

➤ Elevage et Numérique

Ludovic BROSSARD
INRAE – UMR PEGASE
ludovic.brossard@inrae.fr

05/05/2022



1

➤ Plan

- Contexte de l'élevage et du numérique
- Définitions (agriculture et élevage de précision) et principes
- Enjeux et attendus
- Etat des lieux et applications
- Atouts, risques, acceptabilité
- Perspectives



2

➤ Défis de l'élevage actuel

- Quels sont selon vous les défis rencontrés par l'élevage actuel ?



3

➤ Défis de l'élevage actuel

- Contexte économique et politique changeant
- Croissance de la demande en produits et de la taille des élevages



4

➤ Contexte économique

Un contexte économique changeant → anticiper, adapter les décisions

- Quotas → Contractualisation des livraisons et de la qualité
- Volatilité des prix → flexibilité des décisions
- Traçabilité des animaux et des circuits



5

➤ Contexte économique et structurel

Croissance de la demande en produits animaux (au niveau mondial)

Intensification de la production

- Evolution des structures = + d'animaux / éleveur → moins de temps dispo / animal
- Augmentation de la productivité du travail (L lait ou nb Ax /UTA)
- pathologies, pb de reproduction et du bien-être animal



- Besoins d'outils pour aider les éleveurs à la surveillance



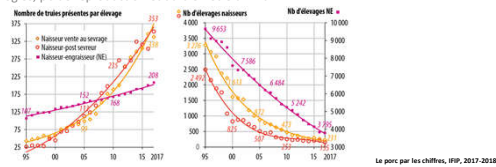
Alain C., Idéto, 2020

6

Contexte économique et structurel

Croissance de la demande en produits animaux (au niveau mondial)

- Intensification de la production
- Evolution des structures = + d'animaux / éleveur → moins de temps dispo / animal
- Augmentation de la productivité du travail (L lait ou nb Ax / UTA)
- pathologies, pb de reproduction et du bien-être animal



Besoins d'outils pour aider les éleveurs à la surveillance

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

7

Défis de l'élevage actuel

- Contexte économique et politique changeant
- Croissance de la demande en produits et de la taille des élevages
- Concurrence d'une production étrangère avec des réglementations différentes
- Impact environnemental

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

8

Impact environnemental

L'élevage est ciblé pour son impact environnemental

- GES liés à l'élevage
 - 14% des GES d'origine humaine à l'échelle mondiale
 - 10% des GES d'origine humaine à l'échelle européenne (+ production hors UE pour aliments et engrais) et 86% des GES liés à l'activité agricole
- Emissions liées au changement d'affectation des sols, la production des aliments pour animaux, et l'énergie requise pour cette production et l'épandage des déjections



Peyraud, 2020

9

Impact environnemental

Très variable entre espèces et ≠ lait / viande / œuf

Des voies de progrès nombreuses

- Production aliments avec 7 pâturage et légumineuses
- Gestion des effluents (collecte, stockage, épandage)
- Gestion du troupeau (efficacité de production)
- Amélioration santé animale
- Réduction CH4 entérique (sélection, additifs)
- Alimentation de précision (efficacité alimentaire)

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Peyraud, 2020

10

Défis de l'élevage actuel

- Contexte économique et politique changeant
- Croissance de la demande en produits et de la taille des élevages
- Concurrence d'une production étrangère avec des réglementations différentes
- Impact environnemental
- Bien-être animal
- Sécurité sanitaire
- Contexte sociétal vis-à-vis de l'élevage, perte de confiance du consommateur

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

11

Contexte sociétal



Allain C., Idelle, 2020

De nouvelles demandes des consommateurs et de la société auxquelles il faut répondre

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

12

➤ Un numérique en plein essor

Big Data



- Les 4 (ou 5) V du big data :
 - ✓ Valeur
 - ✓ Vitesse
 - ✓ Variété
 - ✓ Volume
 - ✓ Véracité
- Nb de données/j : 25 milliards de milliards
- Nb données en 2014 = Nb données au 20^{ème} siècle

Alain C., Male, 2020

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

19

➤ Un numérique en plein essor

Intelligence artificielle



- Autres applications:
- Traitement individualisé des cancers
 - Découverte de gènes
 - Aide à la personne
 - ...

<https://www.fabernovel.com/fr/article/tech/ia-pour-les-muls>

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

20

➤ Définition(s) de l'agriculture / élevage de précision

Utilisation coordonnée

- d'automates et de capteurs pour mesurer des paramètres relatifs aux animaux ou aux bâtiments d'élevage / environnement / cultures...,
- et de Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) pour échanger, transformer, stocker et restituer ces informations

Hostiou et al., 2016

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

21

➤ Définition(s) de l'agriculture / élevage de précision

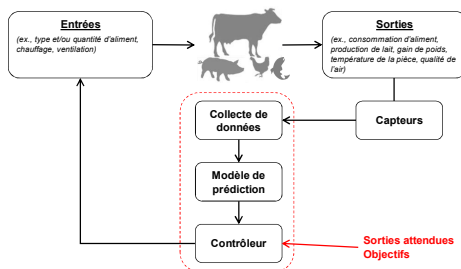
"Management of livestock production systems using the principles and technology of process engineering"
(Wathes et al., 2008)

1. Monitoring continu des réponses ou sorties
2. Modèles mathématiques prédisant les sorties à partir des entrées
3. Les sorties/réponses attendues
4. Un mécanisme pour contrôler les entrées

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

22

➤ Principe général de l'élevage de précision

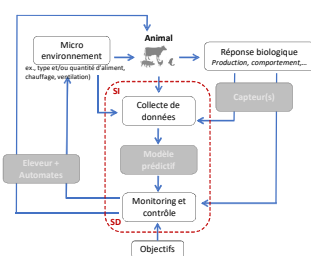


INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Wathes et al., 2008

23

➤ Principe général de l'élevage de précision



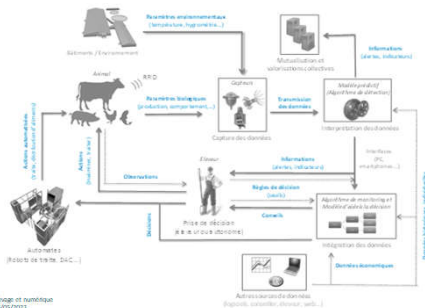
- Variables animales ou environnementales mesurées par des capteurs à haute fréquence
- Modèle prédictif fiable de la réponse de l'animal aux conditions environnementales
- Algorithme intégrant les données prédictives et les variables
- Production d'alertes à destination de l'éleveur
- Place centrale du système d'information

