

# Utilisation de nouvelles technologies dans les élevages de volailles de chair au Maroc

K. BENABDELJELIL<sup>1\*</sup>, S. LAKSSIR<sup>1</sup>

(Reçu le 27/07/2021; Accepté le 04/01/2022)

## Résumé

L'intensification des productions avicoles, l'augmentation de la capacité des infrastructures et la gestion de plus grands effectifs de volailles nécessitent des procédures de gestion technico-économique (GTE) appropriées mises en œuvre dans les exploitations en vue de satisfaire les exigences des marchés. Les mesures de biosécurité et de suivi exigent une surveillance accrue des productions, de la santé et du bien-être des volailles. La mise en place de systèmes «intelligents» de gestion telles les technologies utilisées dans les élevages dits de précision, l'installation de capteurs, l'automatisation des process et des plateformes facilitent la conduite en temps réel permettant d'optimiser la production, de minimiser les coûts et aident aux prises de décision fondées sur les données collectées. Cette étude a eu pour objectif de constituer une typologie des technologies en place dans 15 unités de production de volailles de chair (10 de poulets et 5 de dindes) à l'aide d'enquêtes exhaustives menées par téléphone entre Mars et Juin 2020. Les sondes de contrôle des conditions d'ambiance (température, humidité), les automates recevant des données générées par les objets connectés, les capteurs (ventilation, consommation alimentaire, etc...) et les caméras ont été les technologies les plus utilisées. Les caméras exploitées principalement à des fins de surveillance à l'extérieur des bâtiments d'élevage sont utilisées à 60% dans les unités de poulets de chair et 80% dans celles de dindes. Les enquêtes effectuées n'ont pas révélé d'utilisation de biocapteurs, de lunettes connectées, de microphones, de robots ou de puces de radio-identification (RFID). L'accès aux données générées par les technologies à travers les applications essentiellement relatives aux conditions d'ambiance, ventilation, consommation alimentaire, etc... a été déclaré dans 50% élevages de poulets de chair et 60% de dindes de chair. L'entrave majeure au fonctionnement des technologies «connectées» demeure la disponibilité du réseau d'internet dans certaines zones de production. D'autres technologies peuvent être proposées en vue d'améliorer la gestion et la productivité des entités avicoles. La suggestion d'éventuels moyens «intelligents» aidera les opérateurs à prendre des décisions mieux fondées, en temps réel, diminuera les risques et accroîtra la rentabilité de leurs entreprises.

**Mots-clés:** Big data, Technologies connectées, Internet des objets, Volailles, Maroc

## Use of new technologies in Moroccan broiler poultry farms

### Abstract

Intensification of poultry production, increase of infrastructure capacity and rearing of higher numbers of birds requires appropriate technical and economic management procedures to be implemented on farms to meet market requirements. Biosecurity and follow-up measures require increased monitoring of poultry production, health and welfare. Implementation of "smart" management systems such as technologies used in "so-called" precision farms, installation of sensors, processes automation and use of platforms facilitate real-time management to optimize production, minimize costs and facilitate decision making based on collected data. The objective of this study was to establish a typology of technologies in use in 15 poultry production units (10 of broilers and 5 of turkey) using exhaustive phone surveys conducted between March and June 2020. Sensors for monitoring ambient conditions (Temperature, humidity), automate using generated data-connected objects, sensors for ventilation, feed consumption, etc... And cameras were the most used technologies. Cameras primarily operated for the purpose of surveillance outside farm buildings are used in 60% of broiler farms, and 80% of turkey units. The investigations did not reveal any use of biosensors, connected glasses, microphones, robots or radio-identification chips, etc... Access to data generated by technologies through applications mainly related to ambient conditions, ventilation, feed consumption, etc... was reported in 50% of broiler chicken units, and 60% of turkey farms. The major obstacle to the functioning of "connected" technologies remains the availability of the network in production areas. Other technologies may be proposed to improve management and productivity of poultry entities. The suggestion of possible "smart" means will help operators make better decisions, reduce risks and increase profitability of their respective operations.

**Keywords:** Big data, Connected technology, Internet of things, Poultry, Morocco

## INTRODUCTION

L'aviculture a connu une croissance soutenue attribuée à de nombreux facteurs dont l'amélioration des conditions sanitaires des élevages, la maîtrise des moyens de production, etc. La production mondiale des viandes de volailles a augmenté de 45,8 % en 2019 par rapport à 2009 (OCDE-FAO, 2020).

La production de viande de poulets de chair a été estimée en 2019 à 625.000 tonnes, soit 64,5 % de plus qu'en 2009. Celle des dindonneaux a été de 11.572 tonnes en 2019 (FISA, 2020).

L'augmentation de la production et de la compétitivité des ressources ont une incidence accrue sur la rentabilité. Les solutions ont été une amélioration de l'efficacité des aliments, la qualité des intrants, la maîtrise des conditions

d'ambiance, ... etc. à travers des changements apportés à la stratégie de production et de la mise en œuvre de nouvelles technologies telles celles de l'information et de communication (Astill *et al.*, 2020).

