le développement de ce simulateur qui simule la dégradation des litières au cours de lot, a mobilisé dans un premier temps les données de terrain, en climat réel, issues des retours d'expérience terrain et celles acquises dans l'ancienne halle bioclimatologique (site de Rennes-Institut Agro), en climat contrôlé et constant.

4.2. Résultats

4.2.1. Evaluation multicritère

Au regard des résultats obtenus au cours des expérimentations mises en place et/ou des retours d'expériences fournis par les producteurs au sujet d'une innovation, d'une modification structurelle ou de pratiques, une notation semi-quantitative a été réalisée. En fonction de références moyennes, une notation allant de -1 à +1 a été calculée selon l'amélioration ou la dégradation des différents indicateurs en question par critère, en comparaison d'un système témoin initial. Pour exemple, la Figure 1 présente une illustration d'une analyse multicritère réalisée au sujet d'une réduction de la densité en élevage. Ici, les pertes économiques simulées mais aussi l'amélioration potentielle du bien-être des animaux ainsi que des réductions des effluents associés, sont mis en évidence. Dans ce cadre, cet outil a pour objectif principal de sensibiliser les acteurs concernés, dont les éleveurs en priorité, à la prise en compte des effets systémiques d'un changement, afin d'assurer des choix en conscience. Sa précision scientifique reste à nuancer mais cet outil a surtout pour vocation de susciter la réflexion, par une visualisation simple et globale des effets pressentis de solutions envisagées. Il est disponible sur demande auprès de l'ITAVI.

4.2.2. Etude de faisabilité de la déshumidification de l'air en entrée de bâtiment

Dans le cas d'un hiver froid et humide, la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur est peu importante. Un réchauffement de l'air est suffisant afin d'atteindre les conditions d'ambiance désirées à l'intérieur de l'élevage (consignes de 15 °C et 80 % d'humidité). Pour un été chaud et humide, l'air entrant doit être refroidi puis réchauffé afin d'atteindre les conditions d'ambiance voulues. Nos calculs ont montré que les besoins de puissance de refroidissement et de chauffage nécessaire pour déshumidifier l'air sont 4 à 8 fois plus importants que ceux que nous retrouvons en élevage pour le chauffage (Laval, 2020). De ce fait, il est difficile d'envisager ce type de solutions pour déshumidifier l'air à l'intérieur des bâtiments. D'autres pistes apparaissent préférables telle que la mise en place d'une ventilation dynamique (motorisée).

