

LE BATIMENT D'ELEVAGE, UN OUTIL STRATEGIQUE POUR LA FILIERE AVICOLE

Chevalier Dylan^{1 et 3}, Nicolas Christian², Amand Gérard³

¹*Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire - 9 Rue André Brouard CS70510 -
49105 ANGERS,*

²*Chambre d'agriculture de Bretagne - Rue Jean Monnet, ZAE Kerampuil -
29270 CARHAIX-PLOUGUER,*

³*ITAVI - Zoopôle Beaucemaine, 41 rue beaucemaine - 22440 PLOUFRAGAN*

dylan.chevalier@pl.chambagri.fr

RÉSUMÉ

Le bâtiment d'élevage est un outil déterminant pour la filière avicole. Il peut constituer pour l'éleveur et ses partenaires une cause d'échec ou un levier de réussite économique, environnementale ou sociale. Si dans le secteur des poules pondeuses, le parc est récent notamment du fait de l'application des normes européennes de bien-être animal, les bâtiments avicoles demeurent relativement vétustes. Ils doivent être modernisés voire reconstruits, pour s'adapter aux nouvelles exigences de marché et de réglementation, répondre aux demandes sociétales, mais aussi demeurer ou devenir des outils de travail transmissibles et attractifs pour les jeunes générations. Les études de terrain, et les témoignages des éleveurs et des intervenants du bâtiment, confirment que des choix judicieux de modernisation et la mise en œuvre d'innovations matérielles sont gages d'amélioration de la durabilité de la filière. Sous réserve qu'il soit bien implanté et conçu en concertation avec tous les acteurs, puis entretenu et correctement utilisé par un éleveur et des intervenants pointus et formés, le bâtiment permet l'expression du potentiel génétique des animaux et génère des économies (aliment, énergie...). Il offre alors un bon niveau de confort, de sécurité sanitaire et technique pour les travailleurs et les animaux et peut contribuer positivement à l'image du métier et des produits (nouveaux dispositifs facilitant le travail, intégration paysagère, production d'énergie renouvelable, maîtrise des nuisances...). Cette synthèse rappelle les enjeux du bâtiment avicole, campe le décor actuel du parc français et suggère des pistes de réflexion pour imaginer le bâtiment de demain.

ABSTRACT

The poultry house, a strategic tool for the sector

The poultry house is a key tool for the poultry sector. For the farmer and its partners, it may constitute a cause of failure or a lever for economic, environmental or social success. If in the laying hen sector houses are recent, particularly due to the implementation of European standards of animal welfare, generally poultry buildings remain relatively old. They need to be upgraded or rebuilt to be adapted to new market and regulatory requirements, to respond to societal demands, but also to remain or become communicable and attractive working tools for the younger generations. Studies and testimonies of farmers and actors in the building field confirm that judicious choice of modernization and implementation of hardware innovations are guarantees to improve the sustainability of the sector. If the building is well implemented and designed in consultation with all stakeholders, and then maintained and used properly by specialized farmers and actors, it permits the expression of genetic potential of animals and generates savings (food, energy ...). Then, it offers a good level of sanitary and technical security for workers and animals and can enhance the image of the profession and products (new devices facilitating the work, landscaping, renewable energy, pollution controlling...). This synthesis recalls the challenges of the poultry building, portrays the current setting of the French tools and suggests reflection to imagine the building of tomorrow.

INTRODUCTION

Cette synthèse rappelle les enjeux du bâtiment avicole, campe le décor actuel du parc français et suggère des pistes de réflexion pour imaginer le bâtiment de demain. Elle fait état, sans ambition d'exhaustivité, des principales connaissances disponibles sur ce sujet et recueille des témoignages et avis d'experts sur les différents leviers d'action du bâtiment avicole actuel et de demain. Elle démontre que le bâtiment est simultanément, un formidable levier d'action pour répondre aux demandes sociétales et sociales (environnement, bien-être animal, santé et sécurité, qualité, travail), et un outil d'amélioration de la compétitivité de l'élevage et de la filière.

Le bâtiment d'élevage est avant tout la « maison des oiseaux », qui doit être conçue et utilisée dans cet esprit pour répondre à leurs besoins et leur apporter le confort nécessaire. Il est ensuite l'outil de travail central de l'élevage, qui outre les règles de sécurité essentielles, doit assister l'éleveur, faciliter les travailleurs dans leurs tâches les plus pénibles et être un lieu agréable au quotidien. Mais au-delà, le bâtiment doit être efficient, pragmatique, économe voire générateur de ressources complémentaires dans un contexte économique exigeant. Enfin, il est un levier primordial pour maîtriser l'impact de l'élevage sur l'environnement et ainsi favoriser l'acceptabilité par la société civile de l'activité.

1. CONTEXTE GENERAL

La dernière enquête sur la structure des exploitations avicoles réalisée en 2008 par le SCEES sur le parc de bâtiment de volailles montre que la surface des productions avicole en France était d'un peu moins de 24 millions de m² répartie sur 55 000 bâtiments, soit une moyenne de 434 m² par bâtiment (Cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Effectifs et superficie de bâtiments (y compris abri) dans les différentes filières avicoles en France (SCEES, 2008)

	Exploitations*		Bâtiments		Superficie des bâtiments		Capacités (nb places)	
	nb	%	nb	%	m ²	%	nb places	moynenne
Toute activité avicole	19 649	-	64 926	100 %	23 831 706	100 %	434	-
Ensemble volailles de chair :	12 269	62,4 %	32 446	49,9 %	14 339 727	60,1 %	442	-
- en bâtiment fermé :	6 415	32,6 %	17 384	26,7 %	9 690 806	40,7 %	651	-
- avec parcours :	5 841	30,3 %	21 061	32,3 %	4 637 919	19,5 %	220	-
Volailles de chair démarrées :	812	4,1 %	881	1,6 %	251 732	1,1 %	206	-
Ensemble volailles Grasses :	3 761	18,1 %	10 323	15,8 %	2 306 142	9,3 %	214	-
- gressiers :	2 514	12,8 %	3 394	5,2 %	756 583	3,2 %	222	-
- PKG :	2 212	11,3 %	6 929	10,6 %	1 549 559	6,1 %	209	-
Ensemble pondeuses :	1 702	8,7 %	2668	4,1 %	2 296 741	9,6 %	961	43 264 199
- en cages :	655	3,3 %	1 197	2,2 %	1 330 736	5,6 %	1 112	35 226 529
- alternatives :	1 076	5,5 %	1 469	2,7 %	956 009	4,0 %	656	7 927 430
Poulettes :	466	2,4 %	972	1,8 %	962 078	4,2 %	1 821	-
Volailles repro (pondeuses (DAC) :	960	5,0 %	2 349	3,9 %	2 161 701	9,0 %	916	13 268 462
Poules reproductrices :	478	2,4 %	1 087	2,0 %	1 064 067	4,4 %	961	-

*Uniquement : une exploitation peut posséder plusieurs bâtiments, et par conséquent peut être comptée dans plusieurs filières.

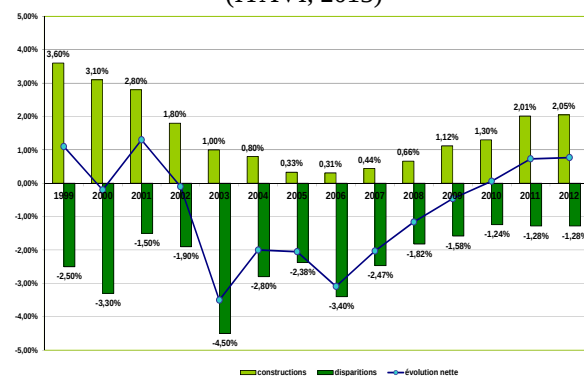
Au sein de ce parc, les élevages de volailles de chair (fermés et avec parcours) représentent 60 % des surfaces, les bâtiments de production d'œufs de consommation (cages ou alternatifs) un peu moins de 10 %, les ateliers de volailles grasses un peu plus de 9

%, les élevages de volailles reproductrices pèsent 9 %, enfin les poulettes et les volailles futures reproductrices représentent chacune un peu plus de 4 % du parc total (Riffard et Al, 2010).

Ce parc de bâtiment est vieillissant : en 2008 une grande partie du parc était âgée de plus de 18 ans en moyenne (bâtiments de volailles de chair fermés, de reproductrices, de futures reproductrices), allant même jusqu'à près de 22 ans pour les bâtiments de poulettes futures pondeuses d'œufs de consommation (Riffard et al, 2010). Les constructions de la filière palmipèdes gras étaient les plus récentes et présentaient une moyenne d'âge de près de 14 ans pour la partie élevage et de 15 ans pour le gavage. Les bâtiments avec parcours étaient âgés de 15 ans et les bâtiments de poules pondeuses d'œufs de consommation d'environ 16 ans. Depuis cette étude et avant le 1^{er} janvier 2012, de nombreux producteurs d'œufs en cages ont effectué des rénovations et constructions, dans le cadre de la mise aux normes de leurs outils, afin de respecter les dimensions de cages et les exigences réglementaires relatives au bien-être animal. D'autres producteurs d'œufs ont opté pour une modification de leur mode d'élevage et ont préféré passer en système alternatif (œufs plein-air, volière, œufs au sol,...). Dans la filière des palmipèdes à foie gras, certains gaveurs ont anticipé le passage au logement collectif qui devra être généralisé à l'ensemble du parc avant le 1er janvier 2016. Cette modification nécessite en outre d'adapter les dispositifs de gestion d'ambiance aux nouvelles caractéristiques de salles et de logements pour optimiser le bien-être des animaux.

L'évolution nette des constructions et disparitions de bâtiments volailles de chair depuis 1999 (Cf. Figure 1) a été négative ou nulle de 2002 à 2010.