### Définitions de l'aviculture de précision

Différentes définitions relatives à l'aviculture de précision ont été proposées telle la gestion de la production de volailles en utilisant des capteurs « intelligents » en vue de mesurer les performances dans l'élevage (Wathes *et al.*, 2008). L'aviculture de précision permet le pilotage des élevages par la surveillance et des enregistrements de mesures automatisées en temps réel des productions, de reproduction, de santé et bien-être des animaux (Berckmans, 2017). Elle consiste en l'utilisation coordonnée de capteurs permettant de mesurer des paramètres compor-

<sup>1</sup> Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

tements, physiologiques ou de production des volailles ou des caractéristiques du milieu d'élevage au moyen de l'utilisation de nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Ces derniers permettent d'échanger, stocker, transformer et restituer les informations collectées aux opérateurs afin d'aider à la prise de décision en complément de leurs observations (Hostiou *et al.*, 2014).

Le couplage de capteurs mesurant des paramètres biologiques aux NTIC et à des automates permet d'assister les utilisateurs dans leurs prises de décision et d'alléger la réalisation des opérations d'élevage. La distribution d'aliments en fonction du poids des volailles et l'ouverture des vannes d'aération en fonction des conditions d'ambiance dans les bâtiments d'élevage en sont quelques exemples.

Les systèmes d'aviculture de précision comprendraient trois fonctions distinctes : détection et surveillance, analyse et prise de décisions, et intervention (Wolfert *et al.*, 2017).

Le contrôle de la température ambiante ne tient généralement pas compte d'autres facteurs d'environnement thermique (telles la vélocité de l'air, l'humidité relative, la concentration en dioxyde de carbone, ammoniac etc. ... et dans certains cas les rayonnements) pouvant affecter le confort thermique, le bien-être et l'efficacité de production des volailles (Corkery *et al.* 2013). La régulation de l'humidité relative à travers des changements de taux de ventilation par des capteurs pourrait être utilisée pour surveiller et contrôler l'environnement (Astill *et al.*, 2020). Les taux d'humidité relative (corrélés aux concentrations de  $\text{NH}_3$  et  $\text{CO}_2$ ) ayant une incidence sur la santé des volailles. D'autres systèmes à capteurs multiples capables de suivre la température, la vitesse et la pression différentielle de l'air permettraient d'évaluer efficacement le fonctionnement des systèmes de ventilation (Bustamante *et al.*, 2012).

D'importantes différences de poids corporels et une diminution de l'efficacité de production ont lieu lors des contrôles de consommation d'aliments usuels dans les exploitations. L'usage de l'alimentation de précision agirait sur la croissance maximale en vue d'obtenir des taux de conversion cible ou de maintenir des poids optimaux. Son utilisation régulerait la distribution d'aliments aux poulets individuellement en fonction du poids (Zuidhof *et*

*al.*, 2017). Ce système permettrait aux légers de s'alimenter tout en empêchant les plus lourds d'avoir accès à l'aliment diminuant de 50 % la variation du poids corporel entre les poulets (Hadinia *et al.*, 2018).

### Diagnostic et détection rapide des maladies

Les menaces d'infection par les virus de la grippe aviaire et d'autres constituent une préoccupation importante des exploitations avicoles. La détection précoce reste capitale en vue de prendre des mesures préventives avant que l'infection ne se propage. Les protocoles traditionnels de diagnostic de la grippe aviaire consistent à prélever des échantillons de poulets après la détection de signes cliniques, suivis des techniques de culture du virus ou celles de réaction en chaîne par polymérase. Ainsi, une longue période est nécessaire avant que le diagnostic soit confirmé. L'utilisation de capteurs portables évaluant les mouvements à l'aide d'accéléromètres pourrait révéler l'infection des poulets fournir une mesure plus précise rapidement (Astill *et al.*, 2020).

Les biocapteurs utilisent des bio-récepteurs tels des molécules, de protéines, d'acides nucléiques ou d'autres matériaux permettant la détection de la présence d'une entité (pathogène, protéine, acide nucléique et autres) dans un échantillon et la transformer en signal visuel ou électrique (Luka *et al.*, 2015). De nombreux biocapteurs seraient en mesure de détecter spécifiquement le virus de la grippe, mais la détection peut être limitée à un seul type. Ces biocapteurs reposent sur la détection d'entités moléculaires spécifiques présentes sur le virus (Chen et Neethiranj, 2015).

### Systèmes de surveillance du bien-être

La capture des mouvements de volailles de chair dans les exploitations moyennant des technologies d'imagerie numérique permettrait de mesurer l'activité et d'évaluer de nombreux facteurs liés au bien-être (Corkery *et al.*, 2013). Les troubles locomoteurs constituent une entrave à la production de volailles en croissance en raison des exigences physiques et physiologiques imposées par les marchés. Leur évaluation demeure nécessaire et les méthodes normalisées comprenant celles de la surveillance manuelle restent subjectives et accroissent les besoins en main-