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Aerts, 2003
Berckmans, 2004
Wathes, 2007

24

Principe général de l'élevage de précision

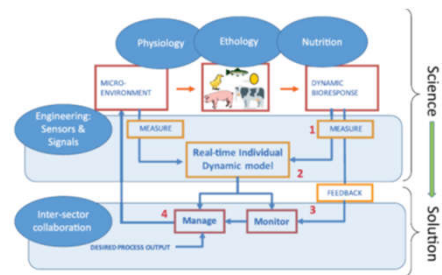


INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 05/05/2022

Faverdin et al., 2020

25

Une interaction entre disciplines



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 05/05/2022

Norton et al., 2019

26

Enjeux et attendus

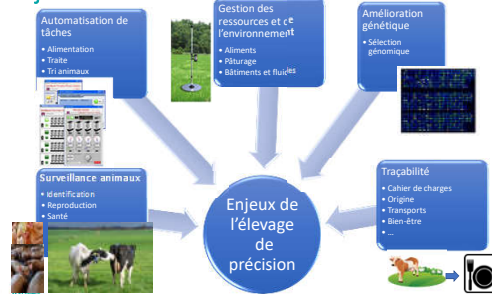
- Quels sont selon vous les enjeux et attendus de l'élevage de précision ?



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 05/05/2022

27

Enjeux et attendus



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 05/05/2022

Faverdin et al., 2020

28

Surveillance et diagnostics des animaux

- Identification**
 - Nécessaire pour la gestion individuelle, la traçabilité
 - Codes barres → puces RFID
- Reproduction**
 - Un des secteurs de monitoring où les outils les plus nombreux, souvent en lien avec l'activité, le comportement
 - Important pour la gestion des troupeaux et la réduction des traitements hormonaux

INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 05/05/2022

29

Surveillance et diagnostics des animaux

- Santé**
 - Très complexe du fait de la diversité des troubles sanitaires, des symptômes / caractères touchés (métaboliques, respiratoires, locomoteurs, de production, de comportement...), de leur sévérité...
- Des systèmes pour une détection précoce, des alertes spécifiques pour aider à réduire les traitements (antimicrobiens) et améliorer le bien-être animal

INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 05/05/2022

30

➤ Automatisation des tâches

- Des apports dans plusieurs dimensions de l'élevage
- En termes de travail
 - Délégation de la traite, de l'alimentation, de l'entretien / nettoyage des bâtiments ...
 - Réduction du temps de travail et d'acquisition de l'information
- Gestion individualisée → prise en compte de la diversité individuelle
 - Traite de précision → identification, pesée, analyse lait, repro, santé...
 - Amélioration de l'efficacité alimentaire par l'alimentation de précision → meilleure utilisation des ressources, réduction émissions

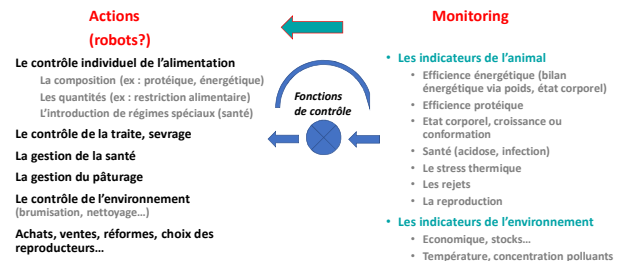
➤ Gestion des ressources et des bâtiments

- Enjeu fort sur le plan environnemental sur les énergies fossiles, les ressources alimentaires (concurrence feed-food-fuel) et l'impact environnemental
- Enjeu économique (ex. Aliment = 60-70% des frais d'élevage)
- Apport pour la gestion
 - Des aliments (silos, stocks, fabrication...)
 - De l'eau (mesure, détection fuites, alerte sur état animaux)
 - Du pâturage : estimation biomasse herbe, pilotage, aide au pastoralisme
 - De l'ambiance des bâtiments (température, hygrométrie, consommation énergie, particules fines, gaz...)

➤ Gestion de l'élevage

- L'ensemble des points précédents aide à la gestion de l'élevage
- Systèmes d'aide à la conduite du troupeau
 - Tableau de bord avec des indicateurs (partageant l'information avec les conseillers ?)
 - Anticipation, simulation, adaptation de la conduite

➤ Mieux coupler information et décisions + actions dans l'élevage de précision



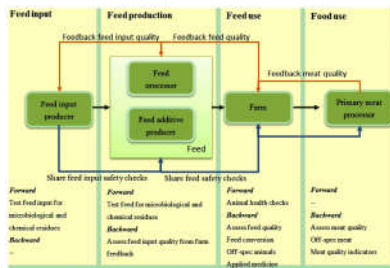
➤ Phénotypage haut-débit et amélioration génétique

- Avec l'élevage de précision, caractérisation plus fine d'un plus grand nombre d'animaux, et plus fréquemment
 - Sélection de nouveaux caractères, auparavant moins accessibles, liés à la robustesse, la santé, l'efficacité alimentaire, les émissions à risques
- Arrivée de la sélection génomique qui nécessite une mesure répétable sur une population suffisamment importante (5000-30000 animaux)
 - Ex.: analyse du lait → détection risques de cétose → prédiction valeur génomique en vaches races Holstein et Normande

➤ Traçabilité : l'information de la fourche à la fourchette

- Traçabilité des modes de conduites, des événements (bien être animal, environnement) et des produits pour aller vers la certification
 - Évaluation du BEA (par les résultats et pas seulement les moyens)
 - Sécurité alimentaire
- Systèmes d'aide à la conduite du troupeau
 - Tableau de bord avec des indicateurs (partageant l'information avec les conseillers ?)
 - Anticipation, simulation, adaptation de la conduite

➤ Vers une intégration de l'élevage de précision dans la chaîne de production? (IoT & Blockchain)