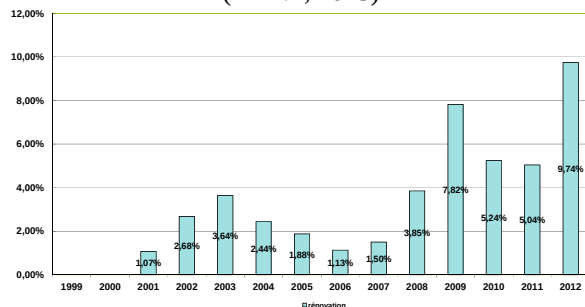
Figure 1 : Évolution des constructions et disparitions de bâtiments de volailles de chair entre 1999 et 2012 (ITAVI, 2013)



Pendant cette période le parc de bâtiment de volailles de chair a régressé, s'est très peu renouvelé et n'a pas suffisamment intégré les nécessaires nouvelles technologies. Les rénovations intervenues à la fin des années 2000, dans le cadre du plan de performance énergétique ou d'autres dispositifs soutenus par les

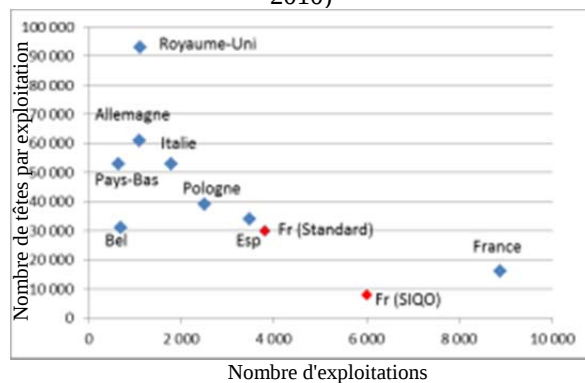
pouvoirs publics et collectivités territoriales, ont permis de limiter le déclin du parc (Cf. Figure 2).

Figure 2 : Évolution des taux de rénovation du parc volailles de chair français entre 1999 à 2012 (ITAVI, 2013)



La production avicole française est réalisée dans de nombreuses exploitations d'assez faible capacité, à l'opposé des autres pays producteurs européens (Royaume-Unis, Pays-Bas, Allemagne, Belgique...) pour lesquels le nombre d'exploitations est plus limité mais d'une capacité deux à trois fois plus importante (Cf. Figure 3). Les bâtiments rencontrés sur ces dernières exploitations sont assez souvent des bâtiments de grande capacité (1 700 à 2 400 m²) alors que les bâtiments du parc de volailles de chair français ont des surfaces qui varient de quelques centaines de m² à 1500 voire 1800 m² pour les plus importants.

Figure 3 : Nombre et capacité des exploitations dans les principaux pays producteurs de l'UE (Eurostat, 2010)



En France, ces dernières années, la tendance en volailles de chair est à l'augmentation de la taille des bâtiments, ce qui amène également des évolutions sur leur structure et leur conception (largeur, charpente, ventilation...). Depuis la fin des années 2000, nous assistons au développement des sols bétonnés et à la mise en place de bâtiments économes en énergie. Les bâtiments clairs isolés se répandent, de même que la ventilation longitudinale avec entrées d'air sur les longs pans. Pour les salles de gavage, en vue d'un changement des logements et de l'optimisation du bien-être des animaux et des gaveurs, les extracteurs d'air sont couplés à des panneaux évaporatifs ou à de la brumisation, voire les deux. Ces appareils sont

utilisés en cohérence avec les dispositifs de brassage (par gaine ou en cascade). Pour les bâtiments de reproduction, des explorations se font actuellement vers des bâtiments obscurs à ventilation longitudinale équipés de systèmes de chauffage et de dispositifs de refroidissement. Le secteur de la reproduction dispose des bâtiments les plus âgés du parc français ; leur modernisation est cruciale car les animaux qui y sont élevés constituent la base de l'ensemble de la filière.

Au plan mondial, dans les différentes zones de production, les bâtiments avicoles et leurs équipements sont adaptés aux contextes économique (investissement, disponibilité des produits,...), climatique (bâtiments fermés et très isolés dans les zones froides, ouverts ou très ventilés, le cas échéant refroidis, dans les zones chaudes), énergétique (énergie disponible en quantité et en qualité), social (disponibilité de main-d'œuvre, coût de la main-d'œuvre), sociétal (réponses aux attentes de la société sur l'environnement, le bien-être animal, le bruit, les odeurs, les poussières, les émissions gazeuses,...). D'une manière générale, on observe une augmentation de la taille des bâtiments au fil du temps.

Ainsi dans certains pays d'Afrique centrale, les bâtiments sont de petite taille et de faible largeur, abrités dans la végétation, avec des parois grillagées pour permettre une ventilation naturelle. Les constituants sont alors bien souvent des matériaux locaux. Le niveau d'équipement et d'automatisation y est faible compte tenu de la mauvaise qualité des réseaux électriques (risque de coupure de l'approvisionnement) et de la présence d'une main-d'œuvre locale abondante et peu coûteuse.

Au Canada, et dans certains pays d'Afrique du Nord (Tunisie,...), il existe des bâtiments à étages (sur deux niveaux) permettant de bénéficier, selon le cas, de la chaleur ou de la fraîcheur de la salle du bas et de réduire l'emprise au sol des bâtiments. En Malaisie, Ukraine, Russie, ... on utilise des bâtiments équipés de batterie d'élevage de volailles (logements sur grillage disposés sur plusieurs niveaux). Ces dispositifs disposent alors de capacités de production qui vont bien au-delà du chargement instantané de 42 kg/m² de surface au sol autorisés par la directive européenne sur le bien-être animal.

En Chine, l'implantation il y a moins de 10 ans d'une exploitation écologique de 3 millions de poules pondeuses associée à une unité de méthanisation permet de produire annuellement, outre 500 millions d'œufs, du chauffage pour l'exploitation et 500 voisins, 14 GWh d'électricité et des fertilisants organiques. Les 160 000 tonnes de fertilisants sont utilisées par des dizaines de milliers d'agriculteurs sous contrat avec la ferme de ponte. Cette exploitation met en avant l'économie circulaire et communique sur son impact positif vers la société et son environnement (réduction des GES, fourniture d'énergie,...).

Dans deux des principaux pays exportateurs (USA et Brésil), les caractéristiques des bâtiments et leur

évolution sont les suivantes. Aux États-Unis, 30 % du parc a moins de 15 ans (Mac Donald J., 2014). La taille moyenne des bâtiments en 2011 était de 1 730 m² (12,8 m x 134 m) et les bâtiments construits récemment mesurent 2 320 m² de moyenne (15,20 m x 150 m). Les plus grands bâtiments récemment mis en service disposent d'une surface de plus de 3 600 m² (20,00 m x 180 m). 90 % des bâtiments utilisent une ventilation longitudinale (ventilation tunnel), avec introduction d'air par des trappes à ajustement d'ouverture automatique. Au Brésil, deux types d'exploitations avicoles se côtoient : des exploitations familiales avec des outils avicoles de taille modeste et des exploitations plus importantes dans lesquelles le module de production est constitué de 4 bâtiments de 1 600 m² soit 6 400 m², gérés par 2 salariés. L'exploitation peut comprendre de 1 à 13 modules, soit 6 400 à 83 000 m² de surface de production. Un type de bâtiment dénommé "Dark House" semble se développer : il s'agit d'un bâtiment de 15 à 30 m de large et de 100 à 150 m de long disposant d'une ventilation longitudinale par extraction sur l'un des pignons et admission de l'air sur le pignon opposé, sans aucune trappe latérales. C'est un bâtiment dont le plafond est plat et situé à moins de 2 m de hauteur ; associé à un système de refroidissement, il permet d'élever dans le contexte brésilien des poulets à plus forte densité que dans les bâtiments classiquement utilisés (18-20 contre 13-15 animaux par m²).

Le bâtiment est un outil de production, mais il constitue aussi un investissement réalisé par le producteur qui en est propriétaire. Dans les pays du nord de l'Europe, les éleveurs investissent dans des bâtiments en dur (parois isolées en briques, en parpaing ou en béton banché), conçus pour durer beaucoup plus longtemps que les constructions utilisées en France.

En termes de recherche et développement, le bâtiment d'élevage ne bénéficie pas de moyens aussi importants que le bâtiment tertiaire ou d'autres thématiques. Pour tenter de remédier au manque de moyens de la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement, les équipes concernées se concertent régulièrement, notamment dans le cadre du RMT "Bâtiment de Demain". Elles échangent également avec les constructeurs et équipementiers qui disposent de bureaux d'études mais aussi avec les organismes de formation, organisations de production et producteurs pour être en adéquation avec les besoins du terrain. Les travaux engagés depuis plusieurs années déjà, suivent les demandes des producteurs et de la société et sont, fort heureusement, en adéquation avec l'optimisation des productions et de leur durabilité. Ils consistent à mieux connaître les besoins des animaux et à déterminer les meilleures solutions pour y parvenir.

2. FREINS ET LEVIERS DE DEVELOPPEMENT DU PARC FRANÇAIS

L'élevage avicole a progressivement intégré la protection de l'environnement et le bien-être animal dans son fonctionnement. Les réglementations (notamment sur l'environnement et le bien-être animal) se sont enchaînées à un rythme soutenu depuis une vingtaine d'années. Le premier programme d'action de la directive nitrates visant à préserver la qualité de l'eau a ainsi vu le jour en juillet 1997. Depuis cette date, les plans se sont succédés et le 7 juillet 2014, le cinquième programme est entré en vigueur. Ces dispositifs successifs ont permis d'obtenir des résultats intéressants et notamment une baisse significative de la teneur en nitrates des eaux de surface. Concernant le bien-être animal, la directive européenne sur les poulets de chair (2007/43/CE) est entrée en application le 28 juin 2010 et celle concernant les poules pondeuses (1999/74/CE) au 1^{er} janvier 2012. La recommandation émise en 1999 concernant les canards en gavage sera également effective dans tous les élevages français en 2016. Mais l'application de ces textes a aussi eu des effets dévastateurs sur le parc d'élevage avicole français. La complexité des dossiers administratifs et les délais d'instruction ont en effet donné un coup de frein au développement de nouveaux élevages depuis la fin des années 90. Le parc avicole français ne s'est pas suffisamment renouvelé, alors que dans le même temps nos voisins allemands, pourtant confrontés à la même réglementation, mais sans doute plus pragmatiques, ont fortement développé leur parc. Par ailleurs, de futures règles concernant les rejets gazeux et de poussières pourraient conduire à traiter l'air en sortie de poulailler.