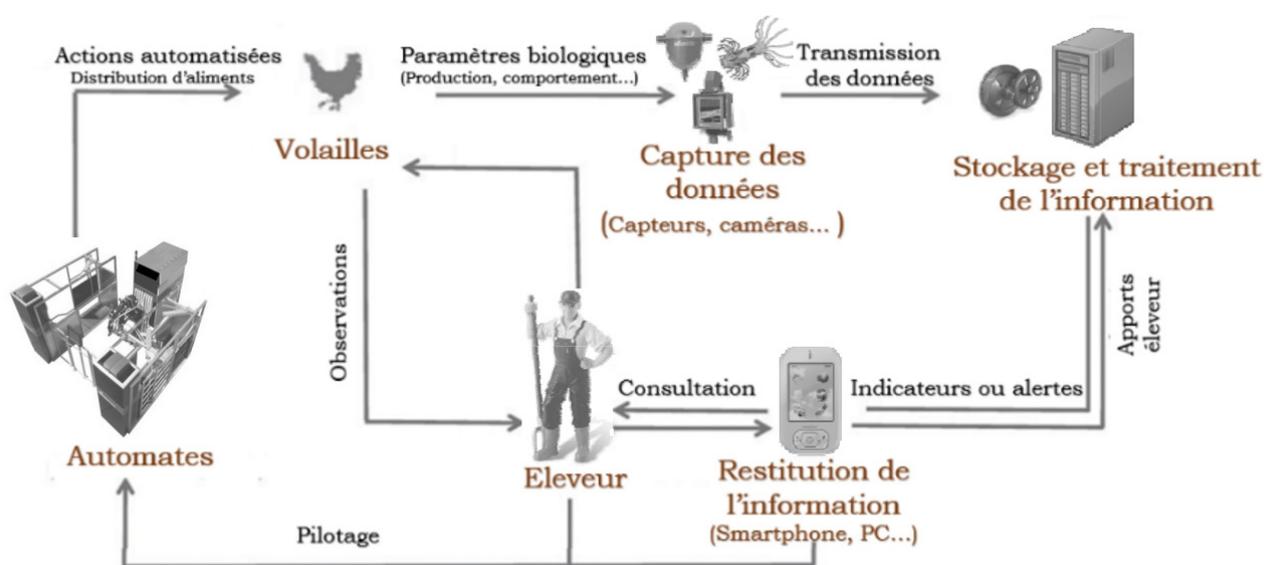


Figure 1: Représentation schématique du concept d'aviculture de précision (Allain *et al.*, 2012)

d'œuvre et en temps (Marchewka *et al.*, 2013). Ils peuvent être évalués par une attribution de scores de mobilité aux volailles à l'aide de systèmes de caméras fournissant une surveillance alternative continue et objective par rapport aux méthodes manuelles (Silvera *et al.*, 2017).

Le stress thermique nuit à la santé des volailles et peut donner lieu à des mortalités élevées. L'imagerie thermique infrarouge technique proposée pour évaluer le bien-être des volailles avec un minimum de contact détermine la température des surfaces des objets et crée une carte d'images avec des couleurs représentant différentes températures, ainsi, pourrait être utilisée pour détecter la température corporelle des poulets après des changements dans l'alimentation, l'environnement et des niveaux de stress (Nääs *et al.*, 2014).

### Big data et le internet des objets

Le big data fait référence à la collecte et à l'analyse d'ensembles de données décrites par volume, variété et vitesse, ainsi qu'à l'amélioration des capacités décisionnelles en résultant (Astill *et al.*, 2020). Son analyse offre de nouvelles opportunités aux industries et aux entreprises et leurs utilisations dans l'industrie avicole sont restées sous-explorées. Les possibilités de ses applications seraient intéressantes pour accéder à l'échelle de production requise. Afin d'utiliser les données dans l'aviculture de précision, elles devraient être extraites de différentes sources et intégrées dans des plateformes permettant leur analyse (Wolfert *et al.*, 2017).

La disponibilité croissante des données et leurs techniques d'analyse permettrait de stimuler la recherche et le développement vers une aviculture intelligente, et de relever le grand défi d'avoir des produits de qualité meilleure à plus grande échelle et durable, de protéger les écosystèmes physiques et de préserver les ressources naturelles (Kamilaris *et al.*, 2017). Les mécanismes dans lesquels le big data fournit de la valeur aux entreprises et aux industries comprennent des outils comme la transparence, l'expérimentation, l'adaptation des services ou des produits et la prise de décisions avancées (Schönfeld *et al.*, 2018).

L'Internet des objets (Ido) est la description d'une infrastructure d'une grande variété d'appareils interconnectés

(Astill *et al.*, 2020). Son infrastructure comprend plusieurs composantes, dont le matériel de collecte des données, la connectivité de transmission des données, les logiciels de stockage, d'analyse et de traitement des données, ainsi qu'une interface permettant aux utilisateurs d'interagir avec la plateforme. (Wolfert *et al.*, 2017). Son principal avantage pour l'industrie avicole serait la capacité de lier les équipements utilisés. (Banhazi *et al.*, 2009). Dans un réseau d'Internet des objets, diverses communications entre appareils existent (Bello et Zeadally, 2015);

- Simples permettant l'automatisation de nombreuses procédures.
- Multi-dispositifs complexes confrontés aux défis comprenant des appareils hétérogènes et un accès incohérent au réseau.

Des protocoles de routage complexes automatisent de nombreuses procédures avicoles. Les systèmes expérimentaux actuels d'alimentation de précision sont par exemple capables de mesurer le poids des poulets avant d'administrer les aliments (Zuidhof *et al.*, 2017).

### Indicateurs et alertes

L'observation audiovisuelle effectuée par un employé demeure onéreuse et ne peut être effectuée en continu. La surveillance objective automatisée au moyen de caméras, de capteurs et d'analyse d'images aurait la capacité de générer des données fournissant une mesure continue de leur comportement sans contact direct susceptible de les stresser (Berckmans, 2004).

Les problèmes tels les dysfonctionnements des lignes d'alimentation et d'abreuvement, de comportements anormaux des volailles et d'obtention de performances de croissance réduites restent des indicateurs de situations indésirables dans les bâtiments d'élevage et doivent être détectés à un stade précoce en vue d'éviter leur impact négatif sur le bien-être ou la production. Ainsi, l'analyse d'images et les calculs en temps réel effectués à partir des données permettent la surveillance automatique des poulets de chair et assurent une détection précoce des problèmes d'élevage (Kashiha *et al.*, 2013).

