

Prototypes virtuels de bâtiments d'élevage

Cahier des charges

Version du : 24/07/2019

Bâtiment pour **Poulets de chair** Priorité « **précision** »



Liens vers l'animation 3D :

→ **placer ici l'identification** du(es) fichier(s), ou des liens donnant accès à ce(s) fichier(s)

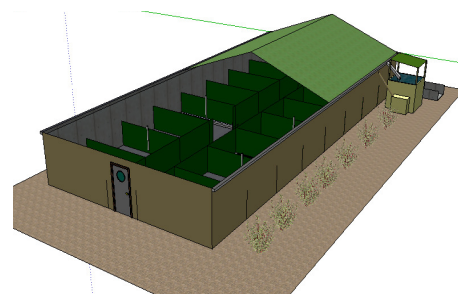
Coordinateurs pour ce prototype

Pauline CRÉACH
ITAVI
02 30 60 00 11
creach@itavi.asso.fr

Gaëtan LAVAL
ITAVI
02 49 71 06 44
laval@itavi.asso.fr

Le RMT Bâtiments d'élevage du futur bénéficie de la participation financière du Ministère chargé de l'Agriculture

Sur la période 2014 / 2018, le RMT s'est fixé l'objectif de réaliser des **prototypes virtuels de bâtiments de demain**. Chaque prototype se traduit par la description du cahier des charges de conception et d'utilisation (le présent document) et par une animation visuelle autonome. Les prototypes sont déclinés pour les **trois priorités** sur lesquelles le RMT a orienté ses thèmes de travail autour des bâtiments de demain : « **priorité coûts raisonnés** », « **priorité environnement** » et « **priorité précision** ». La définition des trois priorités est téléchargeable sur <http://www.rmt-batiments.org/spip.php?rubrique163>, fichier « RMT-batiments_Note-introductive-3-thematiques ».



Objectifs des prototypes

Chaque prototype est une **vision prospective** proposée par le RMT, mais ne constitue pas LA référence unique de ce que pourrait être les bâtiments de demain. Les prototypes ne sont pas des modèles types mais une **émergence d'idées** et de **configurations techniques** qui susciteront nécessairement des réactions d'adhésion ou de critiques constructives. Chaque éleveur y trouvera des sources à adapter à sa situation. En effet, dans les élevages, les bâtiments de demain résulteront de compromis émanant des trois orientations thématiques complémentaires travaillées par le RMT (coûts, environnement, élevage de précision). Les choix reviendront aux porteurs de projets, pour construire ou aménager son/ses bâtiment(s), adaptés aux besoins de leurs exploitations et à leurs aspirations.

Ainsi, les prototypes sont avant tout destinés à **faire réagir sur des propositions techniques** clairement identifiées et sur des pistes nouvelles, en **cohérence avec un système d'élevage et/ou des orientations de production définies au départ** par le RMT. Ils présentent des solutions techniques relatives à la conception, à la construction, à des équipements, à des modes de fonctionnements, ... répondant à la priorité fixée.

Les prototypes sont à considérer comme des bâtiments optimisés au regard du thème prioritaire choisi (coût, environnement ou précision) et du système d'élevage retenu. Ils sont basés sur les principes actuels les plus avancés et innovants (sur la conception-construction / les technologies / les équipements).

Des propositions de rupture sont faites en complément, sur certaines des solutions techniques proposées dans les prototypes. Cela permet d'afficher des concepts beaucoup plus novateurs, et ainsi d'identifier des pistes à continuer d'explorer. Ces propositions complémentaires ne sont pas des modèles à atteindre mais des orientations possibles. Elles **sont présentées dans des encarts « Pour aller plus loin »** et sont enrichies d'avis critiques du RMT.

Le prototype présenté ici est un bâtiment pour **poulets de chair**, répondant à une priorité de « **précision** ».