Malgré ces efforts et les investissements consentis, l'acceptabilité sociale au développement des élevages demeure compliquée et souvent deux mondes s'affrontent sans se comprendre. D'un côté des éleveurs convaincus qu'en mettant en œuvre les équipements et les pratiques imposées par les textes réglementaires, rien ne peut s'opposer au développement de leur activité et de l'autre des citoyens en déficit d'information, de plus en plus suspicieux sur les méthodes d'élevage modernes.

D'autres réglementations relatives à l'écoconception des moteurs électriques et des luminaires impactent financièrement la filière. Ces matériels ont certes vocation à générer des économies d'énergie, mais ils sont, au moment de leur mise sur le marché, plus coûteux que leurs prédécesseurs.

Dans ce contexte réglementaire de plus en plus contraignant, des dispositifs d'aides publiques accompagnent les éleveurs dans leurs investissements. Différentes sources de financement sont ainsi mobilisées : état, fonds européens, agences de l'eau, collectivités territoriales. Le Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole (PMPOA),

résultant de l'accord du 8 octobre 1993 entre l'Etat et la profession agricole et mis en œuvre à partir de 1994, avait pour objectif de réduire la pollution des eaux au travers de la bonne gestion des effluents d'élevage. L'aviculture a été très peu concernée, mais les principaux investissements subventionnés ont concerné le stockage des effluents (fumière, fosse à lisier), les installations de compostage des fumiers et de séchage des fientes. Les éleveurs de poules pondeuses et de canard gras en gavage s'engageant dans la mise aux normes de leur élevage sur le plan du bien-être animal ont également bénéficié de subventions. Les investissements concernaient dans ce cas le mode de logement des volailles. En dehors des accompagnements liés aux aspects réglementaires, d'autres dispositifs visant à améliorer le parc de bâtiments d'élevage et à redonner de la compétitivité à la filière amont existent. C'est le cas des contrats de plan Etat Région (CPER) et du Plan de Performance Energétique (PPE). Préparé en concertation avec la profession agricole et lancé en février 2009, le PPE avait pour objectif d'améliorer l'efficacité énergétique globale des exploitations agricoles. Il s'est achevé en 2014 et a permis d'impulser une dynamique de rénovation du parc de bâtiments avicoles, en finançant des équipements à vocation d'économie d'énergie (isolation des bâtiments, récupération de chaleur par échangeur d'air...). Dès 2015 et jusqu'en 2020, un nouveau programme bénéficiant de fonds européens, de l'état et des collectivités territoriales doit se mettre en place, ouvrant de nouvelles perspectives puisque accessible aux projets de création d'élevages et non plus uniquement à la rénovation des outils existants. Il doit également accompagner, notamment dans les nouvelles zones vulnérables, les investissements liés aux nouvelles contraintes exigées dans le cadre de la directive nitrates sur le stockage des fumiers et la limitation des périodes d'épandage.

3. LES LEVIERS D'ACTION DU BATIMENT

Le bâtiment d'élevage est pour l'aviculteur un levier d'action important, notamment pour optimiser ses performances technico-économiques, limiter son impact sur l'environnement, améliorer son intégration sociale et renforcer son image vers l'extérieur. Les chapitres suivants présentent les différents leviers sur lesquels le bâtiment peut agir significativement.

3.1. Le couple éleveur-bâtiment : les clés du pilotage

Les bâtiments avicoles qui se construisent actuellement sur le terrain en France, et *a priori* les bâtiments neufs du futur, doivent et devront de plus en plus être pilotés par des éleveurs à la fois passionnés par l'élevage et l'observation des animaux, mais également par la recherche permanente de l'optimisation de leur environnement matériel. La réussite de l'élevage avicole passera demain plus

encore qu'aujourd'hui, par le développement de pratiques d'élevage innovantes et par l'utilisation de nouvelles techniques ou technologies. Dans ce contexte, les éleveurs devront avant tout être appuyés par des services techniques très performants, participer régulièrement à des actions de formation approfondie, être à l'affût des dernières actualités techniques et scientifiques, mais également participer à des rencontres ou voyages d'études pour découvrir des solutions développées en France ou dans le monde, transposables ou apportant tout simplement de nouveaux concepts intéressants.

Avec le développement de la taille des ateliers, le regroupement des exploitations et les aspirations personnelles des responsables d'élevage à vouloir se dégager du temps pour leur vie privée, le métier d'aviculteur est d'ores et déjà devenu un métier destiné à des agri-managers employeurs de main d'œuvre et investisseurs. L'esprit d'entreprise, l'initiative, la réactivité, la capacité d'analyse et de gestion financière, ou encore le management sont des qualités complémentaires devenues indispensables au métier d'éleveur.

Par ailleurs, la qualité des relations entre, les éleveurs en tant que porteurs de projets et utilisateurs de bâtiments, leurs partenaires professionnels et économiques dont l'activité est interdépendante, et leurs fournisseurs de produits et de services d'équipement deviendra essentielle. Le maillon équipementier renforcera à coup sûr ses liens avec l'ensemble des acteurs des filières de production avicole. L'enjeu est de proposer des solutions durables pour la filière (automates, systèmes de détection précoce des problèmes, outils de mesure, centralisation et traitement informatisé des données stratégiques d'élevage...), et d'assister l'éleveur dans le pilotage de ses outils de production avec un haut niveau d'efficacité et de réactivité (maintenance, dépannage...) et ses partenaires techniques (traçabilité, méta-analyses, audits, logistique...).

A condition qu'il soit bien implanté et conçu en concertation avec tous les acteurs, puis entretenu et correctement utilisé par un éleveur et des intervenants pointus et formés, le bâtiment permet en effet la pleine expression du potentiel génétique des animaux, tout en assurant un bon niveau de maîtrise des charges opérationnelles. Il peut apparaître que des bâtiments parfaitement construits et équipés, ne permettent pas aux éleveurs qui les utilisent de dégager des résultats d'élevage satisfaisants. En effet, une mauvaise implantation du bâtiment sur un terrain encaissé ou humide, un problème d'orientation par rapport aux vents dominants ou encore des défauts de maintenance et d'entretien du matériel, sont souvent les causes directes des échecs de performances ou de maîtrise des charges opérationnelles rencontrés sur le terrain. Par exemple, des suivis réalisés en élevage montrent que le dépoussiérage approfondi des radiants et le changement régulier des pièces d'usure (injecteurs) associés à des réglages adaptés

(diminution progressive du nombre de radiants au cours du temps) permettent de générer des économies de gaz de l'ordre de 20 % et d'améliorer l'ambiance dans les bâtiments. Le contrôle régulier de l'effectivité des ouvertures par rapport aux indications portées sur les boîtiers de régulation (réglages « 0-10 Volts ») est également une source fréquente de problèmes de ventilation. Dans le cas de bâtiments statiques fortement exposés aux vents, la mise en place d'une haie brise-vent permet dans certains cas (par exemple en production de volailles Label Rouge) de réduire les consommations d'énergie en hiver de plus de 20 %. Ceci illustre notamment l'importance d'une bonne implantation au départ, réfléchie en concertation avec tous les acteurs.

Mais plus généralement, il conviendrait de réaliser davantage de contrôles réguliers de fonctionnement des bâtiments. Outre quelques exceptions et les contrôles imposés aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), les bâtiments avicoles ne font actuellement pas l'objet de réels contrats de maintenance et d'entretien. Leurs performances pourraient être grandement améliorées si ce type de stratégie était développé. Il faudrait alors baliser le champ d'intervention de chaque acteur (fabricant, constructeur, installateur, éleveur, partenaires économiques...) et bien préciser les responsabilités de chacun. Le coût d'une telle action devra être compensé par les améliorations générées.

3.2. Le bâtiment économe et performant

Le bâtiment "économe et performant" résulte de compromis entre la réduction des coûts d'investissements et de fonctionnement en lien avec l'optimisation des performances technico-économiques de l'élevage (coûts de production).

Une réflexion collective en amont d'un projet est nécessaire afin de concevoir un tel concept de bâtiment : la notion de retour sur investissement doit être une nouvelle valeur de comparaison. Bien analyser le rapport entre investissement de départ et coût de fonctionnement des matériaux est indispensable. Plusieurs fondamentaux sont à prendre en compte pour obtenir un bâtiment économe et performant. Ils sont exposés ci-après.

L'étanchéité et l'isolation sont prioritaires afin de maîtriser simultanément les pertes caloriques et la gestion des flux d'air. L'isolation des toitures, des parois et des sols limite l'impact des conditions climatiques extérieures sur l'ambiance intérieure. L'obtention du confort thermique permet d'exprimer le potentiel génétique des volailles. Par ailleurs, le gaz propane coûte 800 €/tonne actuellement, et représente le premier poste de dépense des éleveurs de volailles de chair (un tiers du total des charges variables ; Chambres d'agriculture, 2014). La maîtrise de l'étanchéité des ouvrants et des systèmes d'extraction évite les ponts thermiques. Un contrôle par caméra

thermique peut aider au diagnostic de l'isolation et de l'étanchéité des bâtiments.

