



Agriculture and  
Agri-Food Canada

Agriculture et  
Agroalimentaire Canada



## L'élevage intelligent sera-t-il à la base de la prochaine révolution agricole? État de la situation

**Candido Pomar, Aline Remus et Melissa Duplessis**

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Centre de recherches et de développement de Sherbrooke

Canada

## Introduction

Les productions animales, une industrie dynamique



### ✓ Les productions animales doivent continuellement s'adapter:

- aux changements des règles du **commerce international**
- aux réductions progressives du **soutien gouvernemental**
- à une société qui augmente ses exigences de **bien-être animal** et les **normes environnementales**
- une augmentation du **coût des aliments** et du **coût de production**,
- à une diminution de la **disponibilité de la protéine alimentaire...**

## Introduction

La quête mondiale pour des protéines

**La demande mondiale de protéines végétales augmente rapidement** en lien avec l'augmentation de la population humaine

Les besoins croissants pour des protéines végétales soulèvent d'importantes questions sur la façon dont sa production pourra suivre **la demande croissante de protéines de haute qualité pour les humains et le bétail**



## Introduction

Un regard vers le futur

- ✓ **Les productions animales doivent aussi s'adapter à des nouvelles réalités:**
  - Une réduction de la **disponibilité de la main-d'œuvre**
  - Une **relève** qui souhaite des conditions de travail plus adaptées à ses capacités et à la conciliation travail-famille



# Introduction

Améliorer l'efficacité économique et nutritionnelle

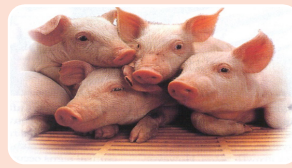
La question est non seulement de produire plus, mais de :



Produire la même viande avec moins de protéine



Réduire le coût de production



Produire de manière durable

# Introduction

L'élevage de précision, un gage d'avenir pour les productions animales

Nous sommes à la veille d'une nouvelle révolution agricole où:

- Des **capteurs et dispositifs intelligents** produiront de grandes quantités de données
- L'**Internet des objets (IoT)** offrira un nouvel avantage pour l'innovation et la productivité
- L'intégration des **Données Massives (Big Data)** et de **l'intelligence artificielle** ouvrira les frontières d'une nouvelle ère de l'information
- L'utilisation de **modèles de prédiction et d'optimisation** évolués fournira des capacités de prise de décision et d'automatisation sans précédent



#120642006

L'élevage s'automatisera et deviendra précis et intelligent



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

### ✓ Type de capteurs:

- Caméras numériques (*thermiques, 2D et 3D, et spectral*)
- Capteurs de son
- Accéléromètres (*cou, pattes, étiquettes d'oreille*)
- Positionnement et identification (*GPS, RFID, etc.*)
- Cellules de charge
- Conductivité électrique
- Bolus intra-ruminaux
- Nez électronique
- Autres



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

### ✓ Utilisation des informations obtenues par les capteurs:

- Identification des animaux
- Poids
- Consommation d'aliment et comportement alimentaire
- Consommation d'eau
- État de chair
- Identification hâtive des maladies
- Quantification des boiteries
- Quantification de la douleur et du stress
- Temps de rumination
- Détection de l'œstrus
- Production et composition du lait
- Détection du vêlage
- Température corporelle
- Comportements agressifs
- Quantification du bien-être animal
- Gestion du pâturage
- Rythme cardiaque et respiratoire
- Comptage des animaux
- Clôtures virtuelles
- Qualité de l'air
- Autres





## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Pour l'élevage de précision, les mesures seront,

- ✓ **INDIVIDUELLES** chez la vache laitière, le bœuf, le porc
- ✓ **INDIVIDUELLES OU EN GROUPE** chez le mouton, la chèvre, etc.
- ✓ **EN GROUPE** chez la volaille



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

- ✓ **Vache laitière**
- ✓ **Porc**
- ✓ **Volaille**



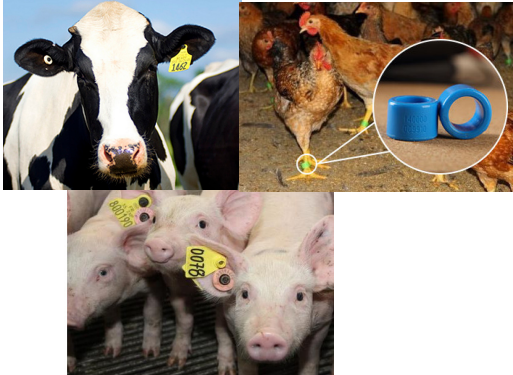
Ces technologies sont décrites dans,

- Inventaire et test de capteurs. Institut de l'élevage idéal
- Aperçu des capteurs en élevage réalisé par l'ICAR (International Committee for Animal Recording)
- Inventaire réalisé dans le cadre du projet européen 4D4F (Data Driven Decisions for Dairy Farmers)
- Catalogue des objets connectés en agriculture réalisé dans le cadre du projet Européen IoF (Internet of Food and Farm)
- Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. Animal Reviews, 7:403-425 Halachmi et al. 2019
- Prototypage d'un élevage de porcs de précision en vidéo 3D. IFIP, 2017
- et beaucoup d'autres

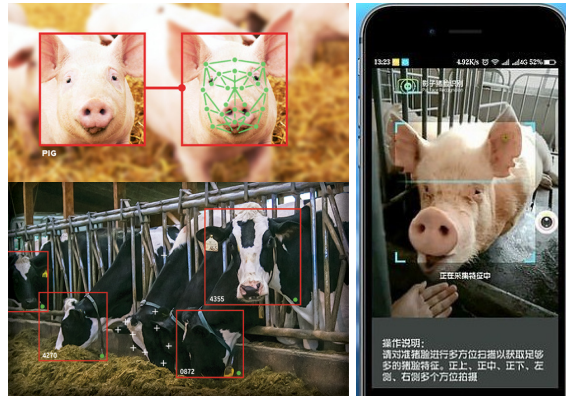
# Technologies disponibles pour l'élevage de précision