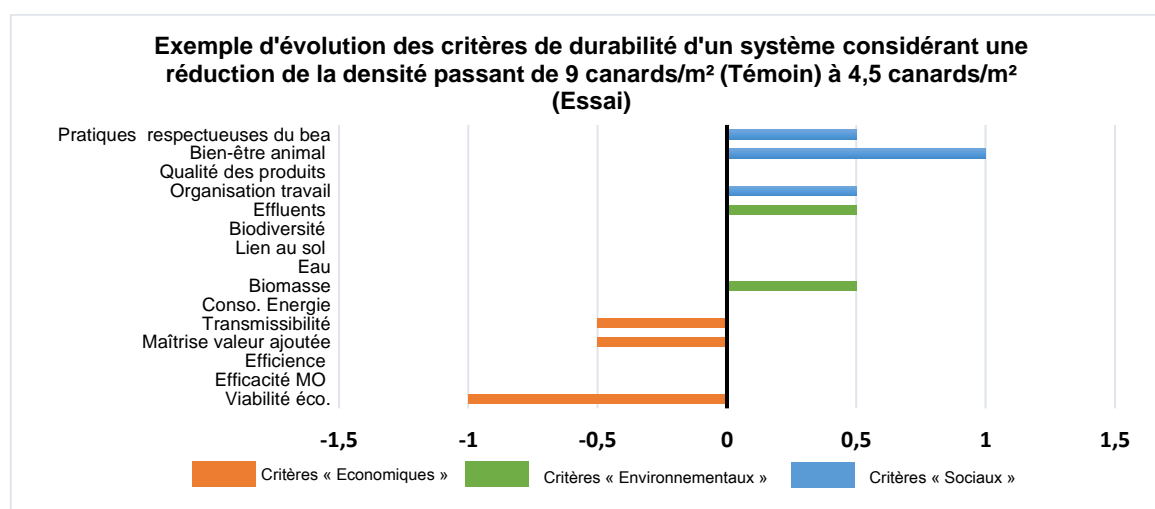


Figure 1 : Exemple d'une évaluation multicritères réalisée dans le cas d'une réduction de la densité de canards/m². Le système avec moins de canards (4,5 canards/m²) est comparé au témoin (9 canards/m²), les notes sont données en fonction de l'impact positif ou négatif qu'a la pratique sur chacun des critères de durabilité ; si les deux pratiques (témoin et essai) sont équivalentes le score donné est de 0).



4.2.3. Développement d'un simulateur de la vitesse de dégradation des litières en fonction du type de bâtiment, des conditions météorologiques et des choix de l'éleveur

Les variables d'entrées (typologie des bâtiments et cas-types de conduite d'élevage ; gestion du paillage, gestion des animaux, gestion des abreuvoirs) et de sortie du calculateur (évolution de l'humidité de la litière et définition d'un seuil d'humidité au-delà duquel le curage est préconisé) ont été validées en comité de pilotage. La version 1 d'un calculateur permettant de vérifier si le choix de densité et les besoins associés de paillage sont gérables en fonction du type de bâtiment considéré et des conditions météorologiques (favorables/défavorables) à partir de la simulation de la dégradation des litières canards a été produite. Celui-ci répond à un besoin pratique des éleveurs dans la gestion de la mise à l'abri. Une validation terrain ultérieure du calculateur reste nécessaire avant diffusion large. Celle-ci n'a pas pu être réalisée dans le cadre du projet du fait de difficultés d'adéquation entre le calendrier du projet et les possibilités d'approvisionnement en canetons et de disponibilité du matériel. A titre d'exemple, la figure suivante (Figure 2) illustre les sorties du modèle (la qualité de prédiction reste à valider par des données de terrain) relatives au niveau d'humidité de la litière et à la quantité de fumier produite pour une gestion de paillage donnée.