L'optimisation du **couple ventilation / chauffage** est également stratégique pour générer de bonnes performances zootechniques et des économies d'énergie liée au chauffage. Certains spécialistes considèrent que ce couple est le levier responsable de plus de 70 % du résultat d'élevage. L'enjeu est de bien utiliser les calories présentes au faitage des bâtiments. La ventilation peut se baser sur des entrées d'air, de préférence sous forme de trappes discontinues, et sur des concepts réchauffant l'air entrant. Les appareils de chauffage doivent être bien choisis et impérativement entretenus. De nouvelles pistes de chauffage (aérothermes à eau chaude ou planchers chauffants alimentés par une chaudière à biomasse ou à condensation par exemple) peuvent également éviter l'émission de gaz de combustion à l'intérieur des bâtiments (vapeur d'eau, CO₂ voire CO). Les Echangeurs Récupérateurs de Chaleur (ERC) permettent de diminuer aussi sensiblement la facture énergétique « fossile » (de 20 à 50 %), tout en améliorant les conditions d'élevage en permettant d'atteindre plus facilement le respect des normes bien-être (maîtrise des taux d'hygrométrie relative et de CO₂). En revanche, les ERC peuvent, selon les modèles et les ventilateurs intégrés, générer une augmentation de la consommation électrique.

Privilégier les nouvelles générations de ventilateurs dits à « économie d'énergie » demande plus d'investissement au départ mais s'avère plus économe à l'utilisation. Opter pour des systèmes d'éclairage fiabilisés et validés dits de « basse consommation » permet aussi de limiter la consommation électrique. Les deux postes ventilation et éclairage représentent en effet plus des deux tiers des consommations électriques des bâtiments avicoles en moyenne.

Par ailleurs, maîtriser la consommation et la qualité de l'eau permet l'amélioration des conditions sanitaires (baisse des coûts de traitement médicamenteux) et une meilleure qualité des litières (réduction des rejets d'ammoniac et de l'utilisation de litière). Pour y parvenir, le contrôle permanent de la qualité bactériologique de l'eau est essentiel. La généralisation sur le terrain de la mise en circulation de l'eau et de la purge automatique des canalisations (avec récupération d'eau) est fortement souhaitable pour maintenir la potabilité de l'eau. Utiliser des méthodes de lavage ainsi que des appareils économes et des matériaux de construction facilitant le nettoyage et la désinfection peut aussi permettre de diminuer les consommations et le temps passé, donc la charge en eau et le coût du travail. Une étude menée par l'Université Rennes I sur les ténébrions et leur impact sur la pérennité d'un bâtiment montre que l'utilisation de matériaux lisses peut éviter la migration des ténébrions vers les parois verticales du bâtiment. C'est un des moyens d'agir efficacement à un coût abordable sur la maîtrise de la population de cet insecte vecteur de contaminants. Enfin,

l'utilisation de sols bétonnés correctement réalisés (chauffés ou non), améliore la gestion du temps de travail lors du vide sanitaire : gain de temps de nettoyage et de quantité d'eau, baisse de la quantité de litière consommée. Il est cependant impératif de bien maîtriser la technique de préchauffe du bâtiment dans ce cas.

Le Tableau 2 montre les résultats dégagés par les élevages de poulets standards du Grand-Ouest en 2013 publiés par les chambres d'agriculture en 2014. L'enquête réalisée confirme que les bâtiments dynamiques équipés de canons à air chaud génèrent 0.5 €/m²/lot soit près de 3 €/m² pour six lots produits par an de plus que les bâtiments statiques équipés de radiants. Les auteurs indiquent que, s'il est statistiquement très difficile de mettre en avant l'impact d'un type de bâtiment ou de matériel sur les performances des volailles ou les résultats économiques du fait de l'existence de bien d'autres facteurs de variation (qualité du poussin et de l'aliment, technicité de l'éleveur, conditions contractuelles...), il est néanmoins possible de dégager des profils de bâtiments économes et performants en production de poulet. Il s'agit ici d'un bâtiment dynamique récent, de préférence équipé d'aérothermes à air chaud, de systèmes d'abreuvement par pipettes, et d'un système de refroidissement par brumisation haute pression.

Tableau 2. Performances, charges opérationnelles et marges dégagées par les élevages de poulets standards de souches non JA dans le Grand-Ouest en 2013, en fonction du type de bâtiment (Chambres d'agriculture, 2014)

Type de ventilation	Dynamique		Statique lanterneau
Type de chauffage	Radiants	Canons	Radiants
Âge moyen du bâtiment (années)	21	22	33
Nombre de lots	186	330	84
Durée d'élevage (jours)	36,8	39,4	37,6
Poids vif moyen (kg)	1,893	1,998	1,901
Indice de consommation	1,693	1,743	1,755
GMQ (g/l)	52,19	52,75	51,14
Taux de pertes (%)	4,14	4,34	4,39
IP	301	298	283
Densité au démarrage (nombre d'animaux/m ²)	22,84	23,09	22,83
Productivité (kg/m ²)	41,27	43,89	41,47
Marge Poussin-Aliment (€/m²/lot)	7,797	8,272	7,623
Dépenses de gaz (€/m ² /lot)	0,880	0,714	1,041
Dépenses d'électricité (€/m ² /lot)	0,357	0,383	0,260
Dépenses de santé (€/m ² /lot)	0,678	0,744	0,605
Total des charges variables (€/m ² /lot)	3,253	3,289	3,216
Marge Brute (€/m²/lot)	4,545	4,983	4,407

Les éleveurs et les partenaires de la filière volaille de chair positionnés sur le marché intérieur ont globalement fait le choix de recourir jusqu'ici à des concepts de bâtiments dits « polyvalents », c'est-à-dire adaptés et équipés pour permettre l'élevage de plusieurs espèces (poulets, dindes, pintades voire cailles). Ceci présente l'intérêt de répondre indépendamment aux besoins des divers segments du marché français et de mieux se prémunir des pics saisonniers ou fluctuations des débouchés. Plus

récemment, de nouvelles réflexions apparaissent pour au contraire ultra-spécialiser les bâtiments à une production spécifique donnée (en productions de poulet export ou dinde par exemple). Cela consiste à hyper-adapter l'environnement matériel aux besoins spécifiques d'une espèce, voire à un âge donné et même au sexe. L'enjeu est ici de mieux exprimer le potentiel génétique des oiseaux en répondant précisément à leurs attentes. Il s'agit par exemple en dinde, de développer des concepts de bâtiments performants thermiquement et équipés de petit matériel spécialement prévu pour le démarrage (dits « poussinières »), puis des bâtiments dédiés à l'engraissement des femelles et des bâtiments spécifiques aux mâles (possibilité de gérer indépendamment la conduite d'élevage des deux sexes au cours de cette phase physiologique : chargement, aliment, ramassage...). Le bâtiment devient dépendant d'un marché donné ; en revanche les performances économiques et environnementales peuvent être potentiellement améliorées (CRAPL, CRAB, ITAVI, 2014c).

Plus généralement, les nouvelles technologies sont à conforter et développer (techniques de combustion des litières par exemple). Elles permettront notamment de développer le concept porteur de Bâtiments d'Élevage à Énergie Positive (BEEC+, voir chapitre 3.3).

D'autres concepts d'équipements de production ultra-productifs, sont basés sur des systèmes à étages permettant d'élever les volailles de chair sur plusieurs niveaux. En fort développement actuellement à travers le monde, ils deviennent progressivement un réel modèle de développement dans plusieurs pays concurrents de la France voulant maintenir une production de volaille économe et productive (maîtrise sanitaire, optimisation des performances zootechniques, respect des exigences de bien-être animal...). Aucun de ces systèmes en rupture avec le schéma pratiqué dans l'hexagone (élevage au sol) n'a vu le jour actuellement en France. Ces modèles inspireront-ils le développement de notre parc si des volailles élevées dans ces conditions parviennent dans les assiettes des consommateurs français ? Un débat préalable entre les représentants de la filière, de la société civile et des consommateurs devient incontournable.

3.3. Le bâtiment écoresponsable

Définition : un bâtiment avicole écoresponsable est un bâtiment qui respecte les exigences réglementaires, l'environnement, la santé et le bien-être (voir chapitre 3.5.), le travail et la sécurité (voir chapitre 3.4.), et permet l'expression du potentiel génétique des animaux. Cette notion vise en particulier la maîtrise de l'impact environnemental des constructions d'élevage et leur utilisation au sens large : préservation du paysage, des ressources en quantité et qualité (eau, air, GES, énergie...), réduction des

nuisances (bruit, odeurs...), lien au territoire, adaptabilité et polyvalence avec un éventuel recyclage pour une autre utilisation, déconstruction ou réemploi des matériaux en cas de réorientation des activités d'élevage.

Situation de la notion sur le terrain : une charte d'écoconstruction des bâtiments d'élevage a été créée (ECOBEL 2011). Elle peut permettre aux éleveurs et leurs partenaires de se concerter et de bien anticiper pour réussir un projet de construction. L'outil n'est actuellement que très rarement utilisé. L'écoresponsabilité est néanmoins déjà présente sur le terrain. Les projets de construction et de rénovation des bâtiments intègrent majoritairement des investissements permettant la maîtrise de l'énergie (économie d'énergie, voire production d'énergie renouvelable), la gestion ou le traitement des effluents (raclage, compostage, séparation de phase, séchage...), le respect de la qualité de l'air, du bien-être et de la santé animale (logements collectifs, systèmes de ventilation, chauffage et climatisation de l'ambiance, automates de régulation centralisée, systèmes de détection des problèmes d'élevage, barrières sanitaires...), ou encore l'amélioration de la sécurité et des conditions de travail (mécanisation, automatisation, systèmes de surveillance et de sécurité...). La mise en place des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) dans le cadre de la directive européenne IED pour les élevages de plus de 40 000 places contribue également au déploiement de ce type de notion. Par ailleurs, plusieurs sites pédagogiques d'élevages pilotes créés récemment intègrent la notion d'écoresponsabilité au travers des choix de matériaux et/ou d'équipements, tout en permettant la réalisation d'essais ou d'études en conditions commerciales, voire l'ouverture au public et aux jeunes en formation (élevage pilote de l'EARL des Renaudières à St-Fulgent (85), projet de la SCEA de la Ville aux Houx à Trédion (56)...). L'application concrète de cette notion devrait s'amplifier dans les années à venir avec l'accroissement permanent des exigences sociétales et environnementales en provenance de la société civile et des clients consommateurs traduites ou non en mesures réglementaires.

