

# **AMELIORER LE BIEN-ÊTRE ANIMAL GRÂCE AUX METHODES EN ELEVAGE DE PRECISION**

<sup>1</sup>Agathe HOFFMANN, encadré par <sup>2</sup>Jean-Baptiste MENASSOL, 2018  
*<sup>1</sup>Etudiante Systèmes d'élevage, <sup>2</sup>Enseignant-Chercheur au sein de l'UMR SELMET,  
Montpellier SupAgro*

NB : Le présent document rend compte d'un travail de synthèse bibliographique faisant partie de la formation Systèmes d'élevage (bac+5), cursus Ingénieur agronome de Montpellier SupAgro. Au lecteur ainsi averti d'en tenir compte dans l'utilisation de cette production intellectuelle.

Pour citer ce travail : Hoffmann A., 2018. Améliorer le bien-être animal grâce aux méthodes en élevage de précision. Synthèse bibliographique dans le cadre de la formation Systèmes d'élevage de Montpellier SupAgro, 16 p.

## RESUME

Avec l'augmentation des effectifs et de la densité en animaux des élevages et une main d'œuvre qui diminue dans son ensemble, le travail des éleveurs devient de plus en plus conséquent. A cela s'ajoutent de nouveaux enjeux économiques, sociaux et environnementaux auxquels ils doivent faire face. L'élevage de précision issu du développement de nouvelles technologies associées à des capteurs, des méthodes d'enregistrement, d'analyses de données et d'automatisation des équipements vient alors en aide à l'éleveur dans son travail en lui apportant diverses informations sur ses animaux, ses bâtiments et son environnement pour l'aider dans ses décisions voire en le remplaçant dans certaines tâches. Aujourd'hui les consommateurs sont de plus en plus soucieux du bien-être des animaux en élevage et font de cette thématique un enjeu majeur du quotidien des éleveurs. L'élevage de précision i) en développant des moyens de détecter de manière objective et précoce les troubles chez l'animal, permet à l'éleveur d'**intervenir rapidement** pour y remédier, ii) en donnant à l'éleveur la possibilité de contrôler l'environnement de l'animal, peut **prévenir** les stress qui y sont liés et enfin iii) en établissant un suivi physiologique et comportemental de l'animal, fournit des nouvelles données et analyses précises à l'éleveur qui peuvent permettre de **prédire** les troubles des animaux. Cependant en plus de représenter un certain coût pour l'éleveur (équipement, entretien, conseils, gestion des alertes...), ces méthodes peuvent à la fois améliorer comme détériorer la relation entre l'homme et ses animaux, du fait de l'interface supplémentaire que représentent ces nouveaux outils ainsi que par la multiplication d'informations inutiles. De plus la diminution de la pénibilité globale du travail promise par certains outils peut inciter l'éleveur à regrouper ses animaux en bâtiments, les outils en systèmes d'élevages extensifs n'étant pas encore efficaces. L'élevage de précision paraît aller dans le sens d'une meilleure prise en compte du bien-être des animaux mais peut également aller à son encontre selon l'utilisation qu'en fait l'éleveur et/ou les conseils qui lui sont apportés.

## ABSTRACT

Since the raise of farm's size and the diminution of workers' number, farmers' labor has increased drastically. They are now facing new economic, social and environmental issues. Precision Livestock Farming coming from the development of new technologies associated with sensors, live recording, data analyzing methods and the automatization of equipment is helping farmers in their work by bringing them new information on their animals, their barns and their environment to assist them in their daily decision-making processes and/or by replacing them on some labor. Nowadays the consumers care more and more about livestock welfare, which became a major consideration in farmers' daily work. Precision Farming i) by sensing precisely animal disorders allows farmers to **react quickly**, ii) by giving the possibility to control the animal environment, it can also **prevent** the associated disorders and lastly iii) by establishing a physiological and behavioral follow-up, it gives new precise data analysis that can **predict** animals' disorders. However besides including a large cost (equipment, maintenance, advices, management of the alerts...), those methods can either improve or deteriorate the relationship between the human and the animal, because of the gap created by the technologies and the high rate of exhibition to useless information. Moreover the use of those methods incites farmers to group the animals in barns as the tools used in extensive breeding systems are not efficient enough yet. Precision Livestock Farming seems adapted to animal welfare but still presents a risk to impact negatively on it, depending on how the farmer is blending it and/or is advised.

## INTRODUCTION

L'élevage de précision est issu du développement des nouvelles technologies et de leur utilisation en élevage, et apparaît aujourd'hui comme un outil pouvant répondre aux enjeux économiques, sociaux et environnementaux de l'élevage (Allain et al, 2014). L'utilisation de technologies en élevage provient d'une difficulté de plus en plus grande de certains éleveurs à assurer quotidiennement une conduite générale qui soit adaptée au plus près aux besoins de chaque individu du troupeau, d'un point de la gestion de la reproduction mais également alimentaire et sanitaire. La taille des élevages augmente sans cesse mais la main d'œuvre reste la même, augmentant ainsi la charge de travail. La démographie en croissance et les demandes de plus en plus élevées des consommateurs imposent aux éleveurs d'améliorer leur productivité et leur efficacité. Les éleveurs, qui ont alors de grandes surfaces et ne vivent pas forcément sur l'exploitation, veulent de leur côté alléger leur charge de travail quotidienne et avoir accès au confort. C'est pourquoi ils se tournent vers l'élevage de précision. De plus, l'émergence de capteurs à des prix abordables participe à l'utilisation croissante de ces nouvelles technologies (Deleau et Ferard, 2017). Aujourd'hui les éleveurs doivent répondre à certains enjeux, dont notamment assurer le bien-être de leur troupeau. Avec la croissance constante de la taille des exploitations et leur automatisation, les consommateurs se questionnent quant aux conditions d'élevage. La Ferme des 1000 vaches a ainsi soulevé de nombreuses contestations et critiques de la société.

Cette synthèse fait le point sur la place du bien-être animal dans l'élevage de précision et sur la place de l'homme entre son troupeau et les nouvelles technologies. En s'appuyant sur des exemples chez un ruminant (bovin) et un monogastrique (porcin) seront définis le bien-être animal et ses indicateurs, seront exposées les méthodes participant au bien-être de

l'animal en élevage et seront soulignées les limites de l'élevage de précision vis à vis de cet enjeu.

## 1. LE BIEN-ÊTRE ANIMAL

### 1.1. Définition

Le bien-être animal a d'abord été défini comme état de complète santé mentale et physique (Hugues, 1976) où l'individu est en harmonie avec son environnement. En 1986 Broom y associe le concept de « coping » : l'animal s'ajuste à son environnement sous l'effet d'un stress causé par un changement de son environnement. En cas d'ajustement trop important l'animal peut ressentir de la souffrance (Dawkins, 1993), une émotion désagréable, telle que la peur ou la frustration, pouvant aller jusqu'à la mort. Il convient alors de prendre en compte la perception de l'animal vis à vis de son environnement, le stress auquel il fait face, les émotions suscitées et les possibilités qu'a l'animal de s'ajuster.