Socle de base commun à tous les prototypes

Quelle que soit la priorité (coûts – environnement – élevage de précision) et la filière animale concernée, les prototypes se placent obligatoirement dans le cadre réglementaire en vigueur. Ils visent à garantir ou améliorer les performances technico-économiques des élevages, avec une attention portée sur les conditions de travail des éleveurs et salariés et sur la santé et le bien-être des animaux. Pour chacune des 3 thématiques prioritaires, il a été alors possible d'explorer des pistes, pas nécessairement viables aujourd'hui ou dans un avenir proche, sans limite imposée par les autres thématiques. Par exemple, la rentabilité économique des bâtiments, qui oriente inévitablement les projets de construction, a été explorée et optimisée dans le thème « priorité coûts raisonnés », mais ne représente pas (dans la réflexion prospective) de limite pour les autres thématiques.

Sommaire

1. Contexte : relatif à la filière et à la priorité concernées
2. Système d'élevage retenu comme support du prototype : objectifs de fonctionnement et d'utilisation du bâtiment de ses annexes et équipements associés
3. Résumé du prototype : Objectifs, Pistes techniques retenues, Avantages / Inconvénients, Difficultés, Questionnements
4. Choix argumentés de conception, de construction et de fonctionnalités du bâtiment, de ses annexes et équipements :
Pour chaque poste clé du prototype (poste clé = 1 piste technique présentée dans la carte heuristique)
 - **caractéristiques techniques et dimensionnements**
 - quelques **illustrations ciblées et commentées** (sous forme de croquis 2D, 3D, illustrations simples)
 - des **liens vers des ressources génériques** permettant d'illustrer les choix
 - **autres options proches non retenues** (qui répondent aux mêmes objectifs et qui n'auraient pas entraîné de modification importante de conception) :
5. Bibliographie technique sur des études ou ressources expérimentales
6. Evaluation du prototype (= points clés et limites au regard des 3 thématiques retenues par le RMT) :
 - **grille d'évaluation synthétique** du prototype : à compléter sur les points clés et limites du prototype
 - **repères de coûts d'investissements**, globaux (au m² et/ou à la place), par poste de construction
 - **approche des coûts de fonctionnement**

1. Contexte

Le bâtiment priorité précision met l'accent sur l'intégration d'équipements et de techniques de précision dans le but faciliter le suivi des intrants, des rejets et de la production (alimentation, eau, énergie, croissance et activité), tout ceci afin d'assurer les performances zootechniques, la santé et le bien-être des poulets de chair ainsi que de bonnes conditions de travail aux personnes qui interviennent dans ces bâtiments et une rentabilité pour l'éleveur.

L'élevage de précision se définit par l'utilisation coordonnée de technologies pour mesurer différents indicateurs, sur les animaux et leur environnement, afin d'améliorer la surveillance et la gestion des volailles. L'élevage de précision permet de gérer des données de différentes natures en temps réel et en continu (données concernant les animaux, leur consommation, l'ambiance du bâtiment, etc.) (Creach et al., 2017).

Le développement récent des dispositifs de gestion connectés devrait faciliter l'intégration des nouvelles technologies et la réponse aux attentes du secteur de la volaille et de la société. L'intégration de ces nouvelles technologies au parc bâtiment actuel doit aider l'éleveur dans son travail quotidien mais aussi concourir à l'attractivité de l'élevage pour la prochaine génération.

Définition synthétique : le bâtiment « précision » intègre des innovations technologiques (utilisées en routine ou en voie de développement) en vue d'automatiser et/ou de gérer plus finement les paramètres d'élevage et de l'ambiance. L'élevage de précision facilite le pilotage de l'élevage par l'éleveur, notamment grâce à un accès à distance aux informations et des données générées et traitées en continu et en temps réel et des outils d'aide à la décision pertinent. Il vise la multiperformance de l'élevage.

2. SYSTEME D'ELEVAGE RETENU COMME SUPPORT DU PROTOTYPE

Le système d'élevage retenu dans la filière poulets de chair pour la réalisation des prototypes de bâtiments de demain est le suivant :

Production : volaille de chair standard dont l'atelier représente une part importante du revenu de l'exploitation (*la capacité moyenne d'un atelier français professionnel est de 30 000 animaux contre 60 000 en Allemagne et plus de 90 000 au Royaume Uni. En 2008 - date de la dernière enquête avicole - on comptait en France une centaine d'élevages de 5000 m² au moins sur 5000 exploitations*).