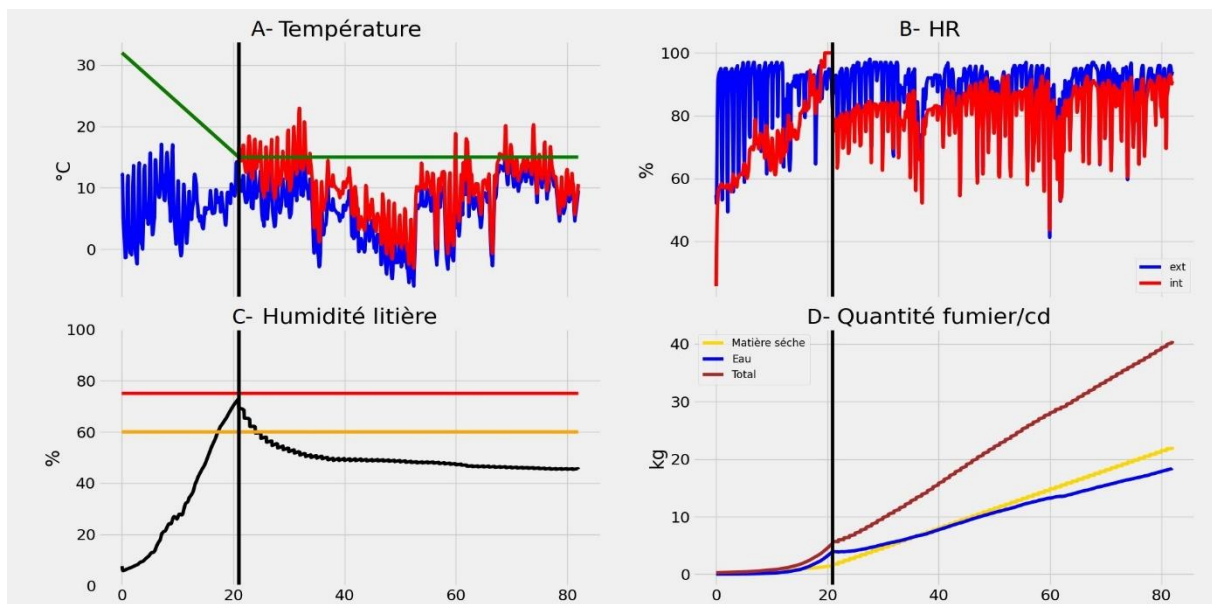


Figure 2 : Exemple de sortie du modèle : sur la base d'un bilan thermodynamique (température (A) et humidité relative (B)) à l'échelle du bâtiment, le calculateur permettrait d'estimer le niveau d'humidité de la litière (C) associé à une gestion de paillage (ici repaillage quotidien qui permet de maintenir une humidité inférieure à 60% sur la totalité du lot) et la quantité de fumier produit (D).

5. Conclusion

Les solutions permettant de lever les freins à la mise à l'abri sont de 2 ordres pour les éleveurs :

- **Structurel** d'une part, en lien avec le type de bâtiment disponible pour la mise à l'abri et les équipements (chauffage/ventilation, systèmes d'alimentation et d'abreuvement, matériel de paillage), pour lesquels la marge de manœuvre est assez limitée pour les éleveurs du fait notamment des investissements sous-jacents ;
- **Technique et organisationnel** d'autre part, en lien avec le choix du type de litière utilisée, la composition et la distribution de l'aliment, la densité aux différents stades de vie des animaux, pour lesquels la marge de manœuvre est plus importante pour les éleveurs.



Le choix de celles-ci est à raisonner au cas par cas dans les élevages, en tenant compte des impacts de la mise en œuvre d'un changement sur un ensemble d'autres paramètres tels que le rapport coût/bénéfice pour l'atelier (investissement et autres charges, pouvant varier en fonction du cours des matières premières, produits), le travail (temps et pénibilité) et le bien-être animal (état et comportement des animaux). Afin de guider au mieux les professionnels de la filière dans leurs choix, **3 principaux types d'outils d'aide à la décision** destinés aux professionnels ont été **proposés** pour guider les choix des producteurs dans leur gestion de la mise à l'abri :

- **Un arbre de décision associé à des fiches cas types** permettant de partager un retour d'expérience pour différentes situations de mises à l'abri, celles-ci contiennent des informations qualitatives et quantitatives, des extraits de témoignages et des conseils en lien avec la mise à l'abri réalisée en 2020-2021 chez une quinzaine d'éleveurs l'ayant pratiqué à l'échelle du territoire national (Ouest et Sud-ouest) ;
- **Différents types de support** (fiches techniques, supports de présentation) **repreant les 4 principaux points clés de succès de la mise à l'abri** à savoir l'adaptation de la densité au type de bâtiment, la maîtrise de l'eau consommée et rejetée (gaspillée) par les animaux, l'optimisation de la tenue de sa litière, l'assurance des performances et du bien-être animal ;
- **Un calculateur présenté sous la forme d'un simulateur de la dégradation des litières**, permettant de vérifier si le choix de densité et les besoins associés de paillage sont gérables en fonction du type de bâtiment considéré et des conditions météorologiques (favorables/défavorables). Une validation terrain ultérieure du calculateur reste nécessaire avant une large diffusion.

Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

ORCIDs des auteurs

BAEZA Elisabeth : 0000-0001-7658-3394

HAZARD Azélie : 0000-0003-0997-6432

LITT Joanna : 0000-0001-6758-7211

ROBIN Paul : 0000-0002-7265-6776

Contributions des auteurs

LITT Joanna : coordination du projet, encadrement des entretiens téléphoniques et physiques auprès d'organisations de production et d'éleveurs, organisation des journées de retours d'expérience éleveur, essai croisé sur la modulation de l'intensité lumineuse nocturne et le type d'habitat, participation aux échanges sur la déshumidification et à la modélisation, participation à l'évaluation multicritères

PERTUSA Marion : enquêtes en lignes, évaluation multicritères

GUYOT Yann : Développement d'un simulateur de la vitesse de dégradation des litières en fonction du type de bâtiment, des conditions météorologiques et des choix de l'éleveur



HAZARD Azélie, BERNADET Marie-Dominique : essai sur le fractionnement des repas, participation à l'évaluation multicritères

BIJJA Mohamed : essais portant sur la diminution de la concentration des taux de Matières Azotées Totales et d'Energie Métabolisable, sur l'incorporation d'acides organiques et sur l'incorporation d'argiles, participation à l'évaluation multicritères

LAVAL Gaétan : étude de faisabilité de la déshumidification de l'air en entrée de bâtiment

ROBIN Paul : essais en conditions climatiques contrôlées : mise au point du dispositif et amélioration de la chaîne métrologique ; participation aux échanges sur la modélisation et à l'étude de faisabilité de la déshumidification de l'air en entrée de bâtiment

BLAZY Vincent, CHETOUANE Wejdene, MAZE Bernard : participation aux échanges sur la modélisation

DO Clément : entretiens téléphoniques et physiques auprès d'organisations de production et d'éleveurs

ARNALOT Lisa, PORCHER Lucie : participation à l'essai croisé sur la modulation de l'intensité lumineuse nocturne et le type d'habitat,

PREVOT Rafael⁶, TESCARI Nelly : participation aux enquêtes en ligne, participation à la production des livrables et à l'organisation des journées de retours d'expérience éleveur

HERAULT François : participation à la production des livrables

BAEZA Elisabeth : participation aux échanges sur les essais relatifs à l'alimentation

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas ne pas travailler, ne pas conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Remerciements

Marcel Lecomte pour sa participation à la réalisation des enceintes, leur adaptation à l'élevage de canards et à la réalisation des expérimentations préliminaires

Aux agents des unités expérimentales impliquées dans le projet qui ont contribué à différents niveaux à la réalisation de ces travaux.

Sofia Meurisse pour son accompagnement dans le choix et la réalisation des analyses statistiques.

Déclaration de soutien financier

Ce travail a reçu le soutien financier de Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire et du CIFOG.

Références bibliographiques :

Bernadet, 2020. Effet de la fréquence des repas sur les performances technico-économiques des canards mulards élevés en claustration. La plume du Palmipôle n°7, Juin 2020. 4p <https://www.itavi.asso.fr/publications/effet-de-la-frequence-des-repas>

Bernadet MD., Lague M., 2017. Effet du fractionnement de l'alimentation en élevage sur les performances zootechniques du canard mulard male. 12èmes JRA-JRFG, Tours, 05 et 06 avril 2017. 990-994.

Bijja M., 2020. Des Régimes alimentaires adaptés à la mise à l'abri des canards. La plume du Palmipôle n°7, Juin 2020. 4p <https://www.itavi.asso.fr/publications/des-regimes-alimentaires-adaptes>

Chetouane W., Robin P., Amand G., Keïta A., Tavares M., Nicolas C., Créach P., Prigent J.-P., Pigache E., Rousset N., 2019. Modélisation horaire des productions de chaleur et de dioxyde de carbone en élevage de poulets de chair, 13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20-21 mars 2019, 5 p.

DGAL, 2016. Arrêté du 15 juillet 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, JORF n°0174 du 28 juillet 2016.