## Identification des animaux

### RFID



### Identification faciale



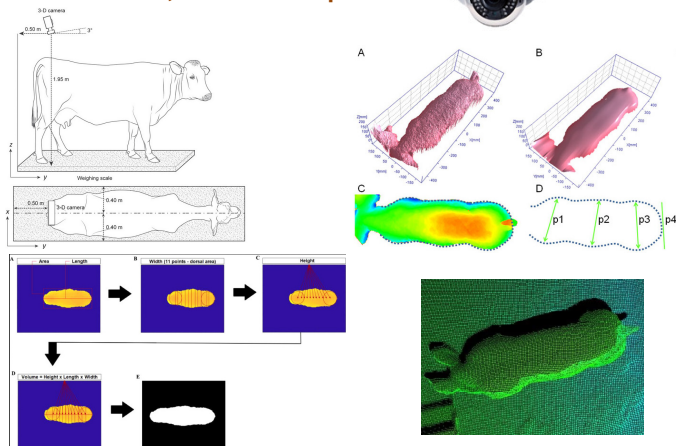
# Technologies disponibles pour l'élevage de précision

## La pesée des animaux

### Cellules de charge



### Cameras 2D, 3D et thermiques



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

### Chez la vache laitière

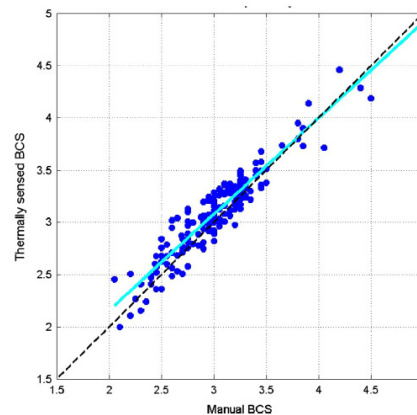
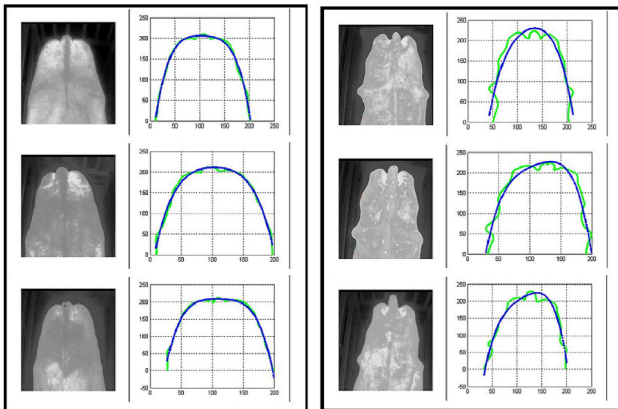
- **Identification électronique:** Tri, Alimentation personnalisée, Robot, pesée, etc.
- **État corporel:** alimentation et santé
- **Position et mouvement de la queue:** vêlages
- **Température vaginale:** vêlages
- **Géolocalisation:** surveillance et gestion des pâturages
- **Aliment consommé:** alimentation, santé
- **Comportement alimentaire et rumination:** Alimentation, santé, chaleurs
- **Température et pH ruminal:** santé, alimentation
- **Nombre de pas:** chaleurs, santé
- **Poids vif:** croissance, santé, alimentation
- **Quantité et composition du lait:** performance, chaleurs, santé, alimentation



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

### Chez la vache laitière

#### Mesure de l'état corporel avec des cameras thermiques

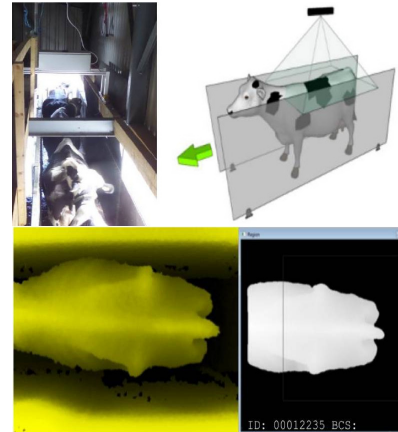
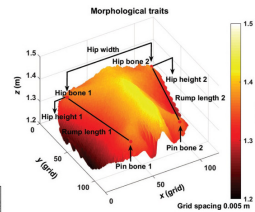
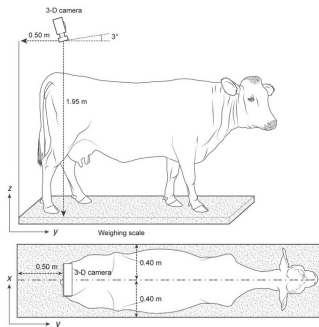


Halachmi et al., 2013



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez la vache laitière

### Mesure du poids, état de chair, etc. avec des caméras 2D et 3D



Song et al., 2017

Hansen et al., 2018

## Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez la vache laitière

### Robots de traite, combine capteurs et automatisation



1. Reconnaissance de la vache par le robot
2. Traite automatique de l'animal
3. Alimentation au besoin
4. La quantité et la composition du lait mesurées
5. Le poids et l'état de chair peuvent être déterminés, etc.



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

### Chez la vache laitière

#### Alimentation robotisée



- Programmation d'une ration différente par groupe d'animaux
- Le robot sait où et quand il manque de nourriture
- Le robot circule librement dans l'étable en distribuant et en poussant les aliments vers les vaches
- Ouvre et ferme automatiquement les portes de l'étable

- Robot poussant la ration pour stimuler la consommation



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

### Chez le porc

- **Identification électronique:** Tri, Alimentation personnalisée, pesée, etc.
- **Poids vif:** croissance, santé, alimentation
- **Son:** détection hâtive des maladies, niveau de stress
- **Température corporelle:** santé
- **Aliment consommé:** alimentation, santé
- **Consommation d'eau:** santé
- **Détection de l'œstrus:** santé et régie du troupeau
- **Comportement alimentaire:** santé, détection hâtive des maladies
- **Nombre de pas:** santé
- **Alimentation de précision:** réduit le coût des aliments, etc.