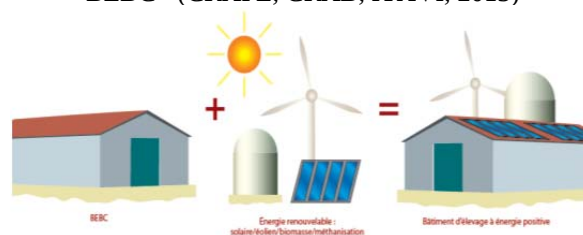
La maîtrise de l'énergie dans les bâtiments avicoles est un axe fort de l'écoresponsabilité. Elle passe en aviculture d'abord par la maîtrise des consommations liées au poste chauffage. En effet, les besoins spécifiques des productions avicoles nécessitant un moyen de chauffage (volaille de chair, futures reproductrices, poulettes, canards prêts à gaver et gibiers) sont importants. Les températures ambiantes à appliquer au démarrage sont très élevées (entre 31 et 34°C les premiers jours), alors que les bâtiments avicoles disposent de grands volumes (4 000 m³ en moyenne pour un bâtiment de 1 000 m²). En outre, les déperditions de chaleur peuvent être très importantes au cours des premiers jours, via les parois si les niveaux d'étanchéité et d'isolation du bâtiment ne

sont pas satisfaisants, et via le renouvellement d'air notamment à partir de 10 jours selon les productions. Par ailleurs, la source d'énergie la plus fréquemment utilisée par les éleveurs de volaille est le gaz propane. Facile à commander et à utiliser, permettant une bonne réactivité de diffusion de la chaleur et disposant d'un pouvoir calorifique plus élevé que celui des autres combustibles, il est en revanche une énergie onéreuse pour les éleveurs. Par ailleurs, la combustion directe du gaz dans les bâtiments (pratique la plus courante actuellement) via l'utilisation de radiants ou d'aérothermes, contribue à la dégradation de la qualité de l'ambiance par la production d'eau (la combustion d'1 kg de propane produit 1,636 l d'eau) et de gaz nocifs tels que le CO₂. Enfin, la maîtrise de l'utilisation de propane constitue un levier important de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), car 1 kg de propane économisé équivaut à une réduction des émissions de 3,5 kgeqCO₂.

Les autres sources d'énergie (électricité et fuel) ne pèsent que pour 15 % des puissances consommées en bâtiment de volailles de chair. L'électricité peut néanmoins représenter des coûts non négligeables en bâtiments dynamiques obscurs (ventilation mécanique et éclairage) ou pour les élevages de poules pondeuses (utilisations électriques pour la ventilation, l'éclairage, le convoyage des œufs, le convoyage voire le séchage des fientes, l'alimentation...).

Pour agir sur ces consommations d'énergie directes, de nouveaux concepts existants dans d'autres secteurs d'activité (habitat, tertiaire...) ont été transposés au domaine de l'élevage. Il s'agit des concepts de bâtiments d'élevage à basse-consommation d'énergie (dits BEBC), et de bâtiments à énergie positive (dits BEBC+). Les bâtiments BEBC+ sont des BEBC qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment (Cf. Figures 4, 5 et 6).

Figure 4. Le bâtiment avicole à énergie positive BEBC+ (CRAPL, CRAB, ITAVI, 2013)



Pour être BEBC, le bâtiment doit respecter des obligations de moyens pour atteindre l'objectif d'une économie de 25 % (cas des volailles de chair sous signe officiel de qualité) ou de 45 % d'énergie directe par rapport à un bâtiment classique (pour les volailles de chair en bâtiments fermés). Les obligations de moyens consistent à respecter des minimas d'isolation, à recourir à des solutions de récupération de chaleur, à installer des systèmes de ventilation, chauffage et éclairage économes, ou à choisir des pratiques moins énergivores (démarrage des oiseaux en poussinière par exemple en dinde ou en canard).

Dans le cas des BEBC+, il s'agit de produire en plus de l'énergie renouvelable. Les techniques de production actuelles (chaudières à biomasse, panneaux photovoltaïques, méthanisation par voie liquide, pompe à chaleur géothermale...) présentent des conditions de rentabilité actuellement insuffisantes pour que les éleveurs français investissent massivement dans ces solutions, dont la mise en œuvre peut s'avérer parfois très complexe ou dont les conséquences sont parfois en inadéquation avec les caractéristiques des élevages. D'autres stratégies encore au stade de la recherche pourraient demain se développer en élevage (gazéification à partir de biomasse, combustion de fumier, méthanisation par voie sèche...) si certains verrous technologiques, organisationnels ou réglementaires (pouvoir méthanogène des fumiers, émissions de particules polluantes...) étaient levés.

Figure 5. Photomontage illustrant un BEBC+ avicole (ITAVI, IFIP, CRAPL, CRAB, C-Lines 2013)



Ces concepts français de BEBC et BEBC+ ont fait leur apparition en 2013. Selon nos prévisions, ils connaîtront dans les années qui viennent un fort développement. Il est en effet déterminant de renouveler le parc vieillissant, palier à l'accroissement annoncé des coûts d'énergie, générer des revenus complémentaires d'exploitation (revente de l'énergie) et maîtriser les émissions de GES. En outre, l'effet levier des dispositifs d'aides publiques qui ont retenu ces concepts comme prioritaires dans le cadre du Plan de Compétitivité et d'Adaptation de l'Élevage (PCAE 2014-2020) au sein des principales régions de production avicole devrait accentuer leur essor.

La maîtrise des nuisances et la préservation des ressources par les bâtiments avicoles passent d'abord par la maîtrise de l'ambiance dans les bâtiments et la gestion des effluents. La maîtrise du couple ventilation-chauffage est le levier d'action central sur lequel il faut agir. Les outils d'évacuation et de traitement des effluents (raclage, convoyage de fientes, séchage, stations de compostage, séparateurs de phase, couvertures de fosses...), de gestion des litières (sondes hygrométriques, qualité du sol, systèmes d'abreuvement économes et munis de dispositifs « anti-gaspillage », systèmes de

surveillance et d'alerte en cas de fuites...) et de maîtrise de la qualité de l'air (brumisation, filtration, haies périphériques...) viennent compléter l'arsenal de techniques possibles.

L'enjeu est d'abord de maintenir l'hygrométrie ambiante à des niveaux raisonnables (entre 50 et 65 %). Si l'hygrométrie est trop élevée (> 75 %), la litière se dégrade, les développements bactériens s'accroissent et entraînent des émissions d'ammoniac et d'odeurs. Au contraire, si l'hygrométrie est trop faible (< 40 %), la litière s'assèche et les taux de poussières augmentent. Outre les risques pour le maintien du confort et de l'état de santé des animaux et des travailleurs, voire de la qualité des produits (défauts de carcasses à l'abattoir), l'ammoniac et la poussière altèrent la qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment et peuvent impacter l'air émis à l'extérieur. L'entretien des litières, l'évacuation régulière des effluents vers l'extérieur du bâtiment, la gestion raisonnée de leur stockage, leur traitement, ou encore certaines techniques d'abattement peuvent être déployées pour protéger l'environnement intérieur ou extérieur des bâtiments de l'impact des gaz, odeurs et particules.

L'utilisation de l'eau en élevage de volaille est particulièrement bien maîtrisée grâce à l'utilisation massive de systèmes d'abreuvement de type pipettes qui se sont fortement développés depuis plus de 20 ans en France (pondeuses, poulets et canards de chair notamment). Ces systèmes permettent une économie d'eau substantielle par rapport aux systèmes classiques d'abreuvoirs suspendus (de 20 à 30 % selon les conditions). Les nouveaux logements collectifs en salle de gavage confèrent également une économie d'eau de l'ordre de 30 % par rapport aux cages individuelles. L'eau de boisson distribuée est ainsi optimisée. La plupart des techniques de lavage des bâtiments et équipements sont aussi économes car utilisent des techniques de soufflage ou d'aspiration (en élevages de pondeuses) ou des systèmes de pompes à haute-pression et faible débit (bâtiments de volailles reproductrices, de chair et grasses). Des marges de progrès résident plutôt dans une meilleure gestion des eaux de lavage (pour les élevages de chair avec sols bétonnés ou pour le lavage des abords des bâtiments) et la récupération des eaux pluviales. La plupart des sols de bâtiments de volailles de chair étant sur terre battue, l'eau de lavage est alors communément évacuée avec les fumiers. Les élevages producteurs de lisier disposent quant à eux de fosses pour collecter les effluents. Néanmoins, très peu de bâtiments sont actuellement munis de dispositifs de récupération des eaux pluviales, alors que les surfaces de toiture sont importantes et que les volumes potentiels peuvent être non négligeables. L'eau pluviale ne présente pas une qualité bactériologique suffisante pour être réutilisée en l'état pour l'abreuvement ou même le lavage des bâtiments. Ces fonctions nécessitent des étapes de traitement et de contrôles qui viennent alourdir l'investissement.

L'eau pluviale peut néanmoins servir à arroser les abords fleuris ou plantés et les parcours.

Les nuisances sonores mériteraient également d'être davantage intégrées à l'avenir dans les raisonnements des équipementiers pour améliorer l'acceptabilité sociale des élevages. Il s'agit du bruit émis par le fonctionnement des équipements (ventilation, machines à pailler ou ramasser, pompes, moteurs de convoyage, séchoirs...). Il peut s'agir aussi de mettre en œuvre des matériaux conférant une isolation phonique au bâtiment et au matériel (limitation du bruit émis par les équipements motorisés, les animaux, les travailleurs... à l'intérieur et vers l'extérieur).