(Barbati et al. 2012)

37

➤ Etat des lieux et applications

- **Quel est l'espèce**
 - la plus concernée
 - la moins concernée
- par les développements en élevage de précision ?
- **Connaissez vous de grands types de capteurs / automates ?**

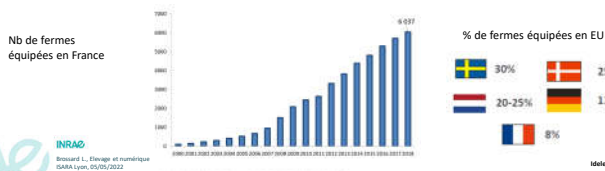


INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

38

➤ Un développement de l'élevage de précision fortement tiré (dominé ?) par l'élevage laitier

- Vache laitière → forte valeur ajoutée
- Monitoring individuel >> monitoring groupe ou environnement
- La possibilité d'utiliser les biomarqueurs du lait (MIR)
- Une robotisation croissante (traite, alimentation)
 - Robots de traite => centrale de phénotypage
 - Contrôle individuel de la complémentarité



Idele, 2020

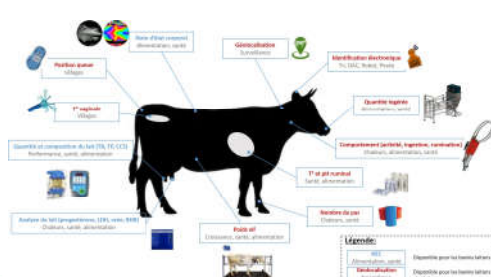
➤ Une pléiade de solution techniques...

- **Fort développement dans le domaine des capteurs et automates, notamment récemment avec les accéléromètres, l'analyse vidéo et l'IA...**
- **Exemples d'inventaires :**
 - Chez les ruminants : capteurs et robots par l'IDELE
http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/que-puis-je-trouver-sur-le-marche.html
http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/outils-connectes-fiches-descriptives-et-remoiimages.html
 - Chez les ruminants, porcs, volailles : Agroscope : 9 pages sur les vaches laitières, 2 sur les truies...
<https://link.ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/43729>

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

40

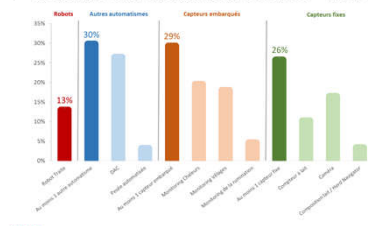
➤ Que peut-on mesurer sur une vache ?



idele.fr

➤ Capteurs: taux de pénétration élevé dans les troupeaux laitiers

Enquête chez 772 éleveurs laitiers avec 50 VL et + (Idele, Evolution, Orange, 2015)



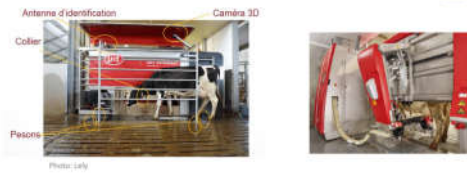
67 % ont au moins 1 outil connecté (87% chez 100 VL et +)

38 % des non équipés envisagent de s'équiper à court terme

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

42

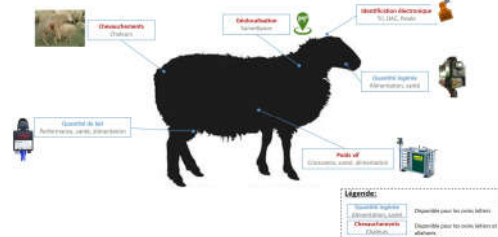
➤ En élevage laitier, combinaison de technologies



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

43

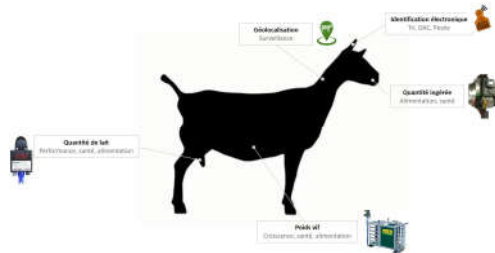
➤ Que peut-on mesurer sur une brebis ?



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

44

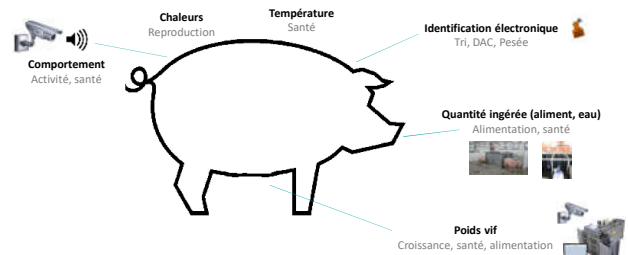
➤ Que peut-on mesurer sur une chèvre ?



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

45

➤ Que peut-on mesurer sur un porc ?



INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

46

➤ Que peut-on mesurer sur ...

- **Les volailles ?**
 - Echelle du groupe
 - Consommation aliment et eau, poids, ponte, comportement, santé
 - Par automates, par l'image et le son
- **Les poissons ?**
 - Poids, comportement, santé
 - Par l'image

INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

47

➤ Différents types de capteurs

- **Capteurs attachés à / dans l'animal**
 - Accéléromètre
 - puce Radio Frequency Identification (RFID)
 - Bolus intraruminal pour la température ou le pH ...
- **Capteurs proches de l'animal : à distance**
 - regardent, écoutent, suivent, pèsent, enregistrent ou interrogent l'animal ou son environnement immédiat
 - l'imagerie (thermique, 2D/3D, proche infrarouge, hyperspectrale)
 - les microphones
 - les automates de mesure (compteurs à eau, à lait, distributeurs d'aliments, bascules)
 - la géolocalisation (GPS, RFID, radar...)
 - les mesures sur l'air (température et humidité, composés, vitesse), sur l'aliment ou les fèces (composition).
- **Capteurs à partir de l'animal : collecte et analyse des produits, fluides et données issus de l'animal**
 - analyse de lait
 - Plus prospectif : biomarqueurs salivaires, capillaires, sanguins, respiration, fèces, nanocapteurs