Bâtiment : 1 à 2 bâtiments, avec un nombre de sites de production restreint (*la taille de l'atelier avicole permet d'avoir recours à une main d'œuvre spécialisée même si l'atelier se trouve sur une exploitation mixte*).

Localisation : Exploitation localisée en plaine

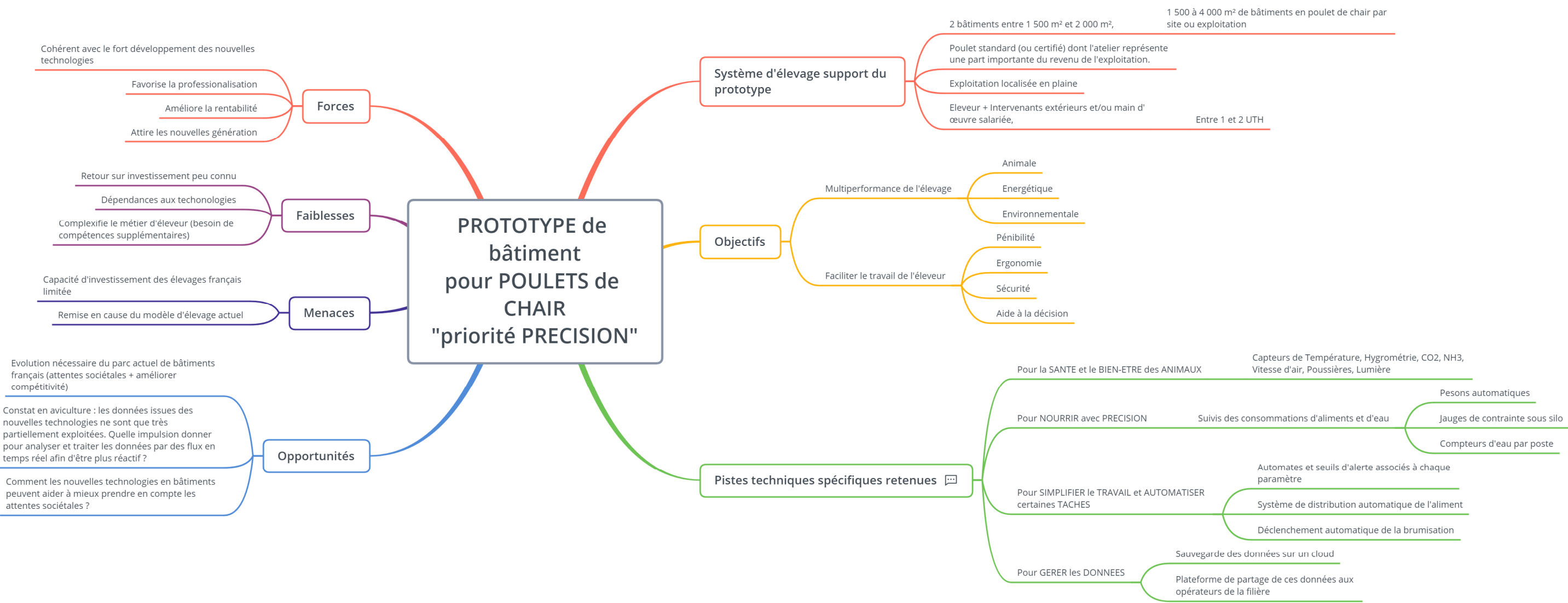
A. Objectifs

Ce prototype vise la multi performance de l'élevage (performances des animaux, énergétique, environnementale, one welfare and health) et à faciliter le travail de l'éleveur dans son quotidien (pénibilité, sécurité, ergonomie mais aussi aide à la décision). Il cherche à économiser l'énergie au niveau de la ferme, à préserver l'environnement, à assurer la santé et le bien-être des poulets ainsi qu'un suivi plus précis des intrants et de la production et une télétransmission de données en temps réel vers l'agriculteur et ses partenaires. Tous les équipements concernés dans le prototype virtuel seront connectés et centralisés. Toutes ces informations seront utilisées pour créer un tableau de bord et un système d'alerte efficaces pour l'agriculteur.