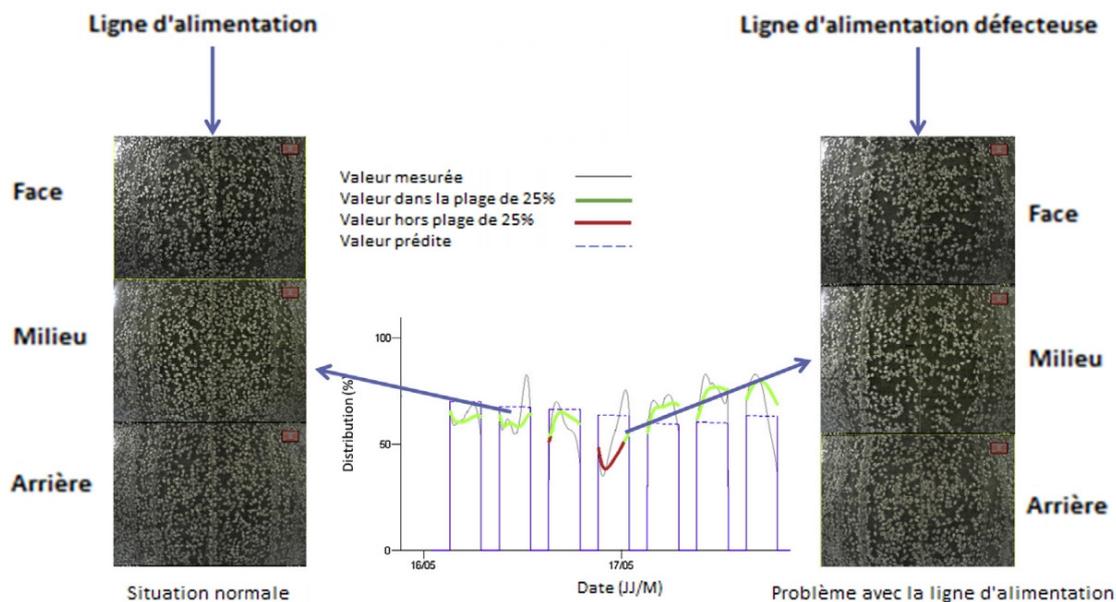


Figure 2: Détection d'un dysfonctionnement à travers l'indice de distribution (Kashiha *et al.*, 2013)

Des caméras peuvent être utilisées pour capturer des images de vue de dessus permettant l'évaluation de la distribution et des anomalies éventuelles de comportement, offrant des opportunités de réactivité avant l'apparition de problèmes affectant le bien-être ou la santé des volailles. La fuite des volailles dans une certaine zone du bâtiment résulterait principalement d'un dysfonctionnement de mangeoires, d'abreuvoirs, du système de chauffage ou de celui de ventilation, etc...

Une répartition «normale» est observée dans l'image de gauche tandis qu'un dysfonctionnement de la ligne d'alimentation (Image de droite) affecterait la distribution des poulets entraînant une fuite et un tassement proche des autres lignes (Figure 2).

La surveillance automatisée des sons «d'éternuement» des volailles dans les bâtiments permettrait à l'aide des technologies d'aviculture de précision la détection précoce de pathologies et dysfonctionnements (Berckmans, 2004). Les poules pondeuses montrent une augmentation des rythmes des déplacements et vocalisations spécifiques appelées «gakel-call» pour manifester une frustration (Zimmerman *et al.*, 2003).

L'éternuement est un signe clinique de nombreuses maladies respiratoires. Sa fréquence expliquée par la variation de l'activité évoluant avec l'illumination. Les volailles vocalisaient plus lors d'un comportement alimentaire provoquant plus de bruits souvent confondus avec les éternuements. L'utilisation d'algorithmes permettrait de les distinguer et de fournir des alertes lorsque le niveau sonore des éternuements dépasse un seuil critique (Berckmans, 2004).

### Transferts d'informations à l'utilisateur

L'accessibilité aux données demeure essentielle pour les systèmes «intelligents» de gestion des exploitations de volailles. Les données sont mises à disposition à l'aide d'une interface avec des chiffres et des messages facilement interprétables par les utilisateurs. Ces informations pourront être mises à la disposition d'autres parties impliquées dans la chaîne de valeur, y compris les fournisseurs d'aliments, ceux de poussins, de dindonneaux et de poulettes, les vétérinaires encadrants, en plus des organismes de réglementation de l'industrie avicole et des intégrateurs. Des logiciels peuvent être utilisés pour convertir les données en chiffres pour les producteurs. Installés sur plusieurs appareils, permettent aux utilisateurs d'observer les données de plusieurs exploitations à distance à partir de leur ordinateur portable ou de leur téléphone intelligent (Astill *et al.*, 2020).

### Actions automatisées

L'aviculture de précision permet la gestion continue et entièrement automatisée en fournissant de l'information et en remplaçant les aviculteurs ne pouvant continuellement s'occuper des volailles à l'aide du recueil des mesures et l'élaboration des modèles en temps réel (Berckmans, 2014). Les poids et la consommation de poulets de chair en croissance sont mesurés en tant que sorties permettant de modéliser la réponse dynamique du poids à l'alimentation. L'ordinateur calcule cette relation de façon journalière et à partir du résultat obtenu des cinq derniers jours prédit la variation prévue pour le jour suivant.