INRAE
Boussard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Rouffin et al., 2020;
Angot, 2020

48

Robotique, l'offre se diversifie

Robots d'alimentation
(< 100 éleveurs équipés en France)



Robots racleurs
(80% des élevages en caillebotis)



Robots repousse fourrage



Robots de nettoyage



<https://www.youtube.com/watch?v=7HqaiyRSLbw>

Alain C. Melle, 2020

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARL Lyon, 05/05/2022

Robotique, l'offre se diversifie - porcs

Robots pour l'alimentation



https://www.petion.fr/en/pig_husbandry/feeding/pig_robot/

Robots pour le lavage



<https://www.rbotech.fr/lavage/716-avec-cleaver-robot-de-lavage-automatique-a-partir-de-32-500.html>



<https://www.acofunk.fr/produits/robot-de-lavage>

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARL Lyon, 05/05/2022

Robotique, l'offre se diversifie - volailles

Robots pour stimuler le déplacement et désinfecter / aérer la litière



<https://octopusrobots.com/en/octopus-poultry-safe-en/>



<https://hibot.fr/fiche-technique-spoutnicav-391.php>



Observation continue des animaux mesure des paramètres d'ambiance



<https://www.bigdutchman.fr/fr/engraisement-de-volailles/produits/deta/chick-emboyl>

Robot pour paillage



<https://www.inatoco.eu/sentinel-automatic-bedding-robot/?lang=en>

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARL Lyon, 05/05/2022

51

Pourquoi utiliser des robots ?

- Main d'œuvre
- Flexibilité
- Gestion technico-économique
- Bien-être animal
- Sanitaire
- Productivité
- Gain de temps
- Sécurité opérateur

https://agrotic.org/observatoire/wp-content/uploads/2018/10/Obs_UsagesRobotique2018.pdf

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARL Lyon, 05/05/2022

52

L'imagerie en plein boom

- En liaison avec l'application croissance de méthodes d'analyses d'images par intelligence artificielle
- Faible coût de certaines solutions (caméras)
- Application dans plusieurs domaines

INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARL Lyon, 05/05/2022

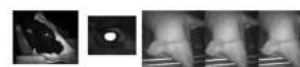
53

Imagerie et bien-être animal

Mesure automatique de l'état de conscience des bovins, des porcs et des volailles à l'abattoir

CET'Automatique (Idele, Ifip, ITAVI, NEOTEC Vision)

- Enjeux : cf. scandales liés à l'abattage des animaux
- Développer un prototype capable de mesurer la conscience des animaux après étourdissement
- Détection de l'œil en éclairage IR (pupille claire) et de ses mouvements suite à un jet d'air : détection présence / absence de mouvement



INRAE
Brousseau L., Élevage et numérique
SARL Lyon, 05/05/2022

54

➤ Imagerie et bien-être animal

Détection des combats (KU Leuven, Umil, TIHO, Fancom BV)



INRAE
Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

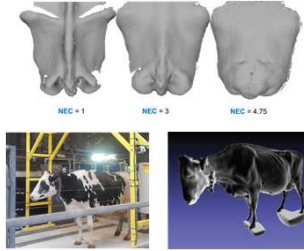
55

➤ L'image pour évaluer les aptitudes d'élevages

Phénotypage à haut débit par imagerie 3D – Projet Morpho3D

Etat corporel :
notation
automatique

Morphologie :
Mensurations,
angularités,
volume/surface,
valeurs bouchères



INRAE
Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Favardin et Tréher, 2018
Favardin, Le Coder, Fischer, Allain

56

➤ Morphologie/performance / comportement

Estimation du poids des porcs en croissance (KU Leuven, Fancom BV, Agrifirm)

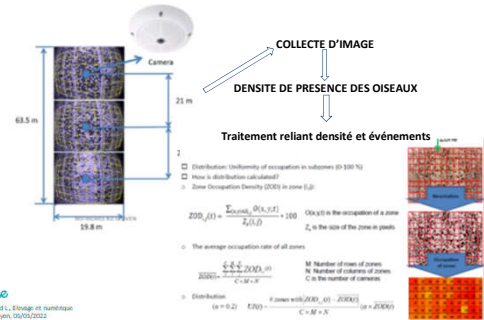


Développement aussi de tracking, suivi d'activité en caméra 2D ou 3D

INRAE
Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

57

➤ Tracking / comportement / occupation des zones

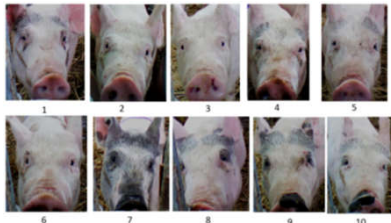


INRAE
Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

58

➤ Reconnaissance faciale !!

Pour l'identification individuelle !



INRAE
Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

59

➤ Surveillance de la santé par le son



INRAE
Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

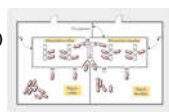
60

➤ Suivi du poids

❖ Par des trieurs ou bascule (pesée classique)



BigOutchman



Nedap

INRAE

Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

61

➤ Suivi de la consommation d'aliment (et du poids) en temps réel



FIRE (www.osbornelivestockequipment.com)

MOG
(www.mogtec.eu)

Nedap (www.nedap.com)



SkioId Acemo, (www.acemo.com)

INRAE

Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

62

➤ Suivi de la consommation d'aliment (et du poids) en temps réel



INRAE

Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

63

➤ Exemple en post-sevrage / porc charcutier



https://www.asserva.com/elevage-porc-pigtrack

- Mesure de l'ingestion d'aliment et d'eau
- Détection problèmes via ces mesures
- Potentiel pour « guider » l'alimentation et le sanitaire

INRAE

Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

64

➤ Alimentation de précision

➤ Exemple de combinaison

- Capteurs
- Automates
- Traitement d'information / apprentissage informatique
- Modèles
- Aide à la décision

INRAE

Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

65

➤ Projet européen Feed-a-Gen



Combiner / traiter les informations en temps réel ...