En 1992 le Farm Animal Welfare Council propose une définition du bien-être animal basé sur 5 libertés fondamentales : l'absence de maladies, de lésions ou de douleur ; l'absence d'inconfort ; l'absence de faim, de soif ou de malnutrition ; l'absence de peur et de détresse ; la possibilité d'exprimer les comportements normaux de l'espèce. Pour assurer un état de bien-être d'un animal en élevage il est nécessaire de respecter ces 5 libertés. C'est sur cette définition que sera basé le reste de cette synthèse.

### 1.2. Les indicateurs du bien-être animal

Afin d'évaluer le respect des cinq libertés fondamentales définissant le bien-être animal, il est nécessaire d'identifier quels sont les indicateurs révélateurs d'un état de mal-être ou d'une condition compatible avec cette notion de bien-être.

### 1.2.1. L'environnement en bâtiment d'élevage

Une absence de faim, de soif ou de malnutrition implique une ressource alimentaire et en eau suffisante quantitativement et qualitativement pour l'animal, c'est-à-dire répondant à ses besoins mais sans impacter négativement sur ses performances zootechniques.

Ainsi les indicateurs d'une bonne alimentation sont des indicateurs évaluant la quantité distribuée ou ingérée ainsi que la qualité de l'ingéré. La place à l'auge est également un indicateur des conditions d'alimentation de l'animal. Chez le porc par exemple il a été montré qu'une densité trop élevée d'individus, notamment à l'auge, amène à des comportements agressifs entre les animaux (Bryant et Ewbank, 1972). Ces comportements entraînent l'apparition de blessures chez certains individus mais aussi des comportements d'écartement social induisant une augmentation du taux de cortisol chez certains individus, un indicateur de stress (Meunier-Salaün et al, 1987).

Le logement conditionne également le bien-être d'un animal participant à son confort et répondant ainsi à la deuxième liberté fondamentale citée.

Le type de sol est un facteur important dans le confort de l'animal. Par exemple les logettes en élevage bovin doivent permettre à l'animal de pouvoir se coucher avec un comportement naturel, sans gêner les vaches voisines et sans être salies par leurs propres déjections. Les logettes doivent ainsi être assez longues pour qu'une vache puisse s'y coucher, et qu'il y existe un espace lui permettant d'allonger son cou lorsqu'elle se couche ou se lève, mais pas trop longue pour que les déjections tombent en dehors de la litière, dans les couloirs du bâtiment. Par exemple il est conseillé une longueur des logettes entre 2,2 m et 2,4 m pour des races laitières Frisonne ou Holstein (Manteca i Vilanova et Smith, 2014).

Egalement les couloirs de circulation en bâtiment ne doivent pas être glissants afin

de prévenir les boiteries, les lésions au pied à l'origine de stress chez l'animal (Bareille et Roussel, 2011), l'empêchant d'exprimer son comportement naturel, de se déplacer facilement.

Au sein d'un bâtiment d'élevage l'environnement climatique est primordial à contrôler pour la santé et le confort des animaux. Il a été montré que cet environnement comprenant la température, l'humidité et la vitesse de l'air a un impact sur les performances du porc (Le Dividich et Rinaldo, 1989). La température ambiante a une influence directe sur la consommation. Par exemple chez le porc la vitesse de croissance est stable entre 8°C et 20°C, mais diminue de 10 à 40 grammes par jour pour chaque degré en plus entre 20°C et 30°C. Pour une vache laitière, il est conseillé une température comprise entre 4°C et 24°C (Lindley et Whitacker, 1996).

L'impact de l'humidité de l'air est lié à la température ambiante. Des indices de confort de l'animal ont été élaborés tel que l'Index d'Humidité et de Température (THI) qui a été appliqué pour la première fois par Johnson et al (1962) sur l'impact de ces deux paramètres sur la production laitière et le confort des vaches de race Holstein. Egalement il permet une estimation des gammes de température et d'humidité au-delà ou en deçà desquels l'animal est exposé à un stress (LCI, 1970). Il convient alors de respecter les fourchettes de température et d'humidité assurant un confort de l'animal en bâtiment.

Egalement la ventilation en bâtiments d'élevage a pour but d'apporter de l'oxygène aux animaux tout en permettant une évacuation des gaz et de la vapeur d'eau émis. Cependant l'aération implique une forte perte de chaleur en bâtiment, et impacte sur le confort thermique de l'animal. L'influence de l'aération sur son confort dépend également de la densité du troupeau. Pour un animal isolé une vitesse de l'air augmentant de 5 cm/s induit une augmentation de la température critique (température en dessous de laquelle l'animal est en stress thermique) de 1 degré

Celsius, tandis que pour un animal en groupe la température critique n'augmente qu'à partir de 21 cm/s (Verstegen et Van der Hel, 1976).

Ainsi l'environnement présent en bâtiment doit être le mieux contrôlé possible afin d'éviter tout faim, soif, inconfort, stress et douleurs chez l'animal.

### **1.2.2. La santé**

La santé est nécessaire pour garantir le bien-être d'un animal. Les blessures, les maladies sont sources de souffrance, de stress et d'inconfort. Cependant la détection de soucis de santé chez l'animal arrive souvent tardivement et traduit alors un état de mal-être. Par exemple un problème de boiterie peut-être dû à un sol glissant qui aurait pu être évité au préalable. Egalement les blessures chez le porc issues de comportements agressifs entre individus traduisent une densité trop élevée et une compétition alimentaire à l'auge mais leur détection intervient après que l'animal ait souffert. Les détections de niveau d'état corporel faible peuvent survenir après une sous-alimentation de l'animal. Le bien-être d'un animal est alors conditionné par sa santé, mais celle-ci ne reste pas suffisante pour l'assurer.

### **1.2.3. Le comportement**

Le comportement animal donne une indication de l'état physique et mental de l'animal. Les vocalisations peuvent se révéler être des indicateurs de stress et de souffrance (Watts et Stookey, 2000), la façon dont se couche une vache en stabulation est un indicateur du confort du logement (Hörning, 2001) ou encore les boiteries peuvent indiquer une blessure sur l'animal.

La détection de comportement anormal chez l'animal permet de déceler un ajustement à son environnement et indique alors un environnement changeant, un stress auquel il doit faire face. Comprendre cet ajustement implique alors de comprendre quel est le stress ressenti par l'animal. Il est ainsi possible de traiter la cause de ce stress.

### **1.2.4. La relation entre l'homme et l'animal**

L'éleveur et l'animal ont un rôle central au sein d'un système d'élevage. La relation qui existe entre eux est un facteur clé jouant sur le travail d'astreinte de l'éleveur mais également sur le bien-être de l'animal et sa productivité.

Le comportement de l'homme a une influence sur le comportement de l'animal vis à vis de cet homme. Des interactions négatives induisent une peur chez l'animal et un stress chronique face à l'homme ayant ainsi des conséquences sur la sécurité de l'éleveur lors des manipulations, mais également la sécurité de l'animal, son bien-être et son niveau de production (Hemsworth et al, 1994 ; Mounaix et al, 2007). Ainsi la réactivité des animaux face à l'homme est un bon indicateur de la relation homme-animal, des conditions dans lesquels ont été et sont manipulés les animaux, et de la perception qu'a l'homme de l'animal (Boivin et al, 2012).