L'information quotidienne obtenue indique la tendance de variation du poids d'une bande de poulets de chair à un approvisionnement donné en aliments permettant de calculer les besoins quotidiens et suivre une courbe de croissance spécifique (Berckmans, 2014).

D'autres applications, de faibles quantités d'aliments au niveau des silos/trémie peuvent signaler une commande automatique d'approvisionnement auprès des fournisseurs, ou des niveaux élevés d'humidité et de gaz ammoniac détectés par des capteurs environnementaux peuvent envoyer un signal pour augmenter le taux de ventilation. (Zaninelli *et al.*, 2017).

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

Des enquêtes exhaustives ont été menées auprès de 15 unités de production avicoles (10 de poulets de chair et 5 de dindes). Elles ont été effectuées entre Mars et Juin 2020 par téléphone sans remise préalable de la fiche aux intéressés et à leur convenance. Plusieurs composantes ont été expliquées avant enquête auprès des personnes susceptibles de répondre aux questions.

Les principaux enquêtés étaient des propriétaires, gérants, gestionnaires, vétérinaires ou techniciens d'élevage. Des suggestions d'autres personnes ont été proposées par les interlocuteurs après validation des fiches spécifiques établies. D'autres enquêtes complémentaires ont eu lieu avec 5 autres qualifiés de personnes « ressources » du secteur avicole (vétérinaires, responsables, directeurs, fournisseurs d'équipements) afin de recueillir leur feedback sur la méthodologie, le type d'unités à considérer, leurs propres recommandations et d'autres candidats à enquêter.

## RÉSULTATS

### Caractéristiques des unités de productions

#### Poulets de chair

La production annuelle des unités de poulets de chair déclarée variait entre 200 et 8500 tonnes de poids vif. La capacité des bâtiments allait de 15000 à 80000 places, d'une surface de 900 à 1680 m<sup>2</sup>. L'ancienneté des unités dans l'activité représentait un autre facteur de variation, les plus récentes datent de deux ans et la plus ancienne de 47 ans (Figure 3).

#### Dindes de chair

La production annuelle des unités de dindes de chair déclarée allait de 1600 à 28000 tonnes de poids vifs. La capacité des bâtiments variait entre 4000 et 100000 places d'une surface allant de 1200 à 14500 m<sup>2</sup>. L'expérience professionnelle de ces unités dans l'activité variait de 9 à 50 ans (Tableau 1).

**Tableau 1: Caractéristiques des unités de dindes de chair**

Unité	Production (10 <sup>3</sup> Tonnes/an)	Bâtiments	
		Capacité (10 <sup>3</sup> places)	Surface (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )
1	4,0	13	1,44
2	1,8	6	1,20
3	1,6	4	1,44
4	28,0	100	15,00
5	2,1	20	5,00

**Connaissances préalables des technologies**

Les sondes, caméras, automates et capteurs étaient auprès des enquêtés les technologies les plus connues. Les puces de radio-identification (RFID), microphones, lunettes connectées et biocapteurs semblent moins communs. Les lunettes connectées et les biocapteurs demeurent les moins connus. Un seul producteur de poulets de chair ayant 31 ans d'expérience les a rapportés (Tableau 2).

**Tableau 2: Connaissances des technologies «connectées»**

Production Technologie <sup>1</sup>	Chair	
	Poulets	Dindes
<b>n<sup>2</sup></b>	10	5
<b>Sonde</b>	10	5
<b>Capteur</b>	9	4
<b>Caméra</b>	10	5
<b>Microphone</b>	2	0
<b>Puce RFID<sup>3</sup></b>	3	1
<b>Automate</b>	10	5

<sup>1</sup> Lunettes connectées et biocapteurs mentionnés par un seul responsable de poulets de chair.

<sup>2</sup> Nombre d'unités enquêtées.

<sup>3</sup> Puces de radio-identification: Méthodes mémorisant et récupérant des données à distance en utilisant des marqueurs appelés «radio-étiquettes».

Les sources d'informations relatives aux technologies ont été les visites de show, foires et salons professionnels chez 9 des responsables dont 6 de poulets et 3 de dindes. Les sources documentaires ont été déclarées par 3 enquêtés de chacun des volailles de chair. Des professionnels d'autres marchés et fournisseurs ont été déclaré par 3 producteurs de chacun des élevages en tant que source d'information. Seulement 2 responsables de poulets de chair ont déclaré obtenir leurs informations à partir du web.

**Utilisations des technologies «connectées»**

Les principales technologies en place dans les unités enquêtées ont été les sondes et les automates déclarés par 80% et 70% des unités de poulets et de dindes respectivement. L'usage des caméras a été recensé dans 65% des élevages enquêtés et 60% déclarent utiliser des capteurs (Tableau 3).

**Sondes**

Les sondes mises en place permettent le contrôle des conditions d'ambiance. Quatre ont été utilisées en moyenne par bâtiment d'élevage et l'ensemble des enquêtés les emploie uniquement pour enregistrer la température et l'humidité (Tableau 4).

L'usage des sondes a été recensé au niveau de 80% des unités. L'ensemble de ces élevages emploie celles du

**Tableau 3: Technologies utilisées**

Production Technologie	Chair	
	Poulets	Dindes
<b>n<sup>1</sup></b>	10	5
<b>Sonde</b>	8	4
<b>Capteur</b>	7	2
<b>Caméra</b>	6	4
<b>Automate</b>	8	3

<sup>1</sup>Nombre d'unités enquêtées.