L'utilisation de matériaux biosourcés, sains, sûrs et recyclables est à développer. Actuellement, les matériaux utilisés dans les bâtiments avicoles français (béton, tôles acier, fibrociment, panneaux sandwichs, polyuréthane, polystyrène, polyéthylène, bois...) présentent, pour un coût abordable, des propriétés de robustesse, d'isolation, de nettoyabilité, de résistance au feu... Les possibilités de développement de nouveaux matériaux (matériaux composites par exemple) qui associeraient en outre des qualités en matière de santé et de sécurité pour les utilisateurs et les animaux, biosourcés, à faible impact environnemental et totalement recyclables, sont immenses. Les constructeurs et fabricants français travaillent sur ces questions en agissant sur leurs approvisionnements (recherche de circuits-courts notamment) mais le coût des solutions ne permet pas encore à ce jour de révolutionner véritablement les conditions.

Figure 6. Quel atelier de volaille de chair pour demain ? (Infographie CRAPL et Réussir Aviculture, 2013)



3.4. Le bâtiment d'élevage avicole : un outil de travail

L'aviculture a longtemps été considérée comme une activité complémentaire sur les exploitations, la taille de l'atelier étant souvent définie en fonction de la main d'œuvre disponible. L'organisation du travail en volaille était une problématique assez peu abordée, alors qu'elle est essentielle pour répondre aux enjeux actuels. Aujourd'hui, les attentes concernant le travail évoluent, avec d'un côté une population d'éleveurs

vieillissante, cherchant à réduire la pénibilité et le stress du travail et de l'autre la nouvelle génération qui aspire à mener une vie sociale et familiale épanouie, au même titre que les autres catégories socio professionnelles. Sur ce plan, l'organisation de l'élevage en bande unique constitue un atout en facilitant la planification des mises en place et des enlèvements et en permettant potentiellement à l'éleveur de s'absenter pendant la période de vide.

Une récente étude menée dans le cadre du RMT Travail donne des repères concernant le temps de travail en aviculture. En moyenne le temps d'astreinte, c'est à dire consacré aux tâches quotidiennes de surveillance et de soins, d'un atelier avicole a été évalué à 1 715 heures par an, avec une très forte variabilité, puisqu'il varie de 250 à 7 254 heures. Il était en moyenne 3 fois plus important en poules pondeuses qu'en volailles de chair pour l'échantillon observé (1 100 h et 3 000 h). A cela s'ajoute le travail dit de saison, comprenant notamment la mise en place, l'enlèvement et le nettoyage/désinfection. En volailles de chair pour l'échantillon observé, il s'élevait à 172 heures en moyenne et à 102 heures en poules pondeuses. Ces tâches dites de saison sont déléguées à plus de 50 %. Ces moyennes cachent d'importantes disparités selon le niveau de spécialisation, l'organisation, l'automatisation, ou encore l'externalisation de certaines tâches.

Par ailleurs, la filière se professionnalise, notamment par un agrandissement de la taille des structures et la présence plus fréquente d'élevages en multi sites. La taille moyenne des ateliers français, de l'ordre de 1 570 m² en volailles de chair standard (Agreste, 2008), est en augmentation, mais reste modeste par rapport aux 4 000 à 5 000 m² observés dans le Nord de l'Europe. Néanmoins, la superficie moyenne des poulaillers est en augmentation, afin de favoriser l'automatisation et la mécanisation. Pour répondre à ces évolutions, les ateliers s'appuient sur les innovations et les nouvelles technologies. Le paillage se mécanise, tout comme l'enlèvement des volailles, ou le ramassage des œufs. L'électronique et l'informatique sont omniprésentes, pour gérer le plus finement possible l'ambiance du bâtiment, mais aussi pour peser automatiquement les volailles, comptabiliser l'aliment et l'eau distribués, ou encore surveiller les bâtiments à distance via un smartphone ou une tablette tactile. La robotique est même venue en appui à l'éleveur dans les ateliers de conditionnement d'œufs de consommation. De plus en plus d'éleveurs font appel à la prestation de service pour l'enlèvement, le lavage ou le broyage de paille. Les tâches les plus pénibles sont mécanisées pour que l'aviculteur se consacre pleinement à son métier d'éleveur. Ainsi, les techniques d'élevage se sont simplifiées : le démarrage des dindonneaux se pratique en ambiance, les chaînes d'alimentation se relèvent électriquement. L'augmentation de la taille des élevages oblige également à repenser

l'organisation du travail, allant parfois jusqu'à l'embauche d'un salarié.

La santé des éleveurs et des différents intervenants en élevage est également une préoccupation de plus en plus forte. Les expositions aux gaz (NH₃, CO...) et aux poussières sont incriminées dans certaines pathologies respiratoires (bronchites chroniques, syndromes asthmatiformes). Le type de litière, les modalités de gestion de l'ambiance, la densité animale, peuvent, entre autres, influencer sur ces expositions. Avec une main d'œuvre salariée de plus en plus conséquente, il est important de pouvoir sécuriser et optimiser le travail. Ce qui jusqu'ici était admis et supporté par l'éleveur ne peut l'être avec des salariés pour lesquels le code du travail doit être appliqué scrupuleusement. Réduire la pénibilité ou l'astreinte liée à certaines tâches est un enjeu fort pour maintenir l'attractivité des métiers d'élevages.

Le bâtiment doit également être agréable pour y travailler au quotidien. Certains éleveurs, souvent pour répondre aux cahiers des charges des acheteurs, choisissent d'équiper les poulaillers en fenêtres pour profiter de la lumière naturelle. Ce mode d'éclairage est également très apprécié des personnes qui travaillent dans les poulaillers. Des abords bien entretenus, ou encore un sas sanitaire bien équipé (carrelage, eau chaude, chauffage d'appoint...) sont autant d'éléments de confort qui contribuent sur le long terme à conserver une pleine motivation au travail. Le bureau de l'exploitation réservé aux tâches administratives, mais aussi lieu d'échanges entre les associés ou les salariés de l'exploitation, ainsi qu'avec les partenaires extérieurs, doit être agréable et bien aménagé.

Augmenter la productivité du travail est également une clé du maintien de la rentabilité économique des exploitations. Ainsi, en production de poulets, un allongement de 4 jours du vide sanitaire génère en moyenne une baisse de la marge brute de 2 €/m²/an.

3.5. Le bâtiment, un outil de bien-être animal et de protection sanitaire

Pour respecter le bien-être animal et notamment apporter le confort nécessaire aux oiseaux, le bâtiment peut et doit être conçu, équipé et utilisé de sorte :

- que le nombre et l'accessibilité des points d'eau et d'abreuvement soient suffisants, et la qualité de l'eau et de l'aliment préservée. Ils ne doivent en effet ni souffrir de faim ni de soif. Des systèmes de surveillance permettent notamment à l'éleveur de réagir rapidement en cas de pannes électrique ou mécanique, de fuites...
- que les animaux expriment leurs comportements naturels : grattage, picotage, battement des ailes, repos, ponte, interactions sociales,... De nombreux équipements disponibles (revêtements spécifiques, nids, perchoirs, logements collectifs...) contribuent à répondre à ces besoins.

- que les matériaux et matériels ne génèrent ni situation d'inconfort, ni douleurs, ni blessures, ni maladies. L'ambiance dans les bâtiments peut être optimisée grâce à de nombreux équipements de pointe déjà commercialisés (maîtrise du CO₂ par exemple). Des types de revêtements de sols et parois, des matériels et supports de logement en contact avec les oiseaux peuvent également être choisis et entretenus en ce sens. Enfin, de nouveaux systèmes permettant de réaliser précocement et avec précision les opérations de vaccination, dégriffage, débécage, voire ramassage faisant parfois appel à de nouvelles technologies font aussi progressivement leur apparition sur le terrain.
- qu'enfin, la peur et la détresse des animaux soient évitées. Outre l'application de pratiques d'élevage respectueuses des animaux, les systèmes de gestion de l'ambiance ou de l'éclairage dans les bâtiments peuvent notamment aider l'éleveur à ce niveau.

Le bâtiment d'élevage peut aussi être un outil de protection sanitaire efficace pour les hommes et les animaux, et un levier de réduction de l'usage d'antibiotiques permettant de respecter les engagements du plan Ecoantibio 2017. Pour éviter l'introduction d'agents contaminants ou limiter les risques de contamination vers l'extérieur, la mise en place de barrières sanitaires et d'équipements permettant de renforcer la biosécurité des élevages doit être entreprise. Dans tous les cas, c'est essentiellement le bon usage qui va déterminer l'efficacité des outils.

La prise en compte des exigences sanitaires doit être réfléchie dès l'implantation du bâtiment, en intégrant : le voisinage et les passages éventuels, le sens des vents dominants, la disposition des bâtiments les uns par rapport aux autres, la délimitation des accès au site d'élevage pour empêcher l'intrusion de nuisibles, le sens unique de circulation des véhicules et du matériel sur l'élevage (du secteur propre vers le secteur souillé), le stationnement des véhicules à l'écart, l'emplacement des entrées et des sorties, l'évacuation et le stockage des effluents, la qualité des abords et les matériaux utilisés qui doivent être faciles à nettoyer et désinfecter, la présence d'un sas équipé avec séparation des secteurs propre et sale...

A l'entrée des sites, des barrières sanitaires peuvent être mises en place : portails, clôtures, rotulives, pédiluves, aires bétonnées et quais de livraison décontaminables, aire de stockage du bac d'équarrissage à l'entrée de l'exploitation... pour limiter l'introduction de contaminants. Des aires bétonnées, et notamment une aire de lavage spécifique au nettoyage du petit matériel et sa fosse de récupération, sont également à privilégier en sortie. L'entretien des abords, dégagés de tout obstacle, doit permettre aux eaux périphériques de ne pas stagner. La création de fossés drainés ou le bétonnage de la

périphérie, et la pose de gouttières et regards sont fortement recommandées.