## **1.3. Evaluer le bien-être animal**

Plusieurs méthodes évaluant le bien-être animal en exploitations ont été élaborées. Elles peuvent être utilisées soit pour certifier une exploitation quant aux conditions dans lesquelles sont placés les animaux, soit pour conseiller les éleveurs qui veulent s'inscrire dans une démarche d'amélioration de bien-être de leurs animaux. Deux exemples se portent bien à ces deux types de méthodes : la méthode Welfare Quality® et le Programme National Dairy Farm.

### **1.3.1. Welfare Quality® : outil d'évaluation et de certification**

Un modèle d'évaluation globale du bien-être animal est proposé par le projet européen Welfare Quality® et se base sur 4 principes (Veissier et al, 2010) :

- une bonne alimentation,
- un bon environnement,
- une bonne santé,

- des opportunités d'exprimer les comportements appropriés.

Ces 4 principes reposent sur 12 critères reprenant les 5 libertés Fondamentales du Farm Animal Welfare Council (1992).

Pour couvrir chaque critère, une quarantaine de mesures ont été retenues dont notamment la Note d'Etat Corporel comme indicateur de faim, le comportement de couchage pour le confort au repos, l'accès au pâturage, le comportement social, la peur de l'homme, les boiteries, les blessures ou encore la propreté. A chaque critère est accordé un score entre 0 et 100, 0 correspondant à « la pire situation envisageable sur une exploitation » (la situation en deçà de laquelle aucune détérioration supplémentaire du niveau de bien-être n'est possible), 50 correspondant à une « situation neutre » et 100 correspondante à la « meilleure situation envisageable ». Ainsi une exploitation obtenant un score inférieur à 20 est considérée comme une exploitation ne garantissant pas le bien-être des animaux (Veissier et al, 2010).

Via une observation fine du comportement de l'animal il est alors possible d'obtenir une indication approximative de son état de bien-être. Ceci est également possible via la détection de blessures, de problèmes de santé et de mesures sur l'état physique de l'animal.

### **1.3.2. National Dairy Farm Program : outil d'évaluation et de conseil**

Le programme National Dairy FARM (Farmers Assuring Responsible Management) propose en 2013 une méthode d'évaluation du bien-être de l'animal sous forme de guide présentant des informations, ressources et références utilisable par un éleveur.

Il constitue un guide de bonnes pratiques applicables en exploitation leur permettant d'évaluer les conditions d'élevage de leurs animaux et de les améliorer.

Les bonnes pratiques sont regroupées selon 4 thématiques : la santé de l'animal de la

naissance à la fin de vie, l'environnement dans lequel il vit, la nutrition et les manipulations, déplacements, transports. Les éleveurs participant volontairement à ce programme sont évalués sur trois ans par un technicien conseillé et peuvent s'auto-former pour améliorer les conditions dans lesquels vivent les animaux au sein de l'élevage.

## **2. LES METHODES AU SERVICE DU BIEN-ÊTRE ANIMAL EN ELEVAGE DE PRECISION**

### **2.1. Déceler et traiter un mal-être**

En élevage de précision les méthodes curatives consistent à la détection d'un problème clinique déjà présent, qui touche déjà l'animal et qu'on ne peut plus éviter, mais que l'éleveur peut maintenant traiter. En effet les signes cliniques pour certaines maladies sont détectables plusieurs jours après le début effectif de la pathologie, comme l'hyperthermie chez les bovins dont le premier signe clinique, la toux, est visible après 64h (Timsit et al, 2010). Il s'agit ainsi de traiter après avoir détecté les signes et non pas de les prévenir ou les prédire.

#### **2.1.1. Evaluer l'état corporel par imagerie 3D**

Une des méthodes principales évaluant l'état corporel des animaux est l'utilisation de la Note d'Etat Corporel (NEC) établie par exemple chez les bovins laitiers par Edmonson (Edmonson et al, 1989). La NEC est une estimation par palpitations de l'état d'engraissement de l'animal, noté de 1 à 5 : 1 correspondant à un animal très maigre et 5 à un animal en surpoids. Dans un cas de sous-alimentation ou suralimentation la santé de l'animal est en jeu, impliquant une atteinte à son bien-être.

En élevage de précision l'imagerie 3D s'est révélée être une méthode efficace pour évaluer la NEC chez la vache laitière Holstein (Fischer et al, 2015). Aujourd'hui des caméras et capteurs permettent de donner une image 3D de l'animal afin d'évaluer leur état corporel et ces mesures

peuvent être automatisées. Par exemple l'entreprise Delaval propose aux exploitations bovines la Caméra BCS placée à la sortie d'une porte intelligente qui fournit une NEC et envoie des notifications aux éleveurs lors d'une variation trop importante de l'état d'engraissement, notamment lors des périodes sensibles comme la lactation. Ainsi l'éleveur détecte les problèmes de sous-alimentation et peut intervenir rapidement pour traiter l'animal.

### **2.1.2. Surveiller la température et le pH**

Chez les ruminants, la température et le pH du rumen peuvent être mesurés grâce à un bolus ruminal. Les variations de températures se sont révélées efficaces pour détecter des troubles de la santé tels que la fièvre ou encore une mammite et permettent à l'éleveur d'intervenir (Bareille et al, 2014).

Egalement la détection d'un pH en dessous de 6 est un indicateur d'acidose sub-clinique et en dessous de 5,5 d'acidose aiguë (Russell et Hino, 1985).

Ces paramètres permettent alors de vérifier l'état sanitaire de l'animal, de détecter des troubles sanitaires sur lesquels peut agir l'éleveur.

### **2.1.3. Analyser la composition du lait en élevage laitier**

Les analyses de la quantité, la composition et la qualité du lait donnent des indicateurs sur l'alimentation de l'animal et sur la présence de maladies telle que la mammite ou la cétose. En effet chez les animaux atteints de mammites on observe dans la composition du lait une activité des lactate déshydrogénase (LDH) 10 fois plus élevée que dans un lait de composition normale. Ainsi une variation forte de l'activité de ces enzymes dans le lait permet de déceler des cas de mammites chez l'individu (Bogin et Ziv, 1973). Egalement la cétose, voire les différents types de cétooses peuvent être indiqués via une augmentation de Bêta-Hydroxybutyrate dans le lait (Oetzel, 2007).

Ainsi une analyse automatisée lors de la traite des animaux peut signaler à l'éleveur une composition du lait anormale et le prévenir en cas de possible maladie qu'il peut ainsi traiter précocement.

### **2.1.4. Détecter les boiteries**

Les boiteries chez un animal sont indicatrices de blessures et ont un impact sur les traumatismes liés aux déplacements, les temps de couchage, l'alimentation et ainsi le bien-être de l'animal. Elles peuvent être indicatrices de carences en minéraux, d'acidose du rumen, d'habitat trop humide et peu aéré et du manque d'observation de l'éleveur (Bareille et Roussel, 2011).