**Tableau 4: Sondes utilisées**

Production Type	Chair	
	Poulets	Dindes
<b>n<sup>1</sup></b>	8	4
<b>Température</b>	8	4
<b>Humidité</b>	8	3
<b>Gaz carbonique</b>	3	1
<b>Ammoniac</b>	1	0

<sup>1</sup>Nombre d'unités usant des sondes

contrôle de la température. Celles de mesure de l'ammoniac et du gaz carbonique ont été moins présentes. Une seule unité de poulets de chair récente de 10 ans d'activité évalue le taux d'ammoniac dans l'air.

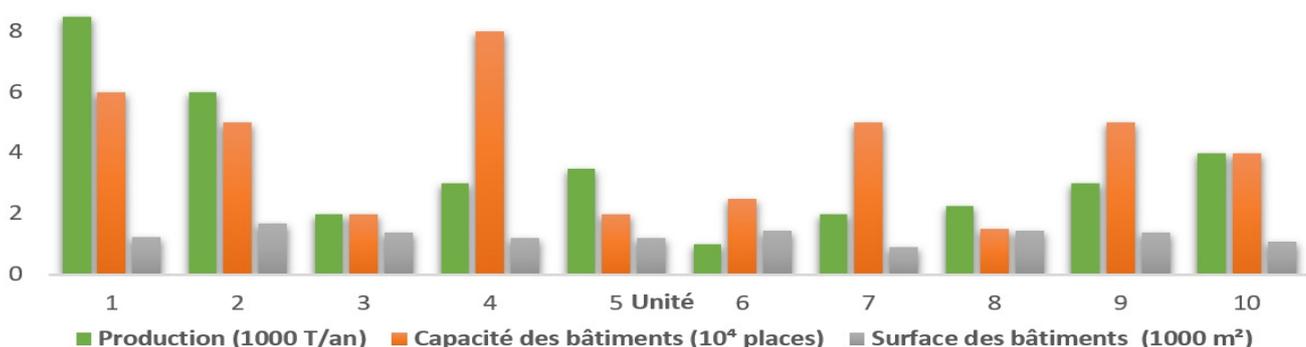
**Capteurs**

Les compteurs d'eau ont été les plus présents. Les capteurs installés à l'intérieur des silos dans 7 unités, permettent de mesurer la consommation alimentaire. Parmi les unités de volailles de chair, une de poulets ayant 10 ans d'expérience est équipée de capteurs contrôlant la pression, la composition de l'eau et la luminosité (Tableau 5).

**Tableau 5: Utilisations des capteurs dans les unités avicoles**

Production Type	Chair	
	Poulets	Dindes
<b>n<sup>1</sup></b>	7	2
<b>Ventilation</b>	5	1
<b>Luminosité</b>	1	0
<b>Eau</b>		
Abreuvement	7	2
Pression	1	0
<b>Silos</b>	5	2

<sup>1</sup>Nombre d'unités usant des capteurs



**Figure 3: Caractéristiques des unités de poulets de chair (n=10)**

### Caméras

65% des unités enquêtées disposent de caméras installées à des fins de sécurité à l'extérieur des bâtiments. Deux élevages de poulets et un de dindes de chair suivent le comportement et l'homogénéité à l'intérieur. L'imagerie thermique recensée dans ces unités était utilisée principalement en phase de démarrage pour contrôler la température de surface des objets et créer une carte d'image comportant des couleurs représentant différentes températures (Tableau 6).

**Tableau 6: Caméras utilisées**

Production	Chair	
	Poulets	Dindes
<i>n</i> <sup>1</sup>	6	4
<b>Emplacement</b>		
Externe	6	4
Interne	2	1
<b>Type</b>		
Numérique	6	4
Thermique	2	1

<sup>1</sup>Nombre d'unités usant des caméras.

### Fonctions automatisées

Les systèmes de suivi des conditions d'ambiance, de gestion de ventilation, de chauffage, d'abreuvement et d'alimentation étaient les plus présents dans 75% des unités. La pesée automatique des volailles de chair a été recensée dans 7 unités dont 4 de poulets. Une seule de production de poulets de chair ayant la capacité des bâtiments maximale déclarée de 80000 places employait des dispositifs permettant le passage entre deux aliments différents et les commandes d'approvisionnement automatiques auprès des fournisseurs lorsque le niveau des silos en aliments est bas (Tableau 7).

**Tableau 7: Fonctions automatisées**

Production	Chair	
	Poulets <sup>2</sup>	Dindes
<i>n</i> <sup>1</sup>	8	3
Conditions d'ambiance	6	2
Ventilation	7	3
Chauffage	6	2
Luminosité	1	0
Alimentation	5	3
Abreuvement	7	3
Pesée des volailles	4	3

<sup>1</sup>Nombre d'unités usant des automates.

<sup>2</sup>Commandes d'approvisionnement et transition alimentaire automatiques chez une seule unité de poulets de chair.

### Autres technologies

Les enquêtes effectuées n'ont pas permis de déceler l'usage des technologies suivantes:

- Biocapteurs (dispositif composé de deux éléments; biologique permet la détection d'un micro-organisme et électrique sert à envoyer un signal);
- Microphones (collecte de sons corrélés aux poids, consommation, santé, ... etc.);

- Puces RFID (outil pour mémoriser et récupérer des données à distance);
- Robots (véhicules autonomes fonctionnant sur le plancher ou comme des dispositifs légers accomplissant des tâches pendant leur navigation);
- Lunettes connectées (portés comme des lunettes normales, utilisent le principe de réalité augmentée pour afficher des informations en temps réel devant le champ de vision).