B. Caractéristiques et/ou pratiques clés

- Production : Poulet standard (ou certifié) pour aller vers la reconquête du marché domestique.
- Bâtiment : 1 à 2 bâtiments entre 1 500 m² et 2 000 m², soit 1 500 à 4 000 m² de bâtiments en poulet de chair par site ou exploitation.
- Main d'œuvre : Eleveur + intervenants extérieurs et/ou main d'œuvre salariée, soit entre 0,5 et 1 UTH

3. Résumé du prototype



Forces : Fort développement des nouvelles technologies. L'élevage de précision n'est encore qu'à ses débuts. La combinaison de technologie d'élevage moderne favorise la professionnalisation, améliore la rentabilité des investissements, réduit la pénibilité du travail de l'éleveur et attire les nouvelles générations. Elle permet également de faciliter la multi-performance de l'élevage.

Faiblesses : Selon les règles établies dans le cadre du RMT, dans les réflexions autour de ce prototype, il sera possible d'explorer des pistes, pas nécessairement viables notamment d'un point de vue économique. Le retour sur investissement des innovations et technologies discutées n'est pas encore connu (RMT (the Mixed Technological Network in english) "Livestock Buildings of Tomorrow", 2017). Avec l'ajout de technologie complexe la charge mentale de l'éleveur sera probablement plus élevée. Nous pouvons également noter le développement probable d'une dépendance aux technologies.

Menaces : La dynamique d'investissement en construction neuve est positive mais la capacité d'investissement reste limitée. La remise en cause du modèle d'élevage actuel ne doit pas être écarté et doit être anticipé bien en amont.

Opportunités : Une évolution du parc actuel de bâtiments français est nécessaire pour répondre aux préoccupations sociétales et améliorer la compétitivité des exploitations françaises. Ces technologies sont génératrices d'un nombre important de données en temps réel et en continu. Il faut veiller à proposer une solution globale combinant les dispositifs existants. En aviculture, le constat est fait que les données issues des technologies ne sont que très partiellement exploitées. Une étape clé pour tirer parti de l'élevage de précision est d'analyser autrement les données et traiter des données de flux en temps réel pour être plus réactif. Ces analyses constituent une valeur ajoutée pour les éleveurs et les parties prenantes.

Il faudra veiller à ce que les attentes sociétales soient aussi prises en compte dans la conception des bâtiments et l'intégration de ces nouvelles technologies.

Les pistes techniques retenues sont décrites dans le tableau de la partie suivante.

4. CHOIX ARGUMENTES DE CONCEPTION, DE CONSTRUCTION ET DE FONCTIONNALITES DU BATIMENT, DE SES ANNEXES ET EQUIPEMENTS

L'atelier de production de 3 000 m², est composé de 2 bâtiments de poulets de chair standards et 1,5 UTH. Chaque bâtiment a une surface de 1 500 m² (88×17m).

Bâtiment de base	Choix	Détails	Explications
Structure	Charpente métallique	IPE/PN 200 IPE, 180*63 pannes en bois	Disponibilité, robustesse, prix
	Couverture	Tôle en acier laqué	Couleur adaptée aux contraintes locales, mise en œuvre facilitée, poids réduit
	Toiture	Isolation : 50 mm mousse polyuréthane (ou PIR) + 120 mm laine minérale + vide d'air de 60 mm	Le panachage des 2 isolants est le meilleur compromis coût/efficacité
		Panneaux photovoltaïques sur un pan de toiture	Alimentation en énergie du bâtiment et revente de l'excédent
	Panneaux sandwich et pignons	Bac acier laqué + 50 mm de mousse polyuréthane (ou PIR). Ils sont positionnés dans le sens de la longueur	Rendre le bâtiment plus durable
	Trappes de sorties des animaux	Ouverture une trémie sur deux sur le côté sans échangeur avec relevage automatique	Accès des animaux à l'extérieur
	Soubassements	Les panneaux sandwich descendent 20 cm sous la surface du sol intérieur fini.	Rupture de pont thermique
	Longrines	60 cm de hauteur par 10 cm	Robustesse : protection mécanique pour le curage du fumier
	Sol	Béton fibré ou ferrailé (12 cm épaisseur) Isolé sur l'ensemble (polystyrène extrudé 40 mm)	Isolation intégrale du sol
	Trappes d'entrée d'air	Discontinues	Circuits d'air facilités en faibles débits de ventilation, optimisation de la gestion d'ambiance
	Fenêtres	3 % de la surface au sol en lumière naturelle : fenêtres avec double vitrage + volets obturateurs en parois verticales ou faîtage permettant à la lumière naturelle de pénétrer (<i>photo 1</i>). Automatisation des obturateurs à partir d'une cellule photoélectrique (cf partie capteurs)	Permet d'adapter l'intensité lumineuse intérieure en fonction de celle extérieure
	Portail	Sectionnel	Etanchéité et vieillissement amélioré
	Silos	3 avec une capacité totale de 60 à 80 m ³	Permet d'optimiser le transport d'aliment
Gestion de l'énergie et préserver l'environnement	Lumière	- LED régulation 2 zones (gauche/droite) (<i>photo 2</i>)	Optimisation de l'éclairage par pilotage des lampes et des obturateurs