Une évaluation des boiteries a été proposée par Sprecher et son équipe en 1996 sur une note comprise entre 1 (pas de boiterie) et 5 (boiterie sévère). Une étude a alors utilisé cette notation et l'a mise en lien avec l'activité d'un animal mesurée par un accéléromètre fixé sur sa patte (Thorup et al, 2015). Il s'est révélé qu'une vache au stade de boiterie le plus élevé passe 40 minutes de plus couchée et marche 6 minutes de moins en une journée qu'une vache à un stade normal. Ainsi, via des signaux envoyés à l'éleveur par l'accéléromètre, l'éleveur peut détecter un animal en stade de boiterie avancé en bâtiment ou au pâturage et peut intervenir directement pour traiter le soigner et déceler la cause.

### **2.1.5. Enregistrer les vocalisations**

Plusieurs projets ont permis de corréler les vocalisations enregistrées avec le niveau de bien-être de l'animal, que ce soit chez le porc (Moi et al, 2015) et chez la vache (Meen et al, 2015). L'analyse des sons s'est révélée très utile à la détection d'une dégradation du bien-être de l'animal, le son variant en fonction du type et de la durée de stress. Ainsi grâce à ces enregistrements l'éleveur peut détecter un mal-être chez l'animal et peut observer plus finement l'individu afin de potentiellement détecter les facteurs à l'origine de ce mal-être.

## **2.2. Prévenir la dégradation du bien-être animal**

Les méthodes préventives sont des méthodes destinées à prévenir une dégradation du bien-être animal. Ces méthodes permettent d'éviter au mieux cette dégradation.

### **2.2.1. Automatiser et individualiser la distribution des ressources**

Comme décrit précédemment les ressources alimentaires et en eau disponible pour l'animal font partie des critères qui doivent être pris en compte dans l'évaluation du bien-être animal. Une sous-alimentation ou un sous-abreuvement peuvent amener à des maladies, des souffrances et du stress chez l'animal. Ainsi il est nécessaire de garantir au troupeau une disponibilité en ressource suffisante que ce soit en bâtiment ou au pâturage.

Les méthodes préventives s'appliqueront surtout en bâtiment pour ce contrôle des ressources. Les animaux peuvent être équipés d'une identification électronique sous forme de boucle qui sera lue par des distributeurs d'aliments, comme les stations d'alimentations FSC40 Delaval pour les vaches ou la station Fidos de Roxell pour les porcs. Ainsi en fonction des données récupérées sur d'autres équipements automatisés (robot de traite, balances de pesées etc.) les aliments peuvent être distribués individuellement, chaque ration est individualisée et l'animal peut venir consommer sa ration quand il le souhaite, à n'importe quel moment de la journée. Cela apporte alors un confort à l'animal qui, étant seul sur sa ration, n'a pas à faire face à des compétitions alimentaires lors de la distribution d'aliments et subvient à ses besoins primaires de façon adéquate.

### **2.2.2. Eviter les manipulations invasives**

Comme explicité précédemment en première partie les manipulations de l'homme peuvent amener un stress chez l'animal, une méfiance vis à vis de l'homme

et ainsi à une dégradation de la relation homme-animal. Ces manipulations portant atteintes à l'animal physiquement ou mentalement, tels que les déplacements nécessitant parfois l'usage de la force ou les pesées et autres mesures nécessitant une contention, dégradent la relation entre l'homme et l'animal et impactent sur le bien-être des deux parties.

#### **2.2.2.1. L'imagerie 3D**

L'imagerie 3D utilisée pour évaluer la Note d'Etat Corporel fonctionne avec des caméras et capteurs indépendants de l'homme ou simplement tenus par l'homme comme le BODYMAT M de la société Ingenera, qui comprend une perche présentant les capteurs nécessaires et connecté à un téléphone possédant une application associée. Ainsi l'utilisation de ces outils, en évitant des manipulations désagréables pour l'animal et en assurant un contention minimale permet de limiter des interactions potentiellement négatives entre l'éleveur et ses animaux.

#### **2.2.2.2. Utiliser l'identification électronique pour automatiser**

Les équipements associés à l'identification électronique réalisent automatiquement diverses mesures nécessitant normalement la manipulation de l'homme. Par exemple un robot de traite identifie la vache laitière, la pèse et la traite automatiquement. Il existe également des équipements facilitant le tri des animaux comme le système AutoSelect du groupe GEA via lecture de boucle et ouverture de porte intelligente selon le tri choisit par l'éleveur. Ainsi les manipulations liées aux mesures et aux déplacements des animaux qui peuvent apeurer l'animal, le placer en situation de stress vis à vis de l'homme, sont évitées. En France en 2016 environ 4000 élevages de bovins laitiers ont équipé leurs animaux d'identifiants électroniques (Deleau et Ferard, 2017).



### **2.2.3. Contrôler l'environnement en bâtiment**

L'habitat de l'animal conditionne son confort et sa santé par l'humidité, la température et l'aération ambiantes. En élevage de précision ces paramètres peuvent être contrôlés via des boîtiers connectés aux éclairages, aux ventilations et aux réchauffement et rafraîchissement, tels que le boîtier de contrôle BSC proposé par Delaval. Les paramètres sont établis par l'éleveur, de sorte à atteindre l'Index d'Humidité et de Température idéal pour son élevage, en fonction des espèces. Ce système apporte alors un confort aux animaux en bâtiments, limite les risques de stress thermique, de développement de pathogènes liés à l'humidité, les risques de maladies telle que la Pasteurellose liée à la ventilation et l'humidité (Abadie et Thiery, 2006) et protège des conditions climatiques extérieures.

### **2.3. Prédire une dégradation du bien-être animal**

En élevage de précision les méthodes prédictives consistent à prévenir la dégradation du mal-être en combinant l'analyse de plusieurs facteurs en même temps, que ce soit des facteurs physiques, physiologiques ou comportementaux. Si les données prédisent une dégradation du bien-être de l'animal l'éleveur peut intervenir avant l'expression de cette dégradation chez l'animal.

#### **2.3.1. L'état corporel**

Des pesées régulières permettent un suivi du poids de l'animal et ainsi révèlent des variations de poids anormales sur une période donnée et selon les stades physiologiques de l'animal. L'automatisation de ces pesées est possible via les robots de traite ou encore les systèmes de tri des animaux exposés précédemment. Mais il existe également des équipements réservés exclusivement aux pesées automatiques comme le PigScale, MS proposé par Schippers pesant les porcelets. Ce pèse-porcelet est disposé au

sein de la case des animaux, ils peuvent y aller librement et se faire peser. La donnée est enregistrée grâce à l'identification électronique des porcelets, permettant un suivi individuel du poids de chaque animal. Ainsi l'éleveur peut observer facilement les variations de poids sans entrer en contact avec l'animal. Lorsqu'il estime qu'une variation est signe de début de dégradation de mal-être il va pouvoir intervenir avant que cela n'ait d'impacts sur la santé et le comportement de l'animal.

Il en va de même avec l'utilisation de l'imagerie 3D pour évaluer les variations de l'état corporel d'un animal. Aujourd'hui une étude se penche également sur l'utilisation de l'imagerie 3D pour peser les porcs, ne nécessitant alors aucune contention de l'animal (Rousselière et Marcon, 2017)

#### **2.3.2. La température et le pH**

Les anomalies liées au pH peuvent être détectées via le bolus ruminal. Ces variations peuvent par exemple prédire des potentiels problèmes d'acidose lorsque le pH est en baisse et descend en dessous de 6, pouvant amener à une acidose sub-chronique. Le bolus peut alors être utilisé pour détecter le trouble s'il est déjà apparu ou pour le prédire grâce aux enregistrements quotidiens.