### Applications et plateformes de collecte des données

L'emploi des applications permettant de visualiser les données relatives aux conditions d'ambiance, ventilation, consommation, poids, ... etc. a été recensé au niveau de 45% des unités soit 40% de celles de poulets, 60% chez celles de dindes.

#### Données générées

Les données relatives aux conditions d'ambiance et à la ventilation sont visualisées par l'ensemble des unités ayant des applications. L'accès en temps réel aux prises de vue des caméras a été recensé chez 4 élevages (2 de poulets, 2 de dindes) (Tableau 8).

**Tableau 8: Données générées**

Production	Chair	
	Poulets	Dindes
<i>n</i> <sup>1</sup>	4	3
Conditions d'ambiance	4	2
Ventilation	4	2
Consommation <sup>2</sup>	3	1
Poids corporel	2	1
Stock d'aliments	2	1
Visualisation	2	2

<sup>1</sup>Nombre d'unités utilisant des applications.

<sup>2</sup>Consommation alimentaire et abreuvement.

#### Alertes

Les alertes de dysfonctionnement des lignes d'abreuvement ou de trémies, de performances de croissance réduites ou de conditions d'ambiance non respectées, ... etc. issues des applications mises en place ont été déclarées dans 20 % des unités enquêtées. Une seule de dindes de chair d'une ancienneté de 19 ans a déclaré avoir accès à l'ensemble de ces alertes (Tableau 9).

**Tableau 9: Alertes issues des données générées**

Production	Chair	
	Poulets	Dindes
<i>n</i> <sup>1</sup>	4	3
Conditions d'ambiance <sup>2</sup>	2	1
Stress thermique <sup>3</sup>	1	1
Dysfonctionnement <sup>4</sup>	2	1
Croissance <sup>5</sup>	1	1

<sup>1</sup>Nombre d'unités employant des applications

<sup>2</sup>Niveaux de température, d'humidité, des gaz (CO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>) anormales.

<sup>3</sup>Anticipation d'un éventuel stress thermique

<sup>4</sup>Dysfonctionnement d'un système d'alimentation, d'abreuvement ou autre

<sup>5</sup>Croissance inférieure aux normes.

## DISCUSSION

L'intensification des productions avicoles et l'augmentation de la surface des infrastructures nécessitent la mise en œuvre de nouveaux systèmes dits « intelligents », tels ceux d'information et de communication en vue d'améliorer la gestion technique des unités. L'usage de technologies au niveau des élevages permettrait de mieux satisfaire les exigences des marchés (Astill *et al.*, 2020). L'utilisation des sondes, capteurs, caméras entre autres moyens varie d'une unité avicole à l'autre. L'étude a révélé que 80% utilisent au moins une de ces technologies.

Le contrôle des conditions d'ambiance permettrait d'améliorer le confort thermique, l'efficacité alimentaire et la croissance (Corkery *et al.*, 2013). La surveillance de la température et de l'humidité à l'aide de sondes demeure la plus fréquente au niveau des unités enquêtées.

L'alimentation permet l'obtention de performances de croissance optimale en vue d'obtenir des taux de conversion cibles ou de maintenir des poids optimaux (Zuidhof *et al.*, 2017). La ventilation permet d'améliorer la qualité de l'air réduisant par conséquent les mortalités (Corkery *et al.*, 2013). Leurs contrôles par des capteurs restent les moyens les plus rapportés par les enquêtés (60%, 50% et 45% des enquêtés respectivement).

Les automates permettent une gestion continue par la collecte de mesures et d'élaboration de modèles en temps réel (Zaninelli *et al.*, 2017). La ventilation, le chauffage, l'abreuvement, l'alimentation et le réglage des conditions d'ambiance ont été les fonctions automatisées les plus déclarées au sein des unités. Les pesées des volailles ont été également rapportées dans 7 élevages dont 4 de poulets.

L'accessibilité aux données demeure essentielle pour le développement de systèmes de gestion des exploitations. La conception de plateformes et messages facilement interprétables, permettrait de restituer des informations aux utilisateurs et autres parties concernées tels les fournisseurs d'aliments, poussins, dindonneaux et poulettes et autres professionnels (Astill *et al.*, 2020). La moitié des unités enquêtées a recours à l'utilisation d'applications permettant la visualisation de ces données.

## CONCLUSION

La mise en œuvre de technologies « connectées » en aviculture permettrait de diminuer davantage les risques de prise de décisions, de gagner en compétitivité, d'améliorer le bien-être et la santé des volailles grâce au suivi en temps réel et continu des productions. Les 15 enquêtes effectuées auprès des unités de volailles de chair (10 de poulets) ont révélé que leur principale source d'informations était les visites de salons professionnels, et leur utilisation variait en fonction des productions.

Les enquêtes ont révélées moyens les plus utilisés ont été les sondes de contrôle de température et d'humidité et les automates. A l'opposé, les biocapteurs, les microphones, les lunettes connectées, les robots et les puces RFID n'ont pas été rapporté au cours des enquêtes.

Outre les données des conditions d'ambiance et de ventilation visualisées par la moitié des producteurs, la consommation, le suivi des poids corporels, des stocks d'aliments et la prise de vue des caméras ont été déclarés dans 25% des unités. Les alertes émanant des dysfonctionnements

des lignes d'abreuvement et des trémies, la baisse des poids, ... etc. ont été déclarées par le quart des élevages.