- Comportement, activité

Température

- interne

- externe



- Poids

- Ingestion



Outil d'aide à la décision

BdD

- Analyse en temps réel des informations

- Estimation des performances attendues et des besoins relatifs à ces performances

- Contrôle des alimentateurs - ration individualisée

Caractéristiques de l'aliment

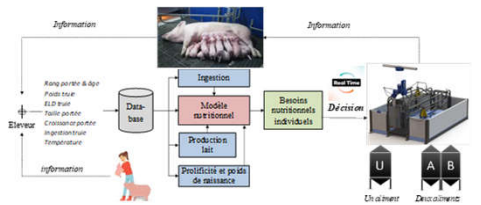
Caractéristiques de l'aliment

INRAE

Brossard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

66

Principe d'alimentation de précision chez la truie



INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

67

Dispositifs disponibles à INRAE



- **DAC**
 - Courbes individuelles de rationnement adaptées
 - Respectant le comportement alimentaire naturel des truies
 - Permettant de mélanger deux aliments
- **Mesure en temps réel**
 - Comportement alimentaire et ingestion
 - Conditions de logement (température...)
 - Condition corporelle, activité



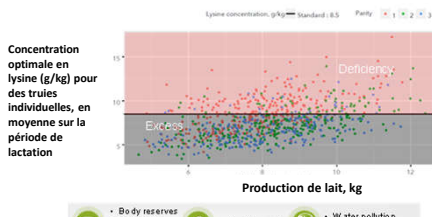
INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

68

Exemple chez la truie en lactation



Faiblesse du système à un seul aliment



INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Couturier et al., 2018

69

Expériences virtuelles



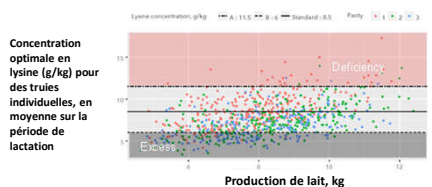
- **Standard**
La stratégie alimentaire comprend un seul aliment qui est distribué à volonté pour minimiser les déficiences
- **Alimentation de précision**
Un mélange à deux aliments avec l'hypothèse qu'on connaît parfaitement l'ingéré
- **Alimentation de précision**
Un mélange à deux aliments avec des régressions linéaires multiples pour prédire l'ingéré

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Couturier et al., 2018

70

Impact de la stratégie de mélange de deux aliments en lactation



→ Un mélange à deux régimes permet de mieux couvrir les besoins individuels

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Couturier et al., 2018

71

Impact de la stratégie de mélange de deux aliments en lactation



	S	A	B	A/B	p-value	Rate of change
Feed intake, kg · d⁻¹	5.84	5.84	5.85	ns		
Average intake						
Digestible Lysine, g · kg ⁻¹	8.50 ^a	7.97 ^b	7.82 ^a	***	-6.2%	-8.0%
Digestible Phosphorus, g · kg ⁻¹	3.29 ^a	3.00 ^b	2.94 ^a	***	-6.2%	-6.0%
Average balance						
Sows with negative balances						
Lysine, g · d ⁻¹	-5.64 ^a	-2.10 ^a	-2.73 ^b	***	-63%	-52%
Phosphorus, g · d ⁻¹	-2.37 ^a	-1.04 ^a	-1.15 ^a	***	-56%	-52%
Energy, MJ · d ⁻¹	-19.30	-19.30	-19.30	ns		
Sows with positive balances						
Lysine, g · d ⁻¹	10.89 ^a	2.73 ^b	3.29 ^a	***	-75%	-70%
Phosphorus, g · d ⁻¹	3.91 ^a	1.25 ^b	1.26 ^b	***	-68%	-65%

→ L'ingestion de lysine et de phosphore, et les déséquilibres sont réduits

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Couturier et al., 2018

72

➤ Intérêt de l'alimentation de précision en gestation (simulation)



✓ Alimentation de précision

- Mélange de deux aliments différant par leur contenu en lysine digestible
 - Bas : 3.0 g / kg aliment
 - Haut : 6.5 g / kg aliment
- Calcul chaque jour pour chaque truie de la proportion de chaque aliment à donner
- Comparaison avec alimentation conventionnelle
 - 4.8 g digestible lysine / kg

➔ Réduction de l'ingéré protéique : 25%
de l'excrétion d'azote : 30 %
du coût alimentaire : 5%

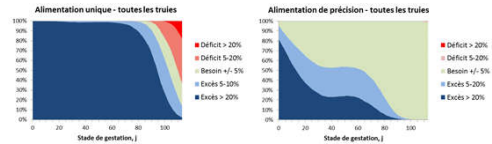
INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Gautier et al., 2018

73

➤ Niveau de couverture des besoins en lysine dig. chez les truies gestantes avec l'alimentation conventionnelle ou de précision (simulation)



➔ Une approche intéressante pour les truies gestantes

- Pour mieux considérer la grande variabilité des besoins
 - pas de déficience, moins d'excès
- Améliorer l'efficacité d'utilisation des nutriments (30% réduction apport protéique)
- Réduire l'excrétion de nutriment et potentiellement le coût alimentaire

INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

74

➤ Traçabilité produit / Bien-être animal

Traçabilité des VL au pâturage (Idele, Applifarm, Digitalanimal)



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

75

➤ Gérer le pâturage

- Évaluer la biomasse et la croissance (herbomètre, imagerie hyperspectrale satellites, drones...)
- Intégrer ces informations dans des outils de gérer des paddocks
 - Décider des changements de parcelles / clôtures virtuelles
 - Évaluer la valorisation de l'herbe



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

76

➤ La gestion des milieux semi-naturels

Gérer la valorisation des ressources dans des grands espaces naturels grâce aux ruminants

Préserver la biodiversité

Gérer la ressource

Fournir des services (luttent contre le feu ou les avalanches, lutter contre l'abandon de terre et de territoires)

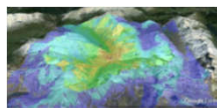
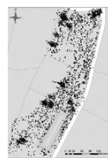
Maintenir des milieux ouverts

➔ Connaissance de la diversité du milieu

- télédétection (satellites, drones)
- cartographie de l'état des ressources et de la biodiversité

➔ Connaissance de l'animal et de sa localisation:

- géolocalisation,
- communication LORA longue portée,
- clôture virtuelle,
- alarme prédateurs, alarme vols; activité, stress