#### **2.3.3. L'activité de l'animal**

Les accéléromètres sont des capteurs d'activité enregistrant l'accélération de l'animal, mais aussi la gravité, les vibrations et les déplacements angulaires (Ramonet et Bertin, 2015).

Chez la truie ils ont été testés sur la patte, sur l'oreille ou sur des colliers autour du cou (Ringgenberg et al, 2010 ; Marchioro et al, 2011 ; Cornou et Lundbye-Christensen, 2008). Les enregistrements fournissent des données sur la durée d'ingestion, la fréquence d'abreuvement, et également des données comportementales comme la fouille chez la truie ou encore la distinction entre un couché ventral et latéral. Chez la vache l'accéléromètre a été testé sur la patte

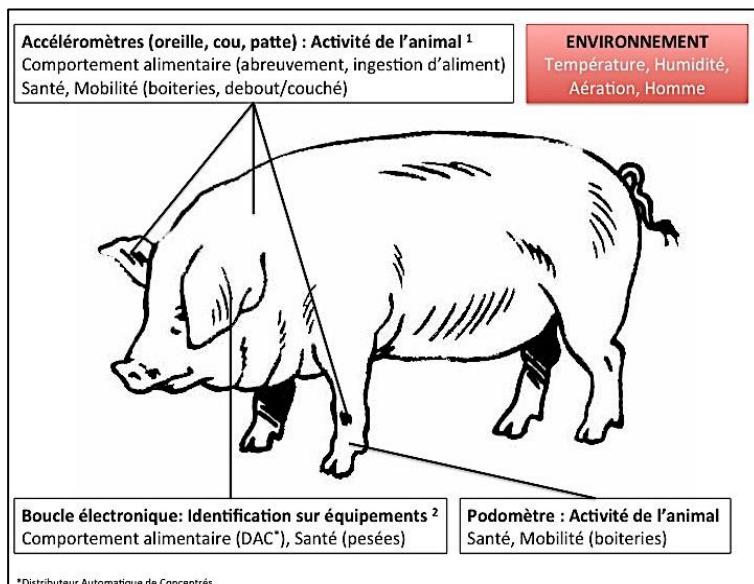
ou le cou pour la détection des chaleurs (Løvendahl et Chagunda, 2010), ainsi que les durées d'ingestion, de rumination et fréquences d'abreuvement (Allain et al, 2015).

Les résultats sont retransmis sur un serveur et lisibles par l'éleveur. Il peut également recevoir des SMS d'alerte en cas d'activité comportementale, d'ingestion ou d'abreuvement anormaux de l'animal, permettant ainsi une détection des troubles et de la dégradation du bien-être de l'animal (Deleau et Ferard, 2017). L'ensemble de ces capteurs appliqués à un animal participe à une méthode prédictive en élevage de précision permettant à l'éleveur d'évaluer quotidiennement la physiologie, la santé et le comportement de l'animal, de détecter le moindre écart vis à vis d'une situation de bien-être maximal et de lui permettre d'intervenir en amont, avant qu'une situation d'inconfort, de stress, de douleur, de faim, de soif ne soit vécue par l'animal. Cette méthode d'élevage de précision participe activement au bien-être de l'animal en élevage car intervient dès le début de dégradation de ce bien-être (Figures 1 et 2).

### 3. UNE PRATICITE QUI FAIT FACE A SES LIMITES, EN DEFAVEUR DU BIEN-ÊTRE ANIMAL

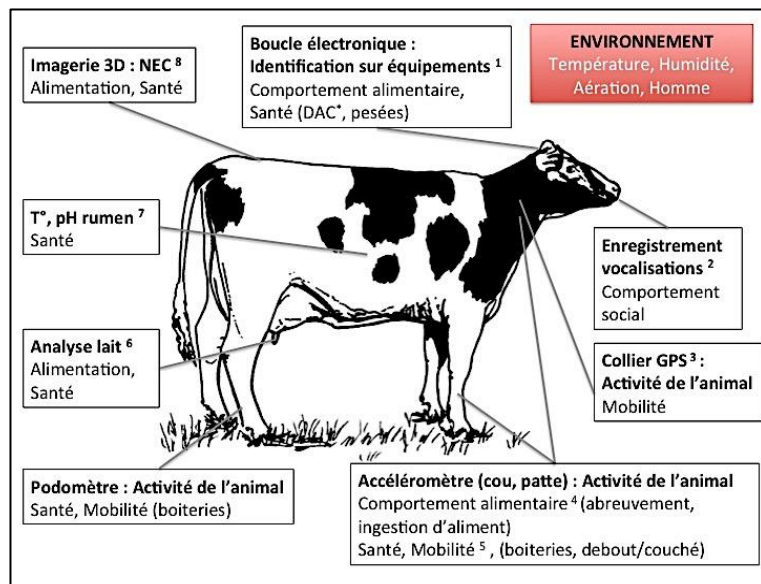
Les méthodes utilisées en élevage de précision ont pour but d'apporter un soutien à l'éleveur. Par exemple un gain de temps en le remplaçant dans son travail, en l'alertant de situations anormales. Ou une sécurité en limitant les manipulations invasives et dangereuses avec les animaux. Ou encore un contrôle de son exploitation depuis une interface simple (Smartphone, ordinateur etc.).

Ainsi elles apportent un traitement plus efficace du troupeau et une meilleure productivité par animal. A une échelle mondiale, les agriculteurs s'équipent de plus en plus d'objets connectés. A titre d'exemple en 2015 en France, plus de 40% d'entre eux possédaient un Smartphone (BVA et Tic-Agri, 2015). Il est estimé un nombre d'objets connectés en agriculture de l'ordre de 100 millions en 2022 à l'échelle de la France (Deleau et Ferard, 2017).



<sup>1</sup> Ringgenberg et al, 2010; Marchioro et al, 2011; Cornou et Lundbye-Christensen, 2008. <sup>2</sup> Roxell : Fidos (DAC); MS PigScale

Figure 1 – Paramètres suivis en élevage de précision pour le bien-être du porc



<sup>1</sup> DeLaval, FSC40 (DAC). <sup>2</sup> Meen et al, 2015. <sup>3</sup> McSweeney et al, 2015. <sup>4</sup> Allain et al, 2015. <sup>5</sup> Thorup et al, 2015. <sup>6</sup> Bogin et Ziv, 1973; Oetzel 2007. <sup>7</sup> Bareille et al, 2014; Russel et Hino, 1985. <sup>8</sup> DeLaval, Caméra BSC.

Figure 2 – Paramètres suivis en élevage de précision pour le bien-être de la vache laitière

En 2014 sur un sondage de 474 votants, un tiers des éleveurs bovins étaient équipés en objets connectés et 12% d'entre eux réfléchissaient à en utiliser (Deleau et Ferard, 2017). Cependant la recherche de temps et de productivité a un coût, matériel mais aussi social que ce soit vis à vis de l'animal, de son environnement, et de la relation entre l'homme et l'animal.