		- Naturelle avec cellules photo-électriques (1 par zone d'éclairage)	Maintien un niveau d'éclairage sélectionné en fonction de l'apport de lumière naturelle. Economiser l'énergie et assurer le bien-être des poulets de chair
	Chauffage	- Chaudière biomasse (utilisant principalement des plaquettes de bois) qui permet le chauffage du bâtiment par air pulsé ou eau chaude via un plancher chauffant et aérothermes ou tubes à ailettes (<i>photos 3 et 4</i>). Des systèmes innovants sont en cours de mise au point en utilisant le fumier pour le chauffage. - Echangeurs récupérateurs de chaleur (ERC) (photo 5)	Aérothermes permettent de déstratifier l'air du bâtiment, donc de limiter les consommations de chauffage et en gaz à effet de serre (réduction des productions de dioxyde de carbone car pas de combustion du propane) même conclusion pour les échangeurs récupérateurs de chaleur Les ERC permettent le transfert de calories de l'air chaud (extrait) vers l'air froid entrant) et peuvent ainsi réduire la facture énergétique et diminuer le coût de production (ITAVI, 2016).
	Unité de Stockage Biomasse	Bâtiment de 4m x 4m avec contrôle d'humidité de la biomasse	Disponibilité du combustible
	Station de compostage des effluents	Hangar ouvert sur la largeur d'un côté de (L*I*h) 16m x25mx3m avec des aérations contrôlées sur sol bétonné	Contrôle de ses effluents et valorisation agronomique des fumiers
	Panneaux solaires	Sur le toit des bâtiments	Production d'électricité utilisée pour l'exploitation ou vendue
Gestion de l'ambiance	Piégeage des poussières sortie de ventilation	Démarrage bilatéral ou extraction haute ou mono latéral + échangeur. Puis, ventiler en longitudinal (extraction en pignon)	Centralisation de la ventilation en fin de lot
	Brumisation	Haute Pression > 80 bars, 2 rampes inox	Refroidir le bâtiment en été et maintenir l'indice de consommation. Permet également une économie en ressource alimentaire.
	Ventilation	- Dynamique avec débit total autour de 200m³/m²/h. Utilisation d'une régulation et d'un débit d'air minimum - Volets discontinus pour régler précisément les entrées d'air - Ventilateurs économiques et progressifs	Permet un brassage donc une destratification, donc potentiellement des économies de gaz. moins de phases d'arrêt, ventilation plus stable et