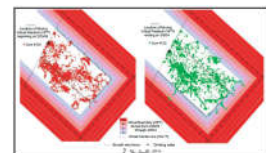
INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

77

➤ Surveillance

Clôtures virtuelles



Anderson et al., 2007

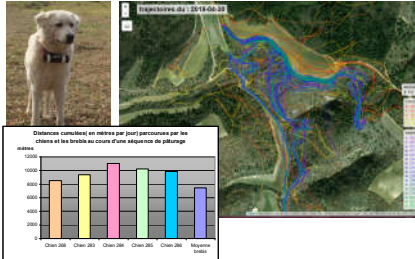
INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

78

Surveillance

Chiens de protection de troupeau



Freins et motivations des éleveurs

- Que voyez vous comme freins potentiel à l'acceptabilité de l'EdP ?
- Et comme motivations



INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

85

Freins et motivations générales

Freins	Motivations
<ul style="list-style-type: none"> - Coût des équipements et le manque de visibilité sur les retours économiques - Manque de confiance dans les outils - Complexité et difficulté d'utilisation des outils - Quantité trop importante d'informations produites - Pertes de compétences et de sens de métier 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à disposition de nouvelles informations - Amélioration du confort de travail - Gains de temps - Goût pour l'innovation

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

86

Une adoption difficile de ces nouvelles technologies dans les élevages

Enquête sur les freins à l'adoption des nouvelles technologies de monitoring en élevage laitier (229 éleveurs laitiers du Kentucky, US)

Raison d'un faible taux d'adoption	%
Pas familier avec les technologies disponibles	55
Rapport coût/bénéfice inintéressant	42
Trop d'informations fournies sans savoir ce que l'on peut en faire	36
Pas assez de temps à passer avec ces technologies	31
Intérêt économique non perçu	30
Trop difficile ou trop compliqué à utiliser	29
Support ou formation technique faible	28 (+ gds élevages)

➔ Associer les utilisateurs dans le développement

Russel & Bewley, 2013

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

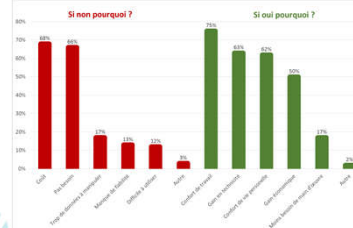
87

Pourquoi les éleveurs s'équipent-ils ?

➤ Enquête chez 772 éleveurs laitiers de l'ouest de la France en 2015

(Idele, Evolution, Orange)

➤ Souhaitez-vous vous équiper en outils d'élevage de précision ?

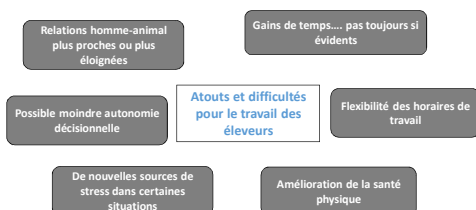


- Le coût est le frein principal
- Le gain en confort est la motivation principale

Allain, Idele, 2020

88

Atouts et difficultés pour le travail des éleveurs



INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

89

Temps de travail, gain de temps

Réalisation physique de la tâche par un automate

- Traite : 2 h/j pour 60 VL (Billon et Pomiès, 2006).
- Traite : jusqu'à 3,8 min/VL (Fleuret et Marlet, 2014).
- Alimentation : jusque 3 h/j pour 60 VL (Nydegger et Grothmann, 2009)



Collecte de l'information automatisée, stockage facilité et traitement rapide et centralisé



Focalisation sur les animaux nécessitant une attention particulière (alertes ou de rapports synthétiques) ➔ Management par l'exception

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

90

➤ Temps de travail, utilisation du temps libéré

➤ Observations/Surveillance/soins du troupeau

« Avec la traite en moins, je travaille aux logettes, au paillage et surtout au milieu du troupeau. J'observe le troupeau de l'intérieur. Le suivi informatique simplifie la conduite. C'est une aide qui permet d'anticiper les chaleurs, la surveillance des vêlages, les problèmes de mammites... (Huchon 2013) »

➤ Développement d'autres ateliers (cultures, élevage) ou activités (gîtes)

➤ Passer plus de temps avec la famille :

- 28% des exploitants avec robots de traite prennent + de WE
- 83,7% sont plus disponibles pour leur famille
- 68,9% ont une meilleure qualité de vie

INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

91

➤ Temps de travail, de nouvelles tâches

Astreintes

- ✓ Consultation des données (40 min/jour pour un robot de traite)
- ✓ Pousser les vaches en retard dans le robot



Régulières

- ✓ Installer les capteurs/colliers
- ✓ Tables de correspondances



Occasionnelles

- ✓ Entretien/maintenance
- ✓ Programmation/paramétrage



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

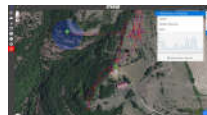
Allain, Idele, 2020

92

➤ Souplesse d'organisation

➤ Reconnaissance des éleveurs dans la souplesse d'organisation :

- Éleveurs bretons équipés d'un robot de traite : 15/43 estiment avoir gagné en souplesse et non en temps de travail (Fleuret et Marlet, 2014)
 - ✓ Horaires moins fixes (traite, alimentation)
 - ✓ Réalisation de tâches à d'autres moments (surveillance des animaux,...)
- Diminuer les interventions à des moments inopportuns (ex. des mises-bas la nuit)
- Surveillance des animaux à distance (ex. pilotage ambiance, géolocalisation)



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

93

➤ Charge mentale

➤ Alléger le stress en déléguant la détection et en anticipant et sécurisant les interventions

➤ Masse et complexité des informations à analyser ?

- Beaucoup d'informations et de données générées par les capteurs
- Quelles informations utiles pour la prise de décision ?
- 3 % des alertes mammites délivrées par les robots de traite sont réellement valorisées (Hogeveen et al., 2013)



➤ Gestion des alertes et des alarmes = source de stress ?