L'emploi d'applications permettant d'afficher et d'analyser les informations collectées par les systèmes dits « intelligents » a été recensé dans 40% des unités de poulets et 60% de dindes. Les coûts élevés de leur installation, de leur mise à jour et de leur fonctionnement ont été les entraves majeures déclarée par les utilisateurs.

## RÉFÉRENCES

- Allain C., Duroy S., Alix E., Dasse B., Delaunay M., and J. Langlais. (2012). Utilisation des capteurs et des TIC en élevage laitier: Une nouvelle dimension pour la conduite du troupeau. Conférence Salon International de l'élevage (SPACE) 2012.
- Astill, J., Dara, R. A., Evan D.G. Fraser, E. D. G, Roberts, B., and S. Sharif. (2020). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170: 105–291.
- Banhazi, T., and J.L. Black. (2009). Precision Livestock Farming: a suite of electronic systems to ensure the application of best practice management on livestock farms. *Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering*, 7: 1–14.
- Bello, O. and S. Zeadally. (2015). Intelligent device-to-device communication in the internet of things. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Systems Journal*, 10: 1–11.
- Berckmans, D. (2004). Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. *International society for animal hygiene*, 1:27-30.
- Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Revue scientifique et technique Internationale de l'Office International des Epizooties*, 33: 189-196.
- Bustamante, E., Guijarro, E., García-Diego, F.J., Balasch, S., Hospitaler, A., and A.G. Torres. (2012). Multisensor system for isotemporal measurements to assess indoor climatic conditions in poultry farms. *Sensors (Switzerland)*, 12: 5752–5774.
- Chen, L., and S. Neethirajan. (2015). A homogenous fluorescence quenching based assay for specific and sensitive detection of influenza virus. *Sensors (Switzerland)*, 15: 8852–8865.
- Corkery, G., Ward, S., Kenny, C., and P. Hemmingway. (2013). Incorporating Smart Sensing Technologies into the Poultry Industry. *Journal of World's Poultry Research*, 3: 106–128.
- Fédération Interprofessionnelle du Secteur Avicole au Maroc. (2020). Le secteur avicole moderne en chiffres en 2019. Statistique du Secteur Avicole.
- Hadinia, S.H., Carneiro, P.R.O., Ouellette, C.A., and M.J. Zuidhof. (2018). Energy partitioning by broiler breeder pullets in skip-a-day and precision feeding systems. *Poultry Science*, 97: 4279-4289.
- Hostiou, N., Allain, C., Chauvat, S., Turlot A., Pineau C., and J. Fagon. (2014). L'élevage de précision: quelles conséquences pour le travail des éleveurs? *INRA Productions Animales*, 27:113-122.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., and F. Prenafeta-Boldù. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143: 23-37.
- Kashiha, M., Pluk, A., Bahr, C., Vranken, E., and D. Berckmans. (2013). Development of an early warning system for a broiler house using computer vision. *Biosystems Engineering*, 116: 36-45.
- Luka, G., Ahmadi, A., Najjaran, H., Alocilja, E., Derosa, M., Wolthers, K., Malki, A., Aziz, H., Althani, A., and M. Hoorfar. (2015). Microfluidics integrated biosensors: A leading technology towards lab-on-A-chip and sensing applications. *Sensors (Switzerland)*, 15: 30011–30031.

- Schönfeld, M. V., Heil, R., and L. Bittner. (2018). Big Data on a Farm-Smart Farming. Big Data in Context: Legal, Social and Technological Insights big. *Big Data in Context*, 109-120.
- Marchewka, J., Watanabe, T.T.N., Ferrante, V., and I. Estevez. (2013). Welfare assessment in broiler farms: Transect walks versus individual scoring. *Poultry Science*, 92: 2588–2599.
- Nääs, I.A., Garcia, R.G., and F.R. Caldara. (2014). Infrared thermal image for assessing animal health and welfare. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2: 66–72.
- OCDE-FAO, (2019). Perspectives agricoles de l'OCDE et la FAO 2019-2028.
- Silvera, A.M., Knowles, T.G., Butterworth, A., Berckmans, D., Vranken, E., and H.J. Blokhuis. (2017). Lameness assessment with automatic monitoring of activity in commercial broiler flocks. *Poultry Science*, 96: 2013–2017.
- Wathes, C. M., Kristensen, H. H., Aerts, J.-M., and D. Berckmans (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, 64 :2-10.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., and M.J. Bogaardt. (2017). Big Data in Smart Farming? A review. *Agricultural Systems*, 153: 69–80.
- Zaninelli, M., Redaelli, V., Luzi, F., Bontempo, V., Dell'Orto, V., Savoini, G., Zaninelli, M., Redaelli, V., Luzi, F., Bontempo, V., Dell'Orto, V., and G. Savoini. (2017). A Monitoring System for Laying Hens That Uses a Detection Sensor Based on Infrared Technology and Image Pattern Recognition. *Sensors*, 17: 1195.
- Zimmerman P.H., Lundberg A., Keeling L.J., and P. Koene. (2003). The effect of an audience on the gavel-call and other frustration behaviours in the laying hen (*Gallus domesticus*). *Animal Welfare*, 12: 315-326.
- Zuidhof, M.J., Fedorak, M.V., Ouellette, C.A., and I.I. Wenger (2017). Precision feeding: Innovative management of broiler breeder feed intake and flock uniformity. *Poultry Science*, 96: 2254–2263.