		- Ventilation transversale au démarrage et longitudinale en fin de lot	homogénéité dans l'apport d'air frais
	Abreuvement et alimentation	Installation performante avec godets récupérateurs d'eau. 5 lignes de pipettes et 4 d'assiettes + compteur d'eau + traitement de l'eau Comptage électrique par poste	Limite le gaspillage d'eau, et réduit la formation d'ammoniac
	Sonde	Température (ambiante et extérieure ; litière et sol), hygrométrie (ambiante intérieure, extérieure) et CO ₂	Gestion mieux maîtrisée de l'ambiance
Gestion sanitaire	Sas sanitaire	2 zones	Respect des règles de biosécurité
	Récupération des eaux de lavages	Collecteurs des eaux de lavage espacés de 20 m avec pente de 0,5 % s'ils sont placés sur un des côtés ou pente de 0,25% s'ils sont au centre du bâtiment) Fosse de récupération des eaux de lavages Évacuation des eaux de pluie : fossé drainant ou gouttières	Les eaux de lavage doivent être collectées intégralement, afin d'éviter les pollutions diffuses.
	Enrichissements	Botte de paille, Perchoir (une rangée de perchoir sur toute la longueur du bâtiment, relié au plafond et relevable au besoin pour le nettoyage ; privilégier les perchoirs fermés aux extrémités)	Expressions des comportements naturels des animaux

Equipements de précision	Choix	Détails	Explications
Assurer la santé et le bien-être des animaux	Capteurs température, hygrométrie relative, concentration en dioxyde de carbone, concentration en ammoniac, luxmètre, etc.	- Contrôle optimal des paramètres d'ambiance à l'intérieur du bâtiment : régulation de la ventilation et du chauffage basée sur ces paramètres mesurés (T°, HR, CO ₂ de plus en plus) - Garantir des conditions optimales aux animaux	Le contrôle climatique est actuellement uniquement basé sur la température et l'humidité relative à l'intérieur du bâtiment. La prochaine étape sera probablement de prendre également en compte la mesure du dioxyde de carbone qui est un bon indicateur du renouvellement de l'air
	Jauges de contraintes Comptage d'eau d'abreuvement	- Suivi des consommations d'aliment (photo 6) et d'eau - Suivi du poids des animaux à l'aide de pesons automatiques (photo 7)	L'éleveur a l'information en temps réel et en continu

Automatiser les tâches	Automates et seuils d'alerte associés à chaque paramètre Accès à distance aux données générées en continu et en temps réel	- Evaluer l'état des stocks d'aliment à l'aide de compteurs spécifiques (exemple par imagerie acoustique) : lien direct avec le fabricant d'aliment pour programmer la prochaine livraison et pas besoin de monter sur le silo pour vérifier l'état des stocks (risque de chute) - Distribution automatique de l'aliment - Contrôle de la température déclenchement automatique de la brumisation -	Facilité le travail de l'éleveur et réduire la pénibilité du travail
Gérer les données	Cloud connecté et plateforme de partage à l'aide de boîtier de régulation de la ventilation et du chauffage connecté, de plus en plus performant et centralisant un nombre croissant de données (photo 8)	- Sauvegarde des données dans serveur distant permettant à l'éleveur de récupérer ces données en cas de perte - Interopérabilité des données centralisées pour le partage de ces données aux opérateurs de la filière	Facilité le travail de l'éleveur et le partage d'information entre les parties prenantes. Enjeu de traçabilité sur le produit fini à partir de ces données jusqu'aux consommateurs finaux.

Photos



Figure 1 Fenêtre avec obturateur



Figure 2 Eclairage LED



Figure 3 Aérotherme à eau chaude



Figure 4 Chaudière biomasse



Figure 5 Echangeurs récupérateurs de chaleur



Figure 6 Jauge de contrainte sous silo



Figure 7 Pesons automatique pour le suivi du poids des volailles



Figure 8 Boîtier de régulation de la ventilation et du chauffage connecté et Cloud