- Rassurant quand absent, intervention à distance
- Mais intrusif selon fréquence et moments choisis pour consulter



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

94

➤ Autonomie décisionnelle

➤ Regard critique sur ces données ou confiance totale dans les algorithmes

➤ Risque de substitution au savoir-faire de l'éleveur

➤ Risque d'addiction et de dépendance aux données, aux alertes et aux dépanneurs

➤ Se former pour savoir quand intervenir -> Nouvelles compétences

- 1ère alerte ? 3ème ? = Règles de décision à adapter



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

95

➤ Relation homme-animal-(machine)

➤ Ce qui peut améliorer la RHA

- Temps libéré (automatisation) réinvesti dans l'observation et le contact avec les animaux
- Nouvelles interactions (accompagnement des vaches lors de la mise en place d'un robot)
- Connaissance plus complète des paramètres bio et comportementaux



➤ Ce qui peut dégrader la RHA

- Moins d'observation et de temps passé au milieu des animaux
- Plus d'interactions négatives (vaccinations, parage ...)
- Souvent associé à un objectif de productivité maximum
- Souvent associé à plus d'animaux / trop ?



INRAE

Brossard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

96

➤ Relation homme-animal-(machine)

➤ Ce que disent les éleveurs

- + « On redevient éleveur (en faisant plus de suivi et pas seulement la traite) »
- + « En salle de traite on avait à faire à des pis, aujourd'hui à des vaches ... »
- - « C'est l'ordinateur qui dit si les animaux vont bien ... »
- - « Le système ne prend pas en compte la variabilité entre les animaux. Chaque vache se comporte de façon singulière »

➤ L'intérêt économique

➤ Dépend des pratiques d'utilisation

- Par exemple détection des chaleurs, va d'une observation privilégiée et vérification des alertes à la totale délégation

➤ Dépend du système d'élevage

➤ Facteurs de variation

Stratégie d'équipement : saturation vs. flexibilité

Certains coûts sont incompressibles (logiciel, base de réception, robot,...) → économie d'échelle

Gain de temps = € ?

Comment le gain de temps est-il réinvesti ?

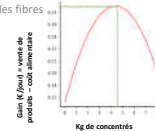
➤ Dépend des performances avant équipement

➤ Perspectives de l'élevage de précision

➤ Vers une prise de décision optimisée ou automatisée ?

➤ Exemple du module DLM de Lely → Délégation de la décision et de l'action

- Modèle mathématique (DLM)
- Recherche de l'optimisation de la marge économique par litre de lait
- Prise en compte des performances individuelles (Lait, TB, TP), du prix du lait, du prix des concentrés,...
- Gains de 60 à 90 €/vache/an
 - Réduction de la consommation en concentrés
 - Meilleure utilisation des fibres



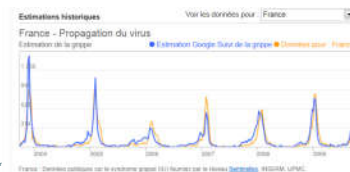
➤ Vers une prise de décision optimisée ou automatisée ?

- L'information/alerte est-elle toujours intéressante ?
- Besoin de conseils et pas seulement d'alertes
- Autonomie décisionnelle de l'éleveur ?
- Perte de compétence « animalière » ?
- Impact sur la relation homme/animal ?



➤ De nouvelles échelles d'application

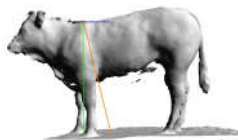
- Echelle individuelle → échelle troupeau → échelle population
- Echelle troupeau : état du cheptel et détection de problèmes sanitaires ou reproductifs généralisés dans les périodes à risque
- Echelle population : phénotypage et détection d'épizooties
 - Ex : propagation de la grippe avec Google Flutrends (à partir des requêtes Google)



➤ Mesure de nouveaux paramètres

➤ Possibilités nouvelles de mesurer des phénotypes recherchés mais difficilement mesurables

- Paramètres physiologiques
- Mesures sur animaux (ex. 3D)
- Comportement, interactions sociales



INRAE
Brousard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

103

➤ Autres applications ...

- Utilisation collective de données mieux valorisées
- Développement du E-conseil
- Détection précoce d'un évènement sanitaire (FCO)
- Améliorer le suivi de paramètres correspondant à des demandes sociétales
- Observatoire de la « ferme France » -> prévoir des volumes de production ou l'activité des marchés

INRAE
Brousard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

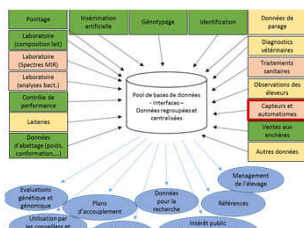
104

➤ Utilisation collective des données

➤ EdP : des données encore peu valorisées

- Ensemble des sources de données disponibles en élevage et utilisations potentielles (bleu)
- Données déjà fréquemment utilisées
- Données partiellement utilisées
- Sources de données d'intérêt, peu utilisées à ce jour.

D'après Egger-Danner et al., 2014



INRAE
Brousard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

105

➤ Et l'agroécologie...

- L'agroécologie, notamment en élevage se base sur la gestion intégrée de la santé, une amélioration de l'efficacité des cycles, l'utilisation de la diversité des animaux, un respect de cette diversité, une intégration de l'élevage dans son écosystème

Que voyez vous comme apports du numérique dans ce domaine ?



INRAE
Brousard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

106

➤ Et l'agroécologie... Apport possibles du numérique

- Meilleure connaissance individuelle des animaux
- Utilisation de la diversité
- Amélioration ciblée de la santé
- Amélioration de la gestion des ressources (eau, aliments, cultures / prairies)
- Aide dans les conditions extensives
- + traçabilité + ...

INRAE
Brousard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

107

➤ Des améliorations à prévoir pour valoriser le numérique

- Améliorer la connectivité des élevages
 - L'EdP engendre de nouveaux besoins en connectivité
 - Mais...
 - 70% des éleveurs bovins n'ont pas accès à un débit > 2Mbps
 - 42% n'ont pas accès à la 3 ou 4G (BVA-TIC agri 2014)
- Assurer la qualité des données
- Performance des échanges de données
- Accès / gouvernance des données / cybersécurité
 - Multiplicité des sources et des utilisations
 - Propriétaire : éleveur, fabricant, utilisateur ?
 - Quelles données : signaux issus des capteurs ou données traitées ?
 - Quel droit d'accès du fabricant pour assurer maintenance, entretien, amélioration ?