### **3.1. Un accès au pâturage limité**

Les outils permettant un contrôle de l'environnement de l'animal, un contrôle de la température, l'humidité et l'aération ne sont applicables qu'en bâtiment d'élevages. De plus les équipements automatisés tels que la distribution automatisée d'aliments, les robots de traite, les équipements de pesées automatiques et d'imagerie 3D ne sont présents que sur l'exploitation et ne peuvent accompagner l'animal en pâturage et en transhumance. Il est donc plus difficile d'évaluer la santé et l'environnement de l'animal au pâturage. L'observation de l'homme reste primordiale. En transhumance, un berger crée un circuit de parcours au cours duquel il propose un ou deux « repas » au troupeau. Il utilise des « relances d'appétit » pour motiver leur appétit, construit un circuit selon un enchaînement de secteurs de pâturage sur lequel sont guidés les animaux (Meuret, 2014).

Au pâturage l'élevage de précision tente de trouver des outils remplaçant l'homme et lui allégeant ainsi le temps de travail. Des colliers GPS permettent de localiser les animaux au pâturage mais en appliquer à tout le troupeau reste peu envisageable pour les éleveurs (Deleau et Ferard, 2017). Ces colliers sont également utilisés pour la réalisation de clôtures virtuelles. Leur fiabilité a été étudiée sur des bovins en pâturage (McSweeney et al, 2015). Le dispositif consiste en un collier GPS localisant l'animal, émettant un premier son à l'approche de la limite virtuelle programmée dans le GPS, et un deuxième son accompagné d'une décharge au franchissement de cette limite. Il s'agit alors

d'apprendre à l'animal l'existence d'une limite non visible. Cependant il s'est révélé que le son entendu par la vache à la limite est également entendu par une vache à proximité, bien qu'elle soit plus éloignée de la limite. L'autre animal pense alors être proche de la limite et n'avance plus, induisant un stress supplémentaire. Une comparaison entre l'activité avec clôture non virtuelle et virtuelle a montré une diminution de l'activité de pâturage (62% pour une vache en parc avec limite non virtuelle contre 35% avec une clôture virtuelle), ainsi qu'une augmentation de l'inactivité (l'animal reste debout et inactif 8% de la journée dans un parc clôturé non virtuellement et 22% dans un parc avec clôture virtuelle). Ainsi les clôtures virtuelles ne semblent pas efficaces et modifient le comportement des animaux, les placent dans une situation à laquelle ils ne peuvent s'adapter, induisant un stress.

De plus le pâturage sans clôtures physiques n'empêche pas l'entrée dans le parc d'animaux étrangers et ne fait pas face à la prédation. Aujourd'hui la prédation représente le premier problème auquel sont confrontés les éleveurs de ruminants en systèmes d'élevages pastoraux. Au sein de ces systèmes, entre 2009 et 2014, les victimes liées à la prédation du loup se sont multipliées par 2,6. 88% des pertes sont localisées sur les départements alpins (AFP, 2015).

La volonté de vouloir remplacer l'homme et lui faire gagner du temps via l'utilisation de nouveaux outils technologiques dans un premier temps peut alors également impacter négativement sur le bien-être du troupeau. Dans un deuxième temps les méthodes en élevage de précision ne sont pas adaptées à des systèmes d'élevages extensifs, et favorisent alors la concentration des animaux en bâtiments afin d'avoir un meilleur contrôle sur leur santé et leur environnement, mais pouvant impacter sur leurs comportements « normaux » évoqués par le Farm Welfare Concil (1992).

### **3.2. Un coût élevé pour des outils peu fiables**

Le coût des outils en élevage de précision est facilement évaluable. Par exemple dans le cas de détection des chaleurs chez les vaches laitières il faut compter environs 20€ par vache par an dans des grands troupeaux (plus de 120 vaches) et 60€ dans des petits troupeaux (60 vaches) (Courties, 2014).

Cependant les bénéfices vont dépendre principalement de la sensibilité des capteurs et de leur efficacité et sont alors peu évidents à estimer pour l'éleveur. Dans le cas de l'exemple précédent les bénéfices n'apparaissent qu'à compter de la 5<sup>ème</sup> année pour les grands troupeaux et dans les petits troupeaux sous réserve que la sensibilité, l'aptitude à détecter toutes les vaches en chaleur, soit améliorée de 30% à 40% (Courties, 2014). Il est alors difficile pour un éleveur de se rendre compte des bénéfices (financiers, organisationnels, temps travaillé, pénibilité du travail, ...) que pourraient lui apporter l'utilisation de ces nouvelles technologiques si leur travail est aussi performant.

De plus selon les outils utilisés la sensibilité et la fiabilité varient. Pour la détection des chaleurs un accéléromètre a une sensibilité entre 59 et 83% et une fiabilité, soit une aptitude à limiter les fausses alertes envoyées à l'éleveur par le dispositif, entre 80 et 94%, tandis qu'un détecteur électronique de chevauchement sous forme de capteur de pression sur la croupe de l'animal aura une sensibilité entre 69% et 92% pour une fiabilité entre 96 et 100% (Allain et al, 2012). Pour autre exemple le thermobulus enregistrant la température rectale de l'animal ne s'est pas montré efficace pour la détection de troubles de santé sauf pour les mammites où 57% des alertes étaient associées à ce trouble. Il en advient ainsi des alertes à répétition, souvent sous forme de SMS envoyés à l'éleveur, qui ne rendent pas compte d'un vrai trouble et font perdre du temps à l'éleveur qui se doit vérifier si l'animal a besoin de son intervention ou non.

Le matériel étant onéreux et pouvant manquer de sensibilité et fiabilité, ces deux facteurs étant d'autant plus élevés que le coût du dispositif est cher, l'éleveur doit calculer si le retour sur investissement sera suffisant et combien de temps il prendra. Une étude économique sur l'exploitation sera alors à réaliser et peut être contraignant pour l'éleveur.

### **3.3. Impacts sur la relation homme-animal**

La promesse du temps de travail économisé par les outils numériques permettrait de réinvestir du temps dans la relation entre l'homme et ses animaux : via des observations et/ou des contacts agréables avec l'animal. Le temps économisé peut également être réinvesti dans toutes autres activités ou dans la vie familiale. Les éleveurs peuvent s'appuyer sur l'automatisation et les alertes pour ne plus avoir à observer et surveiller leurs animaux. Ceci peut alors aller jusqu'à un « désinvestissement dans les savoir-faire pratiques » liés aux observations (Allain et al, 2014).

Cependant grâce au suivi précis des animaux les éleveurs s'intéressent alors à leurs paramètres biologiques et comportementaux, suivent quotidiennement leur état physique, physiologique et psychique et en apprennent plus sur leur troupeau. Mais un suivi individuel reste difficile dans une exploitation recherchant par le biais de l'élevage de précision la productivité maximale et qui multiplie les effectifs de son troupeau grâce à l'automatisation (Allain et Hostiou, 2016).