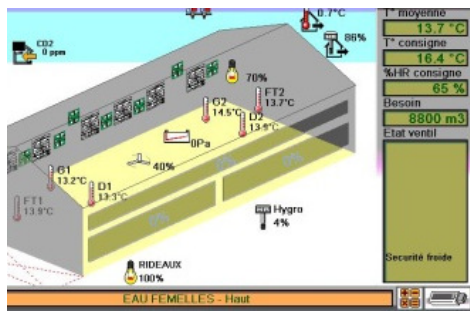


Figure 9 Vue de l'interface du boîtier de régulation



Figure 10 Caméra



Figure 11 Vue à l'intérieur de l'élevage par caméra



Figure 12 Prise de vue extérieure d'un bâtiment

POUR ALLER PLUS LOIN

- **Lunettes connectées** permettant d'agir oralement et ainsi de libérer ses mains. Les applications dans la production de poulets de chair pourraient être d'aider les praticiens (didactique, procédures ...) et de suivre les mesures (scoring des pododermatites, ...) pour des exemples (Creach et al., 2017).
- **Systèmes d'analyses d'images** qui examinent le mouvement et la distribution des animaux pour la détection précoce d'anomalies (sanitaires ou de bien-être) (photos 9 et 10).
- **Système d'éclosion à la ferme** tel que développé récemment par Vencomatic (système X-trech). Des plateaux contenant 18 œufs incubés pendant la journée sont placés sur un système de rails dans la grange (photos 11 et 12). Aux jours d'incubation 19 et 20, les poussins éclosent dans le poulailler. Avec ce système, il y a le transport d'œufs et non d'animaux vivants. Après l'éclosion, les poussins ont un accès direct à l'eau et à la nourriture. Ils sont directement dans leur milieu de vie, donc il n'y a pas de variation thermique après l'éclosion. Le système X-trech semble donner de bons résultats en terme de performances des poulets de chair (stimule le développement intestinal et le système immunitaire [informations de Vencomatic]) et doivent être étudiées plus précisément.
- **Animaux sentinelles** équipés de micro-capteurs capteurs (thermomètre, podomètre, accéléromètre, puces RFID, etc.) qui donneraient des informations à l'échelle de l'individu
- **Enregistrement et traitement du son en bâtiment** avicole qui pourraient être une technologie prometteuse pour détecter les problèmes sanitaires, de stress ou de croissance. En conditions expérimentales, des études récentes présentent des résultats prometteurs sur cet indicateur (Berckmans et al., 2015 ; I.Fontana et al., 2016). La prochaine étape est de travailler en bâtiment commercial.

5. Bibliographie :

Berckmans.D et al., 2015, Elevage de précision : l'intérêt pour l'éleveur du futur ; communication orale 15ème journée d'étude des productions porcines et avicoles à Beez.

Creach.P, Doutart.E, Bouvarel.I ; 2017. Precision livestock farming and big data : a new challenge for poultry sector. Journées de la recherche avicole et palmipèdes à foie gras.

Fontana.I, Tullo.E, Scrase.A and Butterworth.A, 2016. Vocalisation sound pattern identification in young broiler chickens. Animal, volume 10, issue 9, pp. 1567-1574.

ITAVI, 2016. Les échangeurs récupérateurs de chaleur. Plaquette réalisée avec la contribution financière de l'ADEME à travers du POBE et de la région Rhône-Alpes à travers le PEP avicole.

RMT (the Mixed Technological Network in english) "Livestock Buildings of Tomorrow", 2017. 3 priorities of the RMT "Livestock Buildings of Tomorrow" [on line : http://www.rmt-batiments.org/IMG/pdf/RMT-batiments-de-demain_Note-introductive-3-thematiques_23-01-2017.pdf]

6. Evaluation du prototype

6.1- Grille d'évaluation synthétique

6.2- Repères de coûts d'investissements

6.3- Approche des coûts de fonctionnement

7. Conclusions

Nombre de technologies de précision peuvent trouver des applications dans le secteur de la volaille, pour aider les éleveurs et faciliter leur travail au quotidien tout en améliorant la productivité. Il faut cependant veiller à ce que ces technologies répondent bien à un besoin de la profession et des acteurs des filières avicoles. En plus d'améliorer la productivité, l'élevage de précision contribue à la modernité de la production de volailles de chair et à l'attractivité de la profession pour les jeunes générations, en alliant le numérique et la technicité.

Avec ce prototype de poulailler, les éleveurs pourront réaliser la/les recombinaison(s) nécessaire(s) en réponse à leurs besoins/situations spécifiques.

Une étape clé pour tirer parti de l'élevage de précision est d'analyser davantage et mieux les données produites et de développer des algorithmes qui traitent des données de flux en temps réel pour être plus réactif. Ces analyses constituent une valeur ajoutée pour les éleveurs et les parties prenantes. La filière devra cependant proposer une solution globale combinant les dispositifs existants pour ne pas submerger l'éleveur.