# Technologies disponibles pour l'élevage de précision

## Chez le porc



Mesurer le poids chaque jour

Pezzuolo et al., (2018)



Alerte lorsqu'un comportement anormal se produit

smaRt Health - Ro-Main



Aperçu continu du taux de croissance et de l'apport alimentaire des animaux

eYeGrow - Fancom



Alerte quand le meilleur moment pour l'insémination se présente

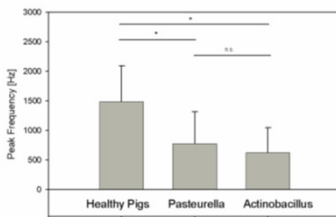
smaRt Breeding - Ro-Main



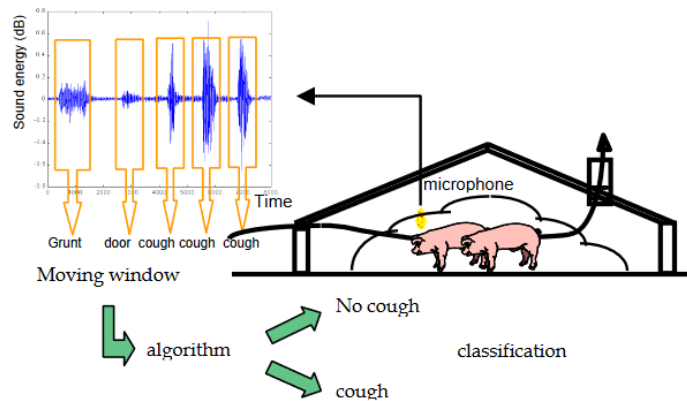
# Technologies disponibles pour l'élevage de précision

## Chez le porc

### Surveillance de la toux



Berckmans, 2009





# Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le porc



Et si vous pouviez faire votre inventaire en un clic?

smaRt Inventory/Inventaire



Et si, avec un simple outil, vous pouviez observer et analyser le comportement de vos animaux en temps réel?

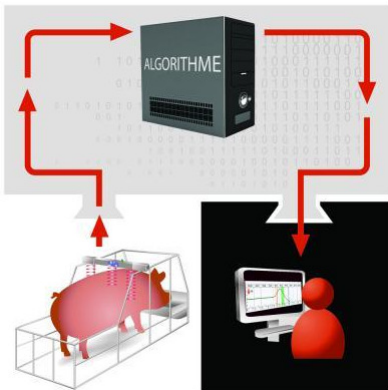
smaRt Tracking/Suivi



# Technologies disponibles pour l'élevage de précision

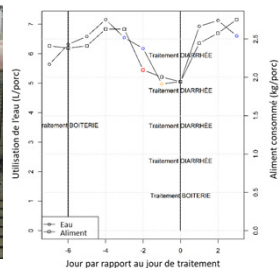
Chez le porc

## Détection des chaleurs

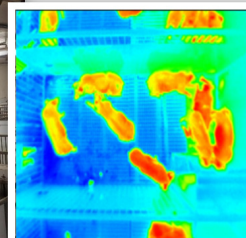
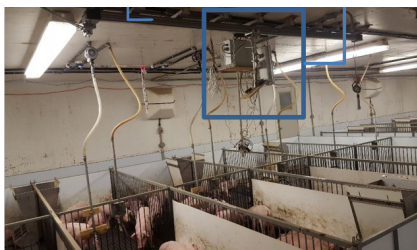


## Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez le porc

### Abreuvement individuel



### Thermographie infrarouge



Les nouvelles technologies à la station de Deschambault

## Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez le poulet

- **Identification électronique:** Tri, Alimentation personnalisée, pesée, etc.
- **Poids vif:** croissance, santé, alimentation
- **Son:** détection hâtive des maladies, niveau de stress
- **Température corporelle:** santé
- **Aliment consommé (groupe):** alimentation, santé
- **Consommation d'eau (groupe):** santé
- **Comportement alimentaire:** santé, détection hâtive des maladies



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

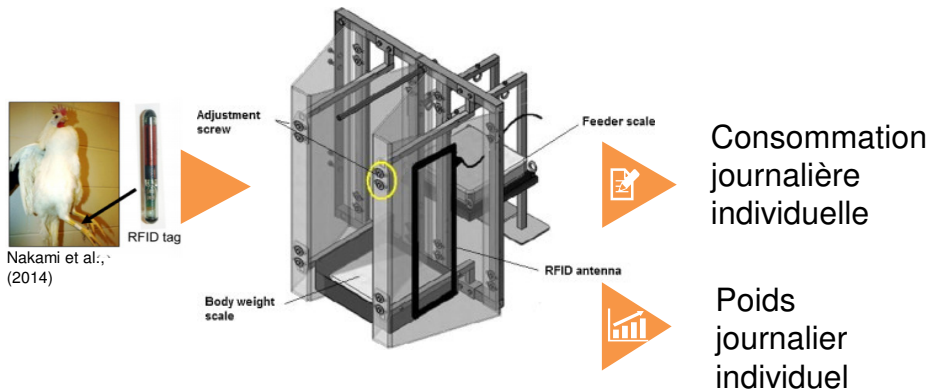
Chez le poulet



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le poulet

Stations individuelles d'alimentation et de pesée pour les volailles hébergées en groupe



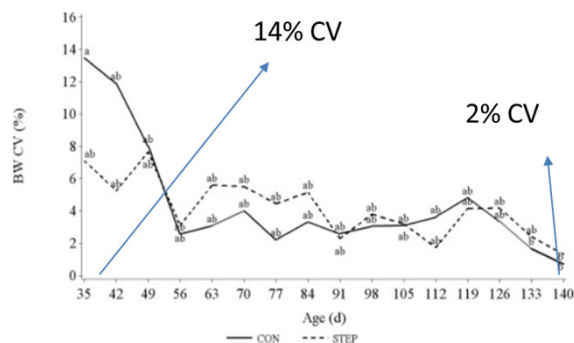
Tu et al., 2011



## Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le poulet reproducteur

### Alimentation individuel



L'uniformité du poids corporel a augmenté après la mise en œuvre d'alimentation de précision.