Une série de mesures zootechniques en lien avec le bâtiment permet également de limiter les problèmes de santé des animaux : étanchéité du bâtiment aux nuisibles, isolation, outils de maîtrise de l'ambiance (régulation centralisée...) et de surveillance, conception des sols (en pente pour l'évacuation des eaux de nettoyage) et des caillebotis, systèmes d'alimentation et d'abreuvement adaptés pour maintenir une bonne qualité d'eau et d'aliment, conception des cages, volières et nids qui doivent faciliter l'observation des animaux et leur confort, et la conception de l'évacuation des fientes (la séparation des animaux de leurs déjections est un des principes majeurs de l'hygiène).

D'une manière générale, les matériaux, matériels et abords devront être choisis et conçus de telle sorte qu'ils soient nettoyables et désinfectables facilement et dans le temps. Les aménagements requis pour faciliter les opérations de nettoyage et désinfection sont les suivants : les éléments de charpente ne doivent pas être apparents ; les parois, soubassements, et la face interne de la sous-toiture et leurs liaisons doivent être lisses et étanches (éviter le bois) ; les réseaux et câbles sont préférentiellement situés sur les parois externes du bâtiment ; le sol est de préférence bétonné et en pente et les angles arrondis, une fosse de récupération des eaux de nettoyage est en place. Concernant le matériel, l'amélioration de la nettoyabilité des circuits d'aération, ventilation et récupération de chaleur (souvent difficiles d'accès et/ou non démontables) est une action prioritaire pour l'avenir. Il en est de même pour les équipements d'abreuvement (bacs, canalisations, abreuvoirs...), d'alimentation (chaînes, silos...), ou les systèmes de caillebotis et de raclage des effluents (canards).

La maîtrise de la qualité de l'eau de boisson des volailles est un levier d'action majeur pour limiter les problèmes de santé en élevage et réduire l'usage des traitements médicamenteux. La qualité de l'eau doit être contrôlée à l'arrivée dans le sas (selon l'origine de l'eau (réseau public ou privé) et la protection du captage) mais également en bout de ligne d'abreuvement pour tenir compte de l'eau réellement consommée. De nombreux équipements existants (matériel de traitement physicochimique de l'eau, pompes à chlore, systèmes de purge automatique avec électrovanne, outils de vérification de la qualité de l'eau, endoscope pour observer le biofilm dans les canalisations...) peuvent faciliter le travail des éleveurs dans cette tâche stratégique. L'eau est aussi vectrice de traitements (vaccins, antibiotiques...). Des systèmes de pompes doseuses électriques dont la précision de dosage est supérieure aux pompes doseuses volumétriques sont à privilégier.

Par ailleurs, la bonne utilisation des outils d'amélioration de la qualité de l'air (filtration, brumisation...) permettra la réduction des risques sanitaires.

La gestion des cadavres peut aussi être facilitée ou fiabilisée par de nombreux équipements : trappes à cadavres à hauteur d'homme en pignon opposé au sas, bac d'équarrissage réfrigérant...

Enfin, les effluents (fumiers, lisiers, fientes) doivent être stockés afin d'éviter une contagion par voie aérienne ou des écoulements sur les voies de circulation. La distance minimale sur un plan sanitaire imposée dans la plupart des Chartes Qualité est de 100 m par rapport au premier bâtiment d'élevage. Le bâchage des tas de fumier peut être prescrit en cas d'épizootie.

Les aménagements sanitaires et leurs bonnes conditions d'utilisation sont répertoriés dans des chartes et cahiers des charges utilisés par les organisations de production et les éleveurs. Depuis 1998, le programme de lutte contre les salmonelles est obligatoire dans les élevages de poules (*Gallus gallus*), pour les reproducteurs (filières ponte et chair), les poulettes et les pondeuses d'œufs de consommation, et la dinde depuis 2010. L'objectif final du dispositif, qui s'exerce tout au long des pyramides de production, est d'assurer la distribution de produits de volaille à partir de troupeaux non contaminés. Les résultats traduisent une tendance globale à l'assainissement au cours des dernières années, et le nombre de cas humains de salmonellose est décroissant. Ces résultats satisfaisants indiquent que les efforts de biosécurité entrepris sont payants et doivent être encouragés sur l'ensemble des secteurs de production.

3.6. Le bâtiment, un outil de communication

Positionné dans le paysage, au bord des routes, à proximité des maisons d'habitation, ou plus isolés dans les campagnes, le bâtiment, avec ses spécificités architecturales et dimensionnelles, est souvent **visible ou perceptible** (odeurs, bruits...) pour les riverains, les passants ou les professionnels locaux. Il demeure ainsi un support d'image central des exploitations. L'enjeu est la cohabitation dans la sérénité et des efforts doivent être entrepris pour s'en assurer.

La bonne qualité des relations et des liens tissés avec le voisinage et les acteurs du territoire est un préalable incontournable. Par ailleurs, les choix initiaux du terrain pour l'implantation, de l'orientation par rapport aux vents dominants, des formes et de l'agencement du bâtiment et de ses annexes sont déterminants pour permettre l'intégration paysagère des outils.

De nombreuses solutions d'aménagement paysager peuvent être réfléchies : végétalisation des abords avec des essences ou variétés locales (massifs fleuris, haies, arbres isolés...), tertres, nature et couleur des matériaux... Les silos d'aliment peuvent être masqués voire enterrés pour en limiter l'impact souvent négatif pour l'image. L'enherbement et l'implantation d'arbres sur les parcours, ou encore le

choix de matériaux de texture et de couleur en adéquation avec les lieux sont également prescrits. Par ailleurs, les bonnes conditions d'utilisation, d'entretien et de réglage des bâtiments, et le choix d'équipements (voir chapitres précédents) peuvent permettre de limiter efficacement les nuisances olfactives, sonores ou liées aux insectes nuisibles (mouches,...).

Enfin, les sites d'élevage et leurs bâtiments deviennent souvent et de plus en plus des sites d'accueil du public : portes-ouvertes professionnelles, événements médiatiques, visites pédagogiques, rendez-vous clients pour mettre en évidence les conditions de production à l'origine des produits, etc. D'une manière générale, l'entretien de l'exploitation et notamment des bâtiments, de leurs parcours et de leurs abords est de rigueur pour offrir aux éleveurs les conditions favorables à l'acceptabilité sociale de l'activité, voire à la contribution positive de l'activité sur le paysage. A ce titre, un point d'attention particulière doit être porté sur les anciens bâtiments, dégradés par le temps et parfois désaffectés et qui restent en l'état au sein des exploitations. Outre les risques liés à la sécurité (matériaux parfois amiantés, risques d'effondrement ou de blessures...) de ces vieilles structures, ces outils portent atteinte à l'image globale de l'activité d'élevage de volailles. Il est ainsi crucial d'en assurer la démolition en respectant les exigences réglementaires (notamment en ce qui concerne l'amiante). Compte tenu du coût important des travaux à engager et pour inciter les éleveurs à déconstruire massivement, des dispositifs d'aide sont parfois proposés dans certaines régions à condition que l'éleveur s'engage à poursuivre l'activité d'élevage sans réduction de la capacité de production (reconstruction par exemple).

Enfin, le développement des innovations et nouvelles technologies, l'économie d'énergie et/ou la production d'énergie renouvelable, le traitement des effluents... portées par le bâtiment et ses annexes, sont autant d'actions pertinentes sur le plan sociétal qui contribuent à améliorer l'image de l'activité d'élevage.

C'est l'ensemble de ces actions qu'il est nécessaire de mener avec diplomatie, soin et rigueur pour que les bâtiments et leurs annexes deviennent des outils de communication positifs, pour les éleveurs et plus généralement dans l'intérêt de l'avenir de la filière avicole française.

3.7. Le bâtiment de précision

Différentes définitions de l'élevage de précision sont données par les acteurs de la recherche. Selon l'IDELE, l'élevage de précision, c'est « l'utilisation coordonnée de capteurs pour mesurer des paramètres comportementaux, physiologiques ou de production sur les animaux, d'automatismes pour décharger l'éleveur de certaines tâches astreignantes, d'observations de l'éleveur et de TIC (Technologies

de l'Information et de la Communication) pour échanger, transformer, stocker et restituer ces informations ». Pour l'INRA, c'est « l'utilisation coordonnée d'outils innovants (capteurs, automates...) pour améliorer le bien-être des animaux, adapter l'alimentation à leur besoin, réduire l'impact environnemental des élevages tout en préservant leurs performances techniques et économiques ».

L'aviculture est sans doute un secteur précurseur dans le domaine de l'élevage en matière d'automatisme et de précision. Cela s'explique par le dynamisme de la filière dans les années 60, qui a conduit à l'agrandissement des troupeaux, à la notion de bande et donc à l'augmentation de la superficie des bâtiments d'élevage. L'alimentation, l'abreuvement, puis le chauffage ou encore la ventilation ont très vite été mécanisés et automatisés, de manière à produire plus et mieux avec moins de main d'œuvre. Quand les premiers automatismes sont apparus, on parlait alors d'électromécanique (thermostat mécanique pour commander la ventilation par exemple). Dans les années 80, l'électronique a fait son apparition, conduisant à une précision jusqu'à lors inaccessible (capteurs de température et d'hygrométrie, circuits imprimés dans les boîtiers de régulation, informations circulant par courant basse-tension...). A la fin des années 90 l'avènement de l'informatique a véritablement donné une autre dimension à l'élevage de précision : il devenait enfin possible, grâce à la puissance de calcul des micro-processeurs de collecter un très grand nombre d'informations provenant de capteurs de différentes natures, de les stocker et de les analyser, avant de renvoyer des ordres aux différents organes de gestion du bâtiment.