Enfin dans les systèmes extensifs la substitution de l'homme par des modèles informatisés semble peu évidente car l'homme par sa « capacité de jugement et de décision d'ajustement » et ses expériences présente un savoir-faire complexe, encore incomparable face à ces modèles (Meuret et al, 2015).

#### 4. DISCUSSION

L'élevage de précision englobe l'utilisation d'un ensemble d'outils technologiques dont les méthodologies peuvent être complémentaires, allant de l'aide à la prise de décision pour des interventions ciblées, individuelles et ponctuelles jusqu'au remplacement des interventions humaines par le développement de l'automatisation. Ces méthodes ont des objectifs variés allant de l'allègement de la pénibilité de certaines tâches à l'amélioration de la productivité par unité de moyens temporels et/ou financiers. D'une manière générale ces objectifs peuvent être liés directement au bien-être de l'animal d'élevage via une précocité d'intervention en cas de troubles chroniques ou aigus ; ou indirectement via l'accumulation et la valorisation pour l'éleveur de connaissances individuelles précises d'ordre physiologique et comportementale.

Ce gain de moyens, effectif ou espéré, peut alors être réinvesti dans l'entretien de la relation homme-animal pour l'améliorer durablement, un phénomène indispensable à la définition du bien-être des animaux d'élevage.

Cependant le développement de ces outils implique des coûts mais également de nouvelles tâches dans le quotidien de l'éleveur qui sont liées à l'apprentissage de leur utilisation, leur entretien ainsi que la compréhension des données enregistrées par les capteurs et leur interprétation (Allain et Hostiou, 2016).

L'investissement dans cette relation homme-machine peut alors s'effectuer au détriment de la relation homme-animal précédemment évoquée. L'élevage de précision pourrait ne constituer qu'une interface opaque entre l'éleveur et ses animaux, favorisant la déconnexion d'objectifs liés au bien-être au profit de notions d'avantage liées à la productivité et au gain de temps. Dans son développement actuel, l'élevage de précision s'effectue à double vitesse entre d'une part les systèmes d'élevages en bâtiments et d'autre part les

systèmes d'élevages extensifs qui en seraient le parent pauvre.

Alors qu'aujourd'hui l'élevage de précision a pour application principale le soutien voire la substitution des tâches manuelles ou observationnelles de l'homme, lui laissant encore la décision dans l'établissement des paramètres de chaque outil, quels vont être les impacts du développement exponentiel de l'intelligence artificielle ? Définie en 2007 par John McCarthy comme « la science et l'ingénierie de rendre les machines intelligentes », elle permet aux outils de reconnaître et analyser de nouvelles données, d'acquérir une expérience, d'enrichir leur algorithme et de prendre une décision personnalisée en fonction des événements (Lecocq, 2017). Ainsi, l'intelligence artificielle serait capable de remplacer l'homme dans son travail, non seulement sur un aspect purement manuel, mais également sur l'ensemble des aspects décisionnels qui font le cœur de ce métier. Dans les années à venir jusqu'à quel degré cet élevage de précision intelligent pourrait se substituer à l'intelligence de l'homme et à son savoir-faire ? Quels seront ses impacts sur le maintien et l'amélioration des relations entre l'homme et l'animal, êtres sensibles ?

#### REFERENCES

Abadie G., Thiery R., 2006. Pasteurelloses des petits ruminants : actualité en matière de sérotypage de *Mannheimia haemolytica* et de *Pasteurella trehalosi*. Rev. Méd. Vét., 157, 11, 530-534.

Allain C., Thomas G., Chanvallon A., 2012. Détection automatisée des chaleurs en élevage bovin laitier : quel outil choisir ? Institut de l'Élevage. Collection l'Essentiel. 10 p.

Allain C., Chanvallon A., Clément P., Guatteo R., Bareille N., 2014. Élevage de précision : périmètre, applications et perspectives en élevage bovin. Renc. Rech. Ruminants, 21.

Allain C., Raynal J., Beck C., Delagarde R., Brocard V., 2015. Utilisation du Lifecorder+® pour évaluer le temps d'ingestion des vaches laitières au pâturage. Renc. Rech. Ruminants, 22.

Allain C., Hostiou N., 2016. Impacts socio-économiques de l'élevage de précision. Conférence Journée AFZ.

Association Française de Pastoralisme, 2015. Prédation par les loups et Pastoralisme. Pastum, 104, 3, 1154-4449.

Bareille N., Roussel P., 2011. Guide d'intervention pour la maîtrise des boîtes en troupeaux de vaches laitières. UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins. 111 p.

Bareille N., Videcoq L., Daviere J.B., Johan M., Godin S., Leyrat-Bousquet E., Lemonnier J.P., Lamy J.M., Chanvallon A., 2014. Détection des troubles de santé des vaches laitières par la mesure de leur température ruminale. Renc. Rech. Ruminants, 21.

Bogin E., Ziv G., 1973. Enzymes and minerals in normal and mastitic milk. Cornell Vet, 63, 666-676.

Boivin X., Bensoussan S., L'Hotellier N., Bignon L., Brives H., Brule A., Godet J., Grannec M-L., Hausberger M., Kling-Eveillard F., Tallet C., Courboulay V., 2012. Hommes et animaux d'élevage au travail : vers une approche pluridisciplinaire des pratiques relationnelles. Inra Prod. Anim., 25(2), 159-168.

Bryant M.J., Ewbank R., 1972. Some effects of stocking rate and group size upon agonistic behaviour in groups of growing pigs. The Br. Vet. J., 128(2), 64-70.

Broom D.M., 1986. Indicators of poor welfare. The Br. Vet. J., 142, 524.

BVA, Tic-Agri, 2015. Etude Agrinautes-Agrisureurs : Equipements et usages des agriculteurs sur internet. Terre-net Média.

Cornou C., Lundbye-Christensen S., 2008. Classifying sows' activity types from acceleration patterns – An application of the Multi-Process Kalman filter. Appl. Anim. Behav. Sci., 111, 262-273.

Courtis, R., 2014. Evaluation multicritère du rapport coûts/bénéfices de l'équipement en capteurs pour la détection automatisée des chaleurs en troupeau bovin laitier. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Vétérinaire Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique Oniris, 130 p.

Dawkins M.S., 1983. La souffrance animale : l'étude objective du bien-être animal. Editions du Point vétérinaire, Maisons-Alfort, 176 p.

DeLaval France. Camera BCS DeLaval – Mesure automatique de l'état corporel de vos vaches laitières.

Sur Internet: <http://www.delavalfrance.fr/-/Product-Information1/Management/Systems/DeLaval-body-condition-scoring-BCS/>

Date de dernière consultation : 26/11/2017

DeLaval France. Station d'alimentation FSC40 et FSC400 DeLaval.

Sur Internet : <http://www.delavalfrance.fr/-/Product-Information1/Feeding/Products/Distribution/feeding-stations/DeLaval-feed-stations-FSC40-and-FSC400/>

Date de dernière consultation : 26/11/2017.

DeLaval France. Boîtier de contrôle de l'environnement d'élevage BSC DeLaval.