Do C., Tescari N., Prévot R., Castetbon N., Blin M., Laborde M., Porcher L., Litt J., 2023. Quelles solutions techniques pour mettre les canards à l'abri en 19 cas types ? Retours d'éleveurs pour différents types de bâtiments et choix de densités. Recueil de plaquettes 96p <https://www.itavi.asso.fr/publications/quelles-solutions-techniques>

Laval G., 2020. Déshumidifier l'air en entrée de bâtiment, Une solution peu adaptée aux bâtiments d'élevage. La plume du Palmipôle n°7, Juin 2020. 4p. <https://www.itavi.asso.fr/publications/deshumidifier-l-air>

Lavigne F., Molette C., Bouillier-Oudot M., Arroyo J., Bonnefont C., 2017. Effet des transitions alimentaires entre l'élevage et le gavage sur les performances des canards mulards. 12èmes JRA-JRFG, Tours, 05 et 06 avril 2017. 1000-1004.

Litt J., Coutelet G., Arroyo J., Bignon L., M. Laborde, Theau-Clement M., Brachet M., Guy G., Drouilhet L., Dubois JP., Grossiord B., Hérault F., Fortun-Lamothe L., 2014. CUNIPALM : Evaluation de la durabilité et innovations pour des ateliers CUNicoles et PALMipèdes gras plus durables. InnovationsAgronomiques,2014,34, pp.241-258. (hal-02641580).

Litt, J., Chaumier, J., Laborde, M., Bernadet, M., Vogelaer, J., Boucher, M., Bignon, L., 2015. Mise au point d'une méthode d'évaluation de l'intégrité physique du canard mulard et premier état des lieux dans des élevages commerciaux. TeMA 34, 15–23.

Litt J., Arnalot L., Porscher L., Hazard A., 2024. Améliorer le bien-être des canards lors de la mise à l'abri : quel intérêt de la mise en place d'une veilleuse la nuit et/ou d'un accès à un jardin d'hiver ? 15èmes JRA-JRFG, Tours, 20 et 21 mars 2024

Pertusa M., Tescari N., Créach P., Laval G., 2020. Mise à l'abri des animaux pour des raisons sanitaires : Les éleveurs ont la solution ! La plume du Palmipôle n°7, Juin 2020. 4p <https://www.itavi.asso.fr/publications/mise-a-l-abri-des-animaux>

Robin P., Amand G., Perrin P., Aubert C., Franck Y., Lubac S., Ferren J.C., 2002a. Productions de chaleur et calcul du débit d'air d'un élevage intensif de canards sur caillebotis ou sur litière. Sciences et Techniques Avicoles, 38, 19-29.

Robin P., Perrin P., Amand G., Aubert C., Franck Y., Lubac S., Ferren J.C., 2002b. Effet du mode d'élevage des canards sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs et sur l'effluent : comparaison des systèmes caillebotis et litière. Sciences et Techniques Avicoles, 40 : 29-34.

Robin P., Lecomte M., Le Roy P., Hassouna M., 2022. Experimental Facility to Study Climate-House-Animal-Manure Interactions, GGAA 2022, June 5-9 - Orlando, Florida, USA. Poster, abstract <https://conference.ifas.ufl.edu/ggaa/documents/GGAA-2022-Program-Abstracts-Online.pdf>

Sazy E., Hérault F., 1996. Evolution du poids vif du canard mulard mâle au cours du jeûne. 2ème JRPF, 27-28 oct. 1998, Bordeaux, 53-54, p162.

Šottník J., 2002. Climatical factors and their effect on production in animal housing, 2002 ASAE annual meeting. (doi: 10.13031/2013.10474)

Svihus B. Lund V.B, Borjgen B., Bedford M.R., Bakken M., 2013. Effect of intermittent feeding, structural components and phytase on performance and behaviour of broiler chickens. British Poultry Science, 54, 2, 222-230, DOI: [10.1080/00071668.2013.772952](https://doi.org/10.1080/00071668.2013.772952)



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.