Les capteurs sont aujourd'hui omniprésents dans les élevages avicoles. Certains sont destinés plus particulièrement à la gestion de l'ambiance : mesures de température, d'hygrométrie relative, de pression atmosphérique, de vitesse et sens du vent... Depuis peu, il devient même possible de mesurer les teneurs en gaz carbonique ou en ammoniac. D'autres capteurs permettent de comptabiliser les consommations d'eau, d'aliment et d'énergie, de compter des œufs ou de gérer l'éclairage à partir d'une cellule photoélectrique. Peser des volailles automatiquement avec plus de précision qu'en le faisant manuellement est aujourd'hui à la portée de tous les éleveurs. Toutes ces informations provenant des différents capteurs sont par ailleurs accessibles par smartphone ou via des tablettes tactiles, grâce à la mise en place d'une connexion internet à l'élevage. Cette révolution numérique a apporté de la précision, de la réactivité et une facilitation du travail en supprimant certaines tâches ingrates, permettant ainsi à l'éleveur de se concentrer sur le cœur de son métier.

Certaines technologies fondées sur l'analyse comportementale des volailles sont depuis peu en phase de mise au point. La prise de vues à partir de caméras et le traitement de ces images par un logiciel

informatique dédié permet par exemple d'apprécier la répartition des volailles au sol et leur mobilité. Ces informations peuvent refléter l'état de bien-être des volailles et permettant de détecter une pathologie latente, un défaut d'alimentation ou d'abreuvement ou encore un mauvais réglage de la ventilation. L'enregistrement des sons et leur comparaison à une bande passante de référence est également une technologie d'avenir pour détecter un problème respiratoire. Ces nouveaux outils sont prometteurs et peuvent, dans un contexte de réduction de l'usage des antibiotiques, permettre d'anticiper en détectant le plus précocement possible une pathologie naissante. Depuis peu, certains fabricants proposent aux éleveurs de sauvegarder cette masse d'informations sur un serveur informatique (« cloud »). Cela permet en cas de défaillance du matériel de l'élevage de reprogrammer les boîtiers de régulation à partir des données sauvegardées. L'éleveur peut autoriser l'accès à certaines données à ses partenaires (organisation de production, fournisseurs, administration...). Avec l'accord de l'éleveur, ces informations pourraient également alimenter une base de données gérée par l'organisation de production. En agrégeant les informations provenant de centaines d'élevages et en les croisant avec les origines des poussins ou les caractéristiques des aliments, les perspectives offertes par ce type d'outil sont très prometteuses.

Les lunettes dites intelligentes sont apparues récemment sur le marché. Ce matériel connecté via internet peut être commandé oralement, ce qui libère les mains de l'opérateur. Il permet également de prendre des photos ou des vidéos. Loin d'être un gadget, cet équipement peut rendre de grands services sous réserve du développement d'applications spécifiques, par exemple en assistant l'éleveur ou son technicien dans la reconnaissance d'une pathologie. Dans ce cas particulier, on peut imaginer que l'opérateur décrive dans un premier temps par commande vocale les symptômes observés (comportement des volailles, modification des consommations d'eau ou d'aliment, baisse du GMQ, apparition de troubles digestifs ou respiratoires, augmentation de la mortalité...) Dans un second temps, une autopsie des volailles pourra être pratiquée. Les lunettes vont alors guider l'opérateur dans ses gestes au travers des premières informations fournies en les recoupant avec celles d'une banque de données en ligne. Les lésions observées peuvent également être prises en photo et comparées à une photothèque pour affiner le diagnostic. D'autres

applications d'assistance à la maintenance des équipements sont également envisageables.

CONCLUSION

Le rôle du bâtiment dans l'expression des résultats économiques en élevage ne doit pas être sous-estimé. Outre la réponse précise aux besoins physiologiques des souches de volailles produites, un bâtiment bien conçu et bien utilisé permet d'assurer le bien-être et la santé des animaux et des travailleurs, et optimise les intrants et les charges de main d'œuvre nécessaires. L'impact d'un parc de bâtiment performant et bien géré peut même se mesurer sur l'ensemble des maillons de la filière et auprès de la société civile : de meilleurs résultats techniques en élevage offrant par conséquent aux clients des produits sains de qualité avec de bons rendements produits, un statut sanitaire préservé, une meilleure attractivité des métiers, des contributions environnementales et sociétales, une meilleure image...

Le bâtiment d'élevage est ainsi un outil véritablement stratégique pour l'éleveur mais plus largement pour la filière avicole française. Si les travaux techniques réalisés ces dernières années par les organismes de conseil, de recherche appliquée et de développement se sont multipliés en particulier dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, des essais terrain et actions de recherche fondamentale sur l'optimisation des conditions d'ambiance intérieure ou encore sur les biomatériaux, mériteraient d'être amplifiées pour alimenter les réflexions de la filière et des équipementiers.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement l'ensemble des éleveurs, et nos partenaires techniques et scientifiques ayant contribué aux nombreux travaux (enquêtes, essais, formations...) menés au cours de ces dernières années dans le domaine du bâtiment. Nous souhaitons également remercier les équipementiers et les financeurs (ADEME, Ministère, FranceAgriMer, la Région Pays de la Loire et la Région Bretagne). Nous remercions enfin particulièrement Jean-Lou Le Guellec et Philippe Roslagadec (dit « Bill ») de la société Tuffigo Rapidex, ainsi que Romaric Chenut de l'ITAVI, Elodie Dezat de la Chambre d'Agriculture de Bretagne et Paul Robin de l'INRA, pour leurs apports précieux à la réalisation cette synthèse.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AGRESTE, 2008. Agreste les dossiers : les bâtiments avicoles, 15-41.
2. Amand G., Chevalier D., Nicolas C., Ponchant P., 2007. Evaluation des consommations d'énergie en élevage de volailles de chair - TeMA n° 3, 17-23.
3. Béral C., Guillet P., Brun V., 2014. Guide technique : aménagements arborés des parcours de volailles, 48 pages.

4. Blanchin J.Y. et al., 2011. ECOBEL Charte « éco-construire un bâtiment d'élevage » – Institut de l'Elevage collection « Méthodes et outils » -, pp96.
5. Blanchin J.Y., Janin P., Janin R., 2010. Bâtiments et paysages agricoles, positionnement dans l'espace paysager des bâtiments agricoles - Institut de l'Elevage Collection « Résultats » - pp173.
6. Blanchin J.Y., 2003. Bâtiments d'élevage, paysage, architecture et couleur, pp16.
7. Bonnouvrier A., Amand G., Chevalier D., Hassouna M., Nicolas C., Ponchant P., 2009. Energie alternative en élevage avicole : étude d'un dispositif de récupération de chaleur - Extrait des actes du colloque européen Bâtiments du futur - 91-96.
8. CA et GIE Elevages de Bretagne, 2010. Le terrassement, une affaire de professionnels, pp4.
9. CRAB, CRAPL, 2010. Synthèse des consommations de gaz et d'électricité en aviculture, pp28.
10. CRAB, CRAPL, ITAVI, 2009. La récupération de chaleur dans les bâtiments avicoles : bilan d'un an de suivi expérimental en élevage, pp4.
11. CRAB, CRAPL, ITAVI, 2009. L'utilisation d'une chaudière à biomasse en bâtiments avicoles, pp4.
12. CRAPL, CRAB et ITAVI, 2014a. Bâtiment à énergie positive : intérêt économique, pp16.
13. CRAPL, CRAB et ITAVI, 2014b. Guide technique sur le nettoyage et la désinfection des ERC, pp8.
14. CRAPL, CRAB et ITAVI, 2014c. Recommandations techniques et résultats de l'étude Néodinde, pp8.
15. CRAPL, ITAVI, 2014. Résultats de l'enquête avicole : enquête réalisée auprès des aviculteurs du grand ouest, pp52.
16. De Oliveira P.A.V., Santos Filho, J. I., Bellaver P., Scheuermann G. N., Caron L. 2012 Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na produção de frangos de corte nos sistemas convencional e dark house, pp 12.
17. IFIP, ITAVI, IDELE, CRA Bourgogne, CRAB, CRAPL, 2012. Le bâtiment d'élevage à basse consommation d'énergie, pp8.
18. ITAVI, 2010. Normes européennes relatives à la protection animale en poulets de chair : dispositions pratiques pour les éleveurs, pp4.
19. ITAVI, AFSSA, CRAB, GDS Bretagne, 1999. La rénovation des bâtiments avicoles – Sciences et techniques avicoles, pp66.
20. ITAVI, AVIPÔLE FORMATION, 2008. Référentiel de prix des bâtiments et équipements avicoles, pp46.
21. ITAVI, CIPC, 2014. Les nouveaux modèles d'élevage avicole, pp23.
22. ITAVI, CNEVA, 1998. La Gestion technique des bâtiments avicoles – Sciences et Techniques Avicoles hors série, pp64.
23. ITAVI, CNEVA, 1997. La maîtrise de l'ambiance dans les bâtiments avicoles - Sciences et Techniques Avicoles hors série, pp64.
24. ITAVI, CRAB, CRAPL, 2013. Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBC+) : solutions pour réduire sa consommation d'énergie et produire des énergies renouvelables dans la filière volailles de chair, pp64.
25. ITAVI, CRAB, CRAPL, 2012. Les récupérateurs de chaleur en aviculture, pp14.
26. ITAVI, CRAB, CRAPL, ADEME, 2008. Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles : quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration, pp25.
27. ITAVI, INRA, AFSSA, CRAPL, GDS Avicole, 2004. La prévention du coup de chaleur en aviculture - Sciences et Techniques Avicoles hors série, pp57.
28. ITAVI, INRA, AFSSA, 2000. La maîtrise sanitaire dans les élevages avicoles - Sciences et Techniques Avicoles hors série, pp62.
29. IFIP, IDELE, ITAVI, CRAPL, CRAB, 2007. Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments d'élevage : situation technico-économique en 2005 et leviers d'actions actuels et futurs - Rapport d'étude, pp569.
30. Mac Donald J., 2014. Technology Organization and Financial Performance in U.S. Broiler Production, pp 53.
31. Riffard C., Gallot S., SSP-MAAP, 2010. Caractérisation des exploitations avicoles françaises à partir de l'enquête aviculture 2008, pp 50.
32. RMT Elevages et environnement, 2010. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage, porcs, bovins, volailles, pp305.
33. Wenzhi Pan, 2010, Introduction of DQY cycling economy model, pp 16.