Sur Internet: <http://www.delavalfrance.fr/-/Product-Information1/Barn-environment/Products/Ventilation/Control-units/Boitier-de-contrôle-de-lenvironnement-delevage-BSC-DeLaval/>

Date de dernière consultation : 26/11/2017.

Deleau D., Ferard A., 2017. Le numérique pour gérer son troupeau de Bovins. Conférence au Sommet de l'Elevage 2017. Arvalis Institut du végétal.

Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G., 1989. A body condition scoring chart for Holstein Dairy Cows. J. Dairy Sci., 72, 68-78.

Farm Animal Welfare Council, 1992. FAWC updates the five freedoms. Vet. Rec., 17, 357.

Fischer A., Luginbühl T., Delattre L., Delouard J.M., Faverdin P., 2015. Rear Shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows. J. Dairy Sci., 98, 4465-4476.

GEA. Sélection des animaux avec AutoSelect : tri automatique pour gestion des troupeaux.

Sur Internet : <http://www.gea.com/fr/products/animal-sorting-autoselect.jsp>

Date de dernière consultation : 26/11/2017.

Hemsworth P.H., Coleman G.J., Barnett J.L., 1994. Improving the attitude and behaviour of stockpersons toward pigs and the consequences on the behaviour and reproductive performance of commercial pigs. Appl. Anim. Behav. Sci., 39, 349-362.



- Hörning B., 2001. The Assessment of Housing Conditions of Dairy Cows in Littered Loose Housing Systems using Three Scoring Methods. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Anim. Sci.*, 51, 30, 42-47.
- Hughes B.O., 1976. Behaviour as an index of welfare. In *Proceedings of the fifth European Poultry Conference, Malte*, 1005 – 1018.
- Ingenera. BodyMat M series.  
Sur Internet: <http://www.ingenera.ch/product-page/bodymat-m-series>  
Date de dernière consultation : 26/11/2017.
- Johnson H.D., Ragsdale A.C., Berry I.L., Shanklin M.D., 1962. Effect of various temperature humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Miss. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 791.
- LCI, 1970. Patterns of transit losses. *Livestock Conservation, Inc. Omaha, NE*.
- Lecocq R., 2017. L'intelligence artificielle et l'agriculture. *Crédit Agricole. La lettre aux agriculteurs*, 4. Uni-éditions. 2 p.
- Le Dividich J., Rinaldo D., 1989. Effets de l'environnement thermique sur les performances du porc en croissance. *Journées Recherche Porcine en France*, 21, 219-230.
- Lindley J.A., Whitaker J.H., 1996. *Agricultural Buildings and Structures: Dairy Cattle Housing*. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA. 529-564.
- Lovendahl P., Chagunda M.G.G., 2010. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 93, 249-259.
- Manteca I Vilanova X., Smith A.J., 2014. Comportement, conduite et bien-être animal. *Quae. Agricultures tropicales en poches*, 224 p.
- Marchioro, G.F., C. Cornou, A.R. Kristensen & J. Madsen. 2011. Sows' activity classification device using acceleration data – A resource constrained approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 77, 110–117.
- McCarthy J., 2007. What is artificial intelligence ? *Computer Science Department. Stanford University*. 15 p.
- McSweeney D., Foley C., Halton P., Umstatter C., O'Brien B., 2015. Proof of concept for the feasibility of the "Virtual fence" technology for application in intensive grazing systems. *Conference Paper*, 7 p.
- Meen G.H., Schellekens M.A., Slegers M.H.M., Leenders N.L.G., Van Erp-van der Kooij E., Noldus L.P.J.J., 2015. Sound analysis in dairy cattle vocalisation as a potential welfare monitor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 111-115.
- Meunier-Salaün M.C., Vantrimponte M.N., Raab A., Dantzer R., 1987. Effect of floor area restriction upon performance, behavior and physiology of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 64(5), 1371-7.
- Meuret M., 2014. Des ressources fourragères à construire en tenant compte du point de vue de l'animal. *Espaces pastoraux, espaces de productions agricoles. Pastum hors-série*, Association Française de Pastoralisme et Cardère éditeur, 15-23.
- Meuret M., Tichit M., Hostiou N., 2015. Elevage et pâturage « de précision » : l'animal sous surveillance électronique. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA, Paris : Institut national de la recherche agronomique. Délégation permanente à l'environnement*, 2013, 63, pp.13-24.
- Moi M., Nääs I.A., Caldara F.R., Paz I.C.L.A., Garcia R.G., Cordeiro A.F.S., Seno L.O., 2015. Vocalization as a welfare indicative for pigs subjected to stress situations. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 67, 3, 837-2015.
- Mounaix B., Brule A., Boivin X., 2007. Les facteurs de variation de la relation homme-animal en élevage bovin. *Renc. Rech. Ruminants*, 14.
- MS Schippers. MS PigScale biggen weegschaal.  
Sur Internet: <https://www.schippers.nl/ms-pigscale-biggen-weegschaal-4309731.html>  
Date de dernière consultation : 26/11/2017.
- National Milk Producers Federation, 2013. *The National Dairy FARM Program : Farmers Assuring Responsible Management. Animal Care Reference Manual*, 78 p.
- Oetzel G.R., 2007. Herd level ketosis-diagnosis and risk factors. *Preconference seminar 7C : Dairy Herd Problem Investigation Strategies: Transition Cow Troubleshooting*, 40th Annual conference, september 19, Vancouver, BC, Canada.
- Ramonet Y., Bertin C., 2015. Utilisation d'accéléromètres pour évaluer l'activité physique des truies gestantes logées en groupes. *Chambre d'Agriculture de Bretagne*, 12 p.
- Ringgenberg N., Bergeron R., Devillers N., 2010. Validation of accelerometers to automatically record sow postures and stepping behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 128, 7–44.
- Rousselière Y., Marcon M., 2017. *Bilan 2016. Editions IFIP*, p. 89.

Roxell. Fidos : Station d'alimentation électronique pour truies.

Sur Internet :  
<http://www.roxell.com/fr/systems/Pigs/Sows/Fidos/>

Date de dernière consultation : 28/11/2017.

Russell J.B., Hino T., 1985. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. J. Dairy Sci., 68, 1712-1721.

Sprecher D.J., Hostetler D.E., Kaneene J.B., 1996. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology, 47, 1179-1187.

Thorup V.M., Munksgaard L., Robert P-E., Erhard H.W., Thomsen P.T., Friggens N.C., 2015. Lameness detection via leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. Animal, 9, 1704-1712.

Timsit E., Assié S., Quiniou R., Seegers H., Bareille N., 2010. Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. Vet. J., 190, 136-142.

Veissier I., Botreau R., Perny P., 2010. Evaluation multicritère appliquée au bien-être des animaux en ferme ou à l'abattoir : difficultés et solutions du projet Welfare Quality®. Inra Prod. Anim., 23(3), 269-284.

Verstegen M. W. A., Van Der Hel W. 1976. Energy balances in groups of pigs in relation to air velocity and ambient temperature. Energy Metabolism of Farm Animals, 347-350. European Association for Animal Production, 19.

Watts J.M., Stookey J.M., 2000. Vocal behaviour in cattle : the animal's commentary on its biological processes and welfare. Appl. Anim. Behav. Sci., 67, 15-33.