Zuidhof et al., 2015

## L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?



La seule chose que nous savons sur l'avenir est que ce sera différent.

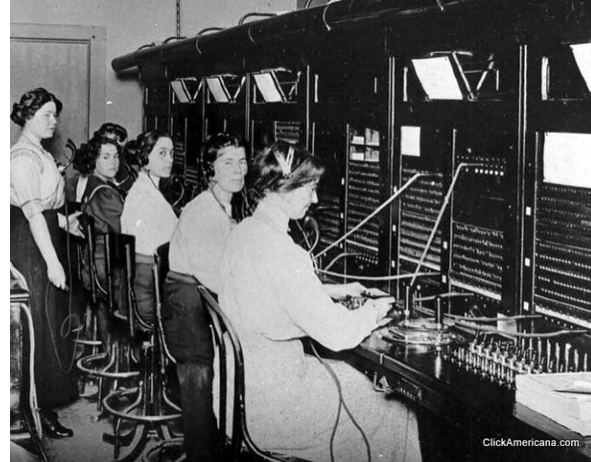
Peter Drucker



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?

### 4. Pre-radar Listener For Enemy Aircraft



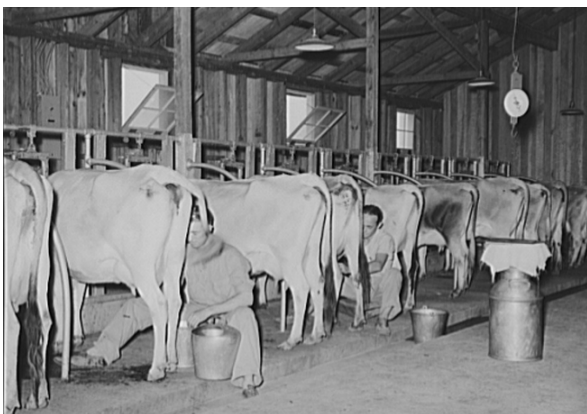
### 5. Rat Catcher



## L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?



## L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?

**PAS SEULEMENT UNE QUESTION DE TECHNOLOGIE!!**

- ✓ L'industrie du bétail doit aussi s'adapter à des nouvelles réalités:
  - Une réduction de la **disponibilité de la main-d'œuvre**
  - Une **relève** qui souhaite des conditions de travail plus adaptées à ses capacités et à la conciliation famille-travail





# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Emplois qui sont en train de disparaître



10 Disappearing Jobs That Won't Exist in 10 Years: Professions That Won't Guarantee Career Opportunities

5. Travel Agent: \$31,800



9. Librarian: \$54,500



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Emplois qui sont en train de disparaître



Agriculteurs, éleveurs et autres gestionnaires agricoles



Travailleurs agricoles



Ingénieurs agricoles

Forbes, [www.lifehack.org](http://www.lifehack.org)

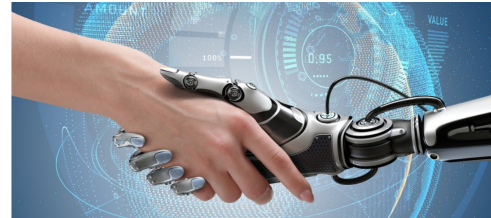
# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## LES ROBOTS POURRAIENT MENACER 3 MILLIONS D'EMPLOIS D'ICI 2025



**Mail**Online  
www.dailymail.co.uk



By JENNY AWFORD FOR MAILONLINE

PUBLISHED: 14:31 GMT, 8 November 2014 | UPDATED: 15:55 GMT, 8 November 2014

- Experts believe half of today's jobs will be completely redundant by 2025
- **Artificial intelligence will mean that many jobs will be done by computers**
- Customer work, process work and middle management will 'disappear'
- Report states that workspaces with rows of desks will no longer exist

# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

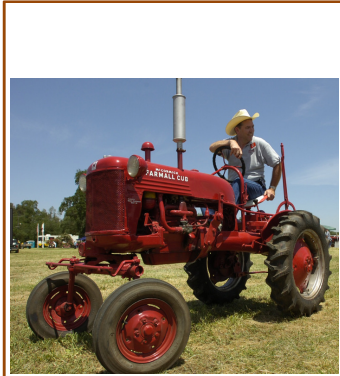
L'intelligence artificielle fera que de nombreux emplois seront effectués par des ordinateurs



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

L'intelligence artificielle fera que de nombreux emplois seront effectués par des ordinateurs

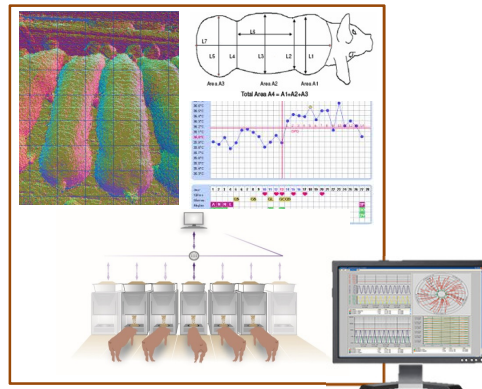


# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Activités de la FERME qui vont changer dans les prochaines années

La prise de mesures et le mode d'alimentation

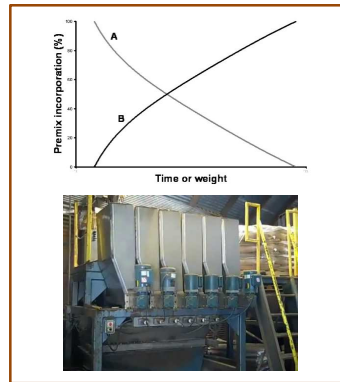
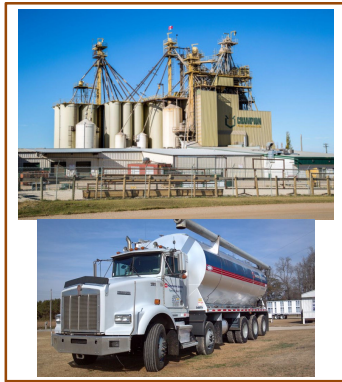


# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Activités de la FERME qui vont changer dans les prochaines années

La fabrication d'aliments

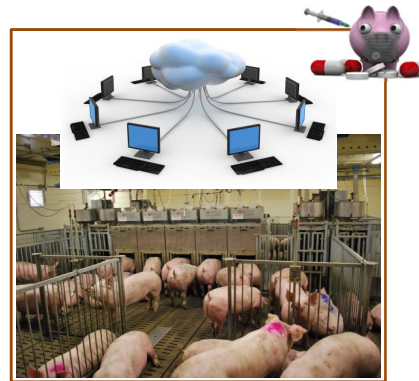


# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Activités de la FERME qui vont changer dans les prochaines années

La gestion des maladies et l'utilisation d'antibiotiques

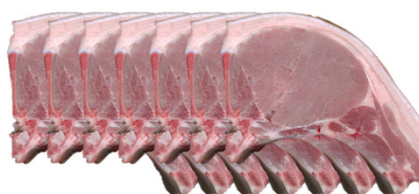




# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

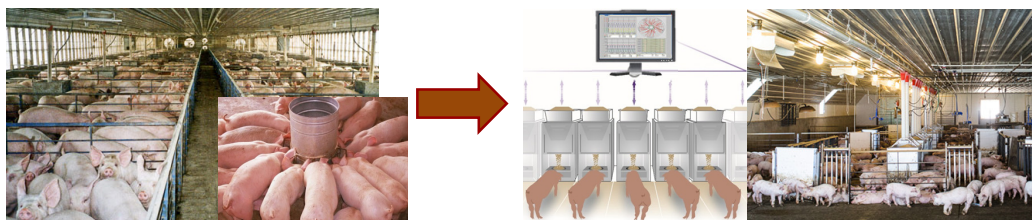
Dans un futur proche, les animaux seront élevés et nourris **individuellement** pour obtenir des **carcasses de poids et composition optimale** (*valeur maximale de la carcasse*) à des **coûts de production minimaux** (*\$/kg de viande produite*) et une **efficacité nutritionnelle maximale** (*minimisant l'impact environnemental*) et dans un contexte de **production durable**



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

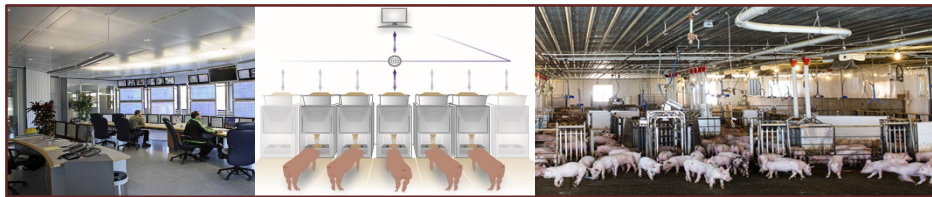
✓ Le virage technologique, ce n'est pas seulement une **opportunité d'affaires**, c'est aussi une **démarche incontournable** vers l'agriculture du futur!



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

- ✓ Plus d'attention devrait être accordée au **contrôle des systèmes de production** qu'à l'utilisation des capteurs disponibles
- ✓ Il y a un **fort besoin de coordination** et d'implication des différents experts et parties prenantes dans le développement et la mise en œuvre de systèmes d'élevage de précision (*chercheurs, ingénieurs, fournisseurs de technologies, économistes, agriculteurs, consommateurs et citoyens*)



Banhazi *et al.*, 2012a; Banhazi *et al.*, 2012b; Groot Koerkamp *et al.*, 2007

# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

- ✓ Plus d'attention devrait être accordée au **contrôle autonome des systèmes de production** qu'à l'utilisation de capteurs



## L'élevage intelligent...

**il est le futur des productions animales!**

- ✓ Le **système de contrôle** traite les données (*massives*) collectées par les capteurs à l'aide de techniques d'intelligence artificielle et des méthodes numériques évoluées qui pilotent le système de production **automatiquement**



## L'élevage intelligent...

**il est le futur des productions animales!**

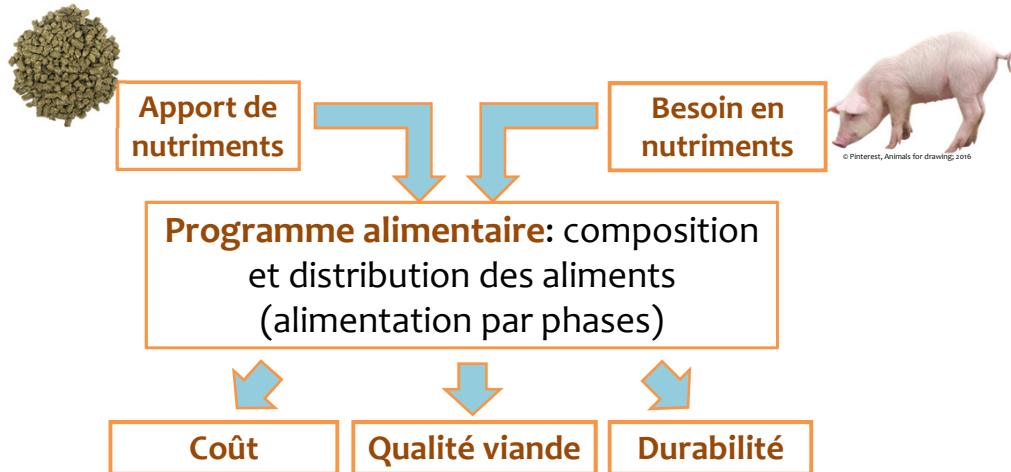
**L'exemple de l'alimentation de précision chez le porc**



## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

Éléments essentiels pour nourrir un animal avec précision



## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

Éléments essentiels pour nourrir un animal avec précision



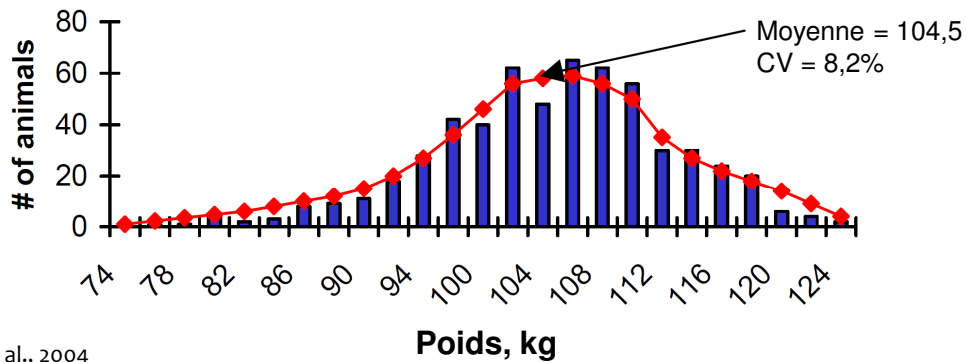


# L'élevage intelligent... il est le futur des productions animales!

## L'exemple de l'alimentation de précision

Il existe une variabilité importante entre les animaux d'un troupeau

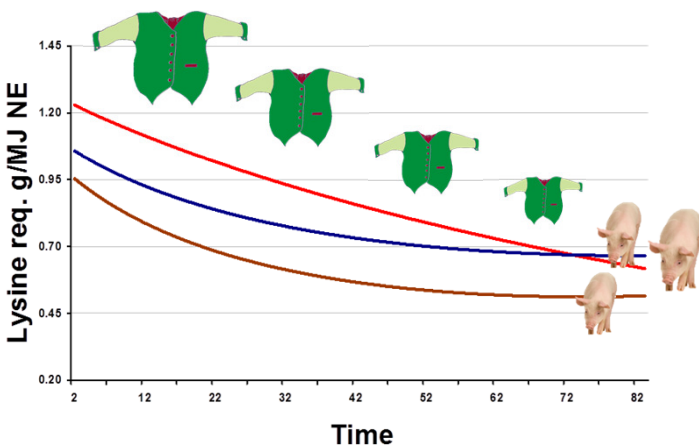
Poids des porcs à 20 semaines d'âge



Patience et al., 2004

# L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

Pour **un animal** donné à **un moment** donné, la quantité d'un nutriment qui permettra à cet animal de remplir ses fonctions naturelles de manière normale **change avec le temps**

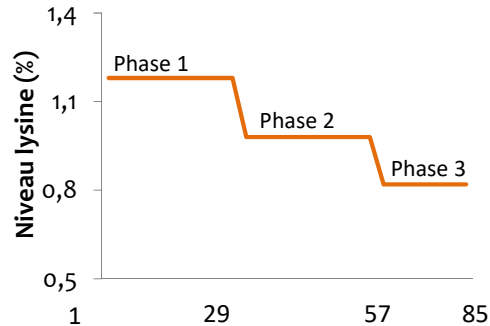
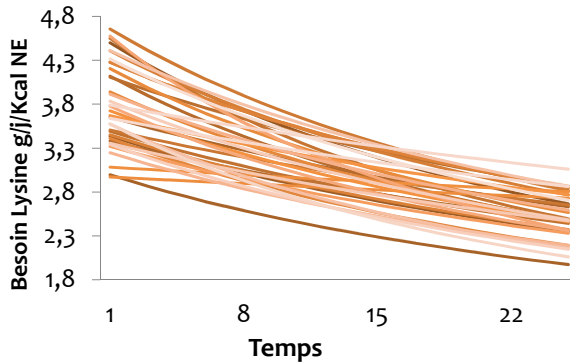


## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

#### La grande question:

Comment pouvons-nous estimer le niveau optimal de nutriments à fournir à tous les animaux si nous voulons **optimiser la croissance**, et ce, à un **coût minimal**?

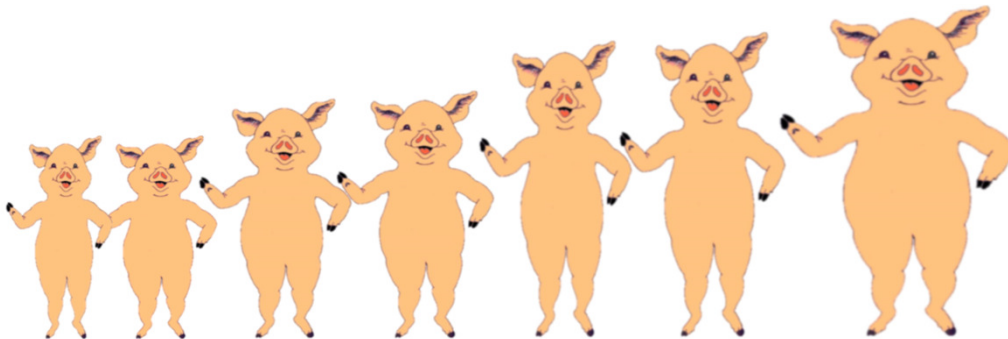


## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

#### ✓ Besoins nutritionnels

- Un même aliment (une taille) pour tous?



## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

#### ✓ Besoins nutritionnels

- Un même aliment (une taille) pour tous?



## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

#### ✓ Besoins nutritionnels

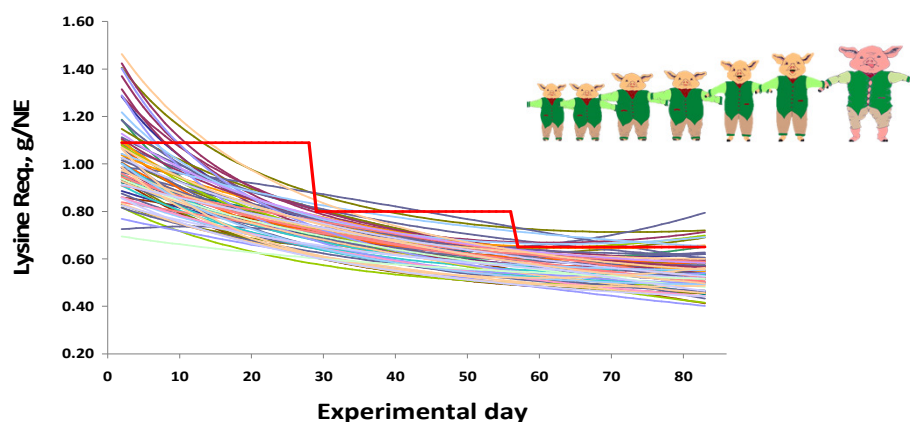
- Un même aliment (une taille) pour tous...  
dans ce cas, le besoin en nutriments doit être vu comme l'équilibre optimal  
entre la proportion d'animaux qui sera suralimentée et sous-alimentée



## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

### ✓ Besoins nutritionnels

- Un même aliment (une taille) pour tous... dans ce cas, le besoin en nutriments doit être vu comme l'équilibre optimal entre la proportion d'animaux qui sera suralimentée et sous-alimentée

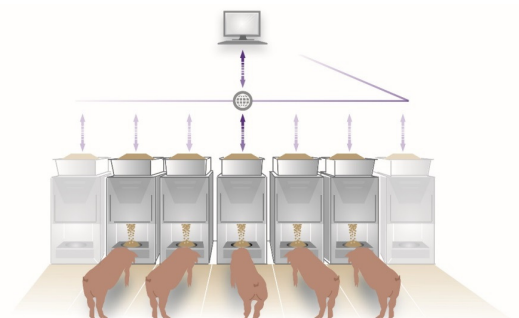


Hauschild et al., 2010

## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

L'alimentation de précision met à profit des techniques d'alimentation permettant de donner,

- ✓ à chaque animal
- ✓ la bonne **quantité** d'aliments
- ✓ avec la bonne **composition**,
- ✓ au bon **moment** (à chaque jour)





## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

Avec l'**alimentation de précision**... chaque porc est alimenté à chaque jour avec un aliment fait sur mesure pour lui

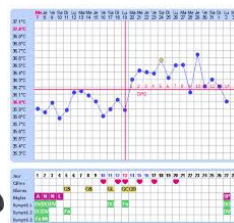
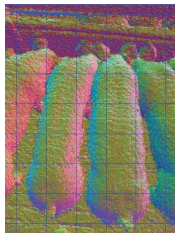


## L'élevage intelligent...

### L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Pour l'application des principes de l'alimentation de précision nous avons besoin de:

- **Dispositifs de mesure** (ex., des balances pour mesurer le poids des animaux, l'aliment consommé, etc.)
- **Méthodes de calcul** (ex., des modèles mathématiques estimant les besoins nutritionnels des porcs en temps réel, etc.)
- **Dispositifs de contrôle** (ex., des nourrisseurs intelligents, etc.)



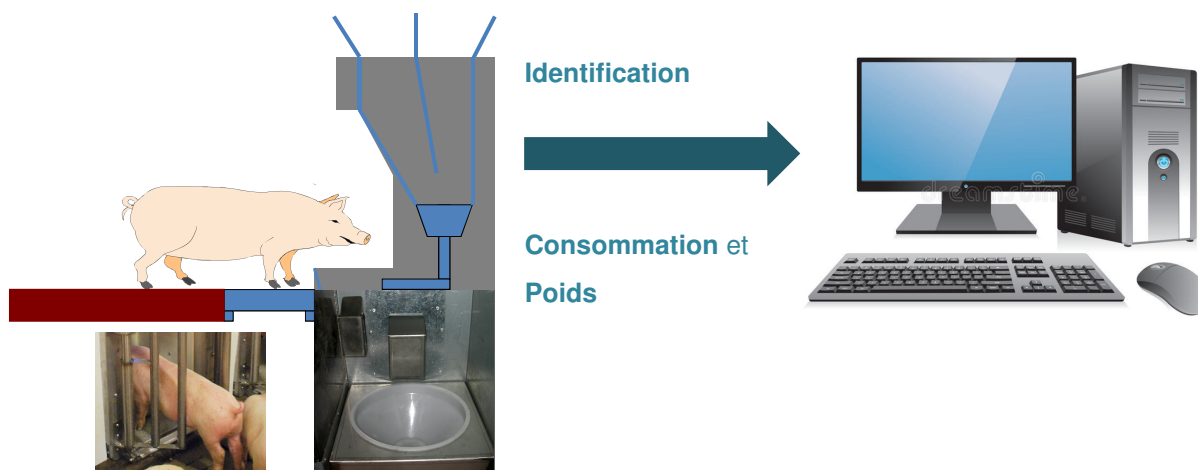
## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

- ✓ La recherche a permis de développer les **méthodes de calcul** sous forme de modèles mathématiques permettant d'estimer les besoins nutritionnels de chaque porc en temps réel et de les valider



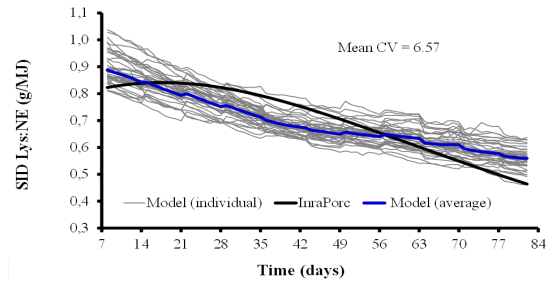
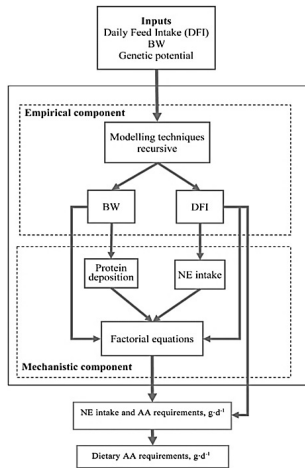
## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

- ✓ **Comment ça marche?**



# L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Comment ça marche?

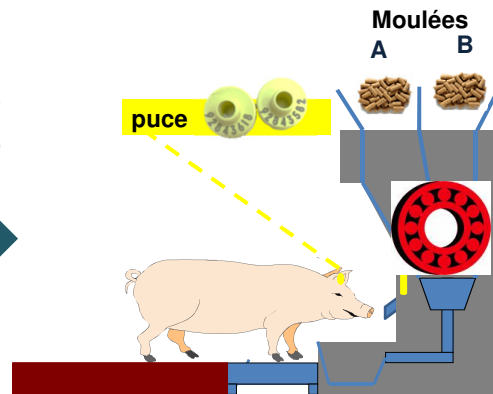
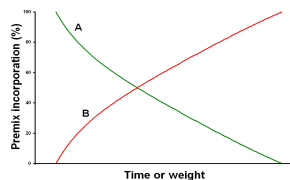


# L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Comment ça marche?

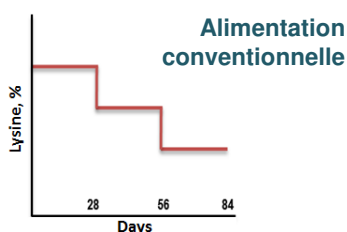
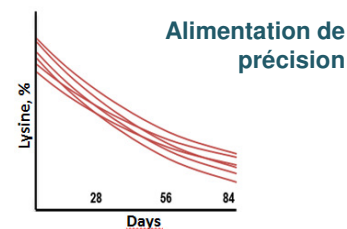


Proportion des  
moulées A et B  
à mélanger



## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

Variable	Alimentation de Précision vs. Conventionnelle	
	Projet 1	Projet 2
Consommation	n.s.	n.s.
Gain de poids	n.s.	n.s.
Dépôt musculaire	n.s.	n.s.
Dépôt de gras	n.s.	n.s.
<b>Protéine consommée</b>	<b>&lt; 16%</b>	<b>&lt; 16%</b>
<b>Lysine consommée</b>	<b>&lt; 27%</b>	<b>&lt; 26%</b>
<b>Azote excrété</b>	<b>&lt; 22%</b>	<b>&lt; 30%</b>
<b>Coût aliments, \$/porc</b>	<b>&lt; 8%</b>	<b>&lt; 10%</b>

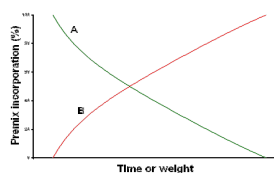
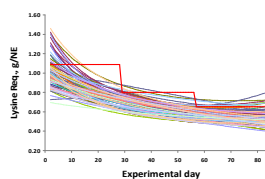


Andretta et al. 2014; 2016

## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

L'alimentation de précision individualisée permet de :

- ✓ **diminuer de 8-15% les coûts de l'alimentation** en réduisant l'apport excédentaire de nutriments (protéine, phosphore, etc.)
- ✓ **diminuer de 2-3% les coûts de fabrication**, d'entreposage, de gestion et de transport des aliments par l'utilisation des mêmes prémélanges dans toutes les exploitations
- ✓ **réduire de 40% l'excrétion d'azote, de phosphore** et d'autres composants polluants ainsi que la quantité de sols requise pour l'application du lisier

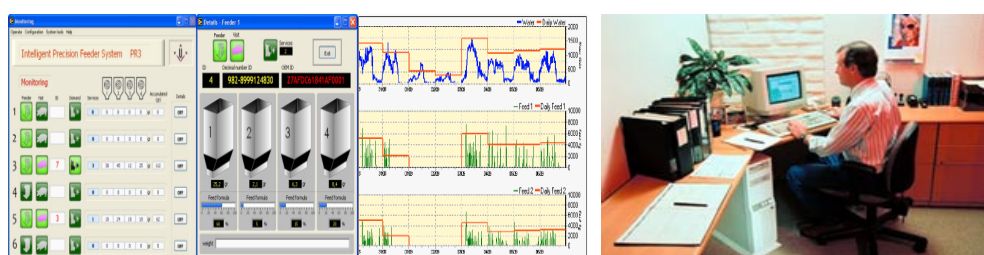




## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

La gestion intelligente des aliments et des animaux au moyen de technologies avancées de l'information permet :

- ✓ **le suivi en temps réel, à distance et de façon automatique** des aliments, des animaux et de leur environnement afin d'accroître la rentabilité
- ✓ **de réduire la main-d'œuvre et les coûts** grâce au suivi et la gestion automatique de tous les éléments productifs de la ferme



## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

L'analyse de la dynamique de consommation permet :

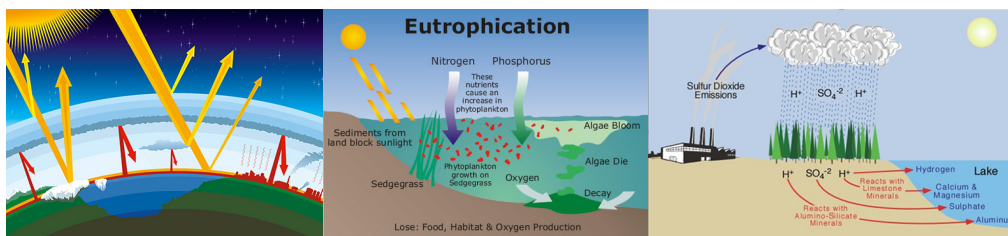
- ✓ **d'identifier rapidement les animaux malades** et d'administrer avec précision des traitements individuels, ce qui permet d'améliorer le rendement du troupeau et de diminuer les frais vétérinaires
- ✓ **diminuer le recours aux antibiotiques** en détectant de façon précoce les maladies et en administrant des traitements individualisés



## L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