INRAE
Brousard L., Élevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

Allain, Idele, 2020

108

➤ CONCLUSIONS

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

109

➤ L'élevage de précision : des promesses

- Encore à un stade précoce dans la plupart des domaines mais en développement en lien avec le numérique dans le monde, avec des technos séduisantes/ attractives
- Des atouts possibles pour faire face au contexte actuel
- Le couple technologique information + robotisation offre des perspectives très innovantes en recherche et en élevage (ex : alimentation)
 - Une conduite plus complexe et multicritères
 - Plus d'efficacité
 - Plus de flexibilité
- Des nombreuses possibilités à # échelles
 - Animal : nouvelles opportunités pour mesurer des paramètres clés
 - Elevage : futures fonctionnalités : Information -> Conseil -> Décision autonome -> ?
 - Population animale : Phénotypage de masse et « anticipation » des épidémies
 - Consommateur et législateur : nouvelles demandes (bien-être, environnement)

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

110

➤ Importance de la donnée / information

- Des capteurs à foison mais les traitements de l'information vont jouer un rôle décisif dans l'évolution de l'élevage de précision au-delà du simple monitoring
 - Données → information
- Le système d'information donc au cœur du dispositif :
 - Réfléchir à des structures de SI ouvertes et évolutives
 - Importance de l'étude ergonomique d'insertion de ces outils dans le pilotage des systèmes
- Une association de disciplines du capteur (signal) à l'information jusqu'à la prise de décision
 - Les connaissances biologiques + les possibilités technologiques
 - L'importance de la modélisation pour valoriser l'information

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

111

➤ Des impacts à encore analyser

- Les impacts de l'EdP sur le travail (temps/confort) et les bénéfices économiques dépendent beaucoup
 - des pratiques d'utilisations des technologies
 - du réinvestissement du temps gagné
 - et des performances avant équipement
- L'EdP transforme profondément le métier d'éleveur (organisation, nouvelles compétences,...)
 - Attractivité du métier pour les jeunes en quête de modernité ?
 - Opportunité pour le maintien de certaines productions/métiers en difficultés ?
- Les bénéfices économiques ne sont pas toujours évidents / encore à préciser
 - Comment évaluer le rapport coût-bénéfice des solutions proposées ?
- Impact écologique de ces technologies

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

112

➤ Des limites à considérer

- Une nouvelle activité (maintenance et contrôle des appareils, lecture et traitement de l'information) pas évidente à comptabiliser
- Une information qui en elle-même n'est pas toujours utile ou utilisable en l'état :
 - trop d'informations tue la décision!
 - Mauvaises décisions : traitements inadaptés des maladies avec une détection trop précoce
- Une information très spécialisée et encore beaucoup orientée monitoring individuel avec peu de décision et de gestion du troupeau associée
 - Un appareil = une information
 - peu d'applications multi-informations orientées performance et gestion du troupeau
- Des systèmes souvent captifs : atouts et limites
 - Evolutivité ? Compatibilité ?
 - Interconnexions? Echange de données avec système d'information ?
 - Quelle durée de vie?
- Encore peu d'outils pour mieux valoriser le potentiel de ces informations

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

113

➤ DONC

- Une évolution en cours avec un fort potentiel à étudier
- Des apports potentiels très intéressants, pour tous les types de systèmes (en veillant à ne pas le limiter à certains systèmes, ni verrouiller les systèmes)
- Un regard critique à avoir pour en tirer le meilleur

INRAE
Brousard L., Elevage et numérique
SARA Lyon, 05/05/2022

114

LIVRE BLANC | N°06

Agriculture et numérique

inria INRAE



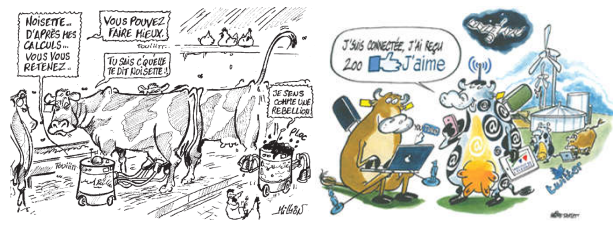
Tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables

PDF: <https://bit.ly/3ixmOFW>

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 03/05/2022

111


➤ Et maintenant, discutons !



INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 03/05/2022

112

➤ Quelques références



- 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, 3-10.
- Chastant-Maillard S, Saint-Dizier M (2016). *Élevage de précision*. Editions La France Agricole, Paris.
- Dourmad J.-Y., Delaby L., Bolader J.-L., Ortis C., Méda B., Gagné C., Dumont B. (2017). Diversité des services rendus par les territoires à forte densité d'élevages, trois cas d'étude en Europe. Dans « Numéro spécial : L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts ». *Inra Productions Animales* 30(4), 303-320. DOI : <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.4.2261>
- Fevériol P., Brossard L., Hostiou N. (2020). Le numérique au service de l'élevage : vers un élevage plus durable ? In: Sghaier Chrik; Marie-Pierre Elies-Oury; Jean-François Hocquette (Eds) *L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable*, Editions France Agricole, pp. 177-196.
- Hostiou N, Fagon J, Chauvat S, Turlot A, Kling-Eveillard F, Bolvin X, Allain C (2016). Conséquences de l'élevage de précision sur le travail, les compétences et les relations homme-animal In: Saint-Dizier M, Chastant S. *Élevage de précision*. France Agricole, Paris, 210-222.
- Knight CH (2020). Review: Sensor techniques in ruminants: more than fitness trackers. *Animal*, 14 (S1): s187-s195.
- Norton T., Chen C., Larsen M.L.V., Berckmans D. (2019). Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer. *Animal*, 13(12), 3009–3017.
- Peyraud J.L. (2020). L'élevage détruit-il la planète ? In: Sghaier Chrik; Marie-Pierre Elies-Oury; Jean-François Hocquette (Eds) *L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable*, Editions France Agricole, pp. 117-135.
- Wathes C.M., Kristensen H.H., Aerts J.-M., Berckmans D. (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.

INRAE
Brossard L., Élevage et numérique
SAAIA Lyon, 03/05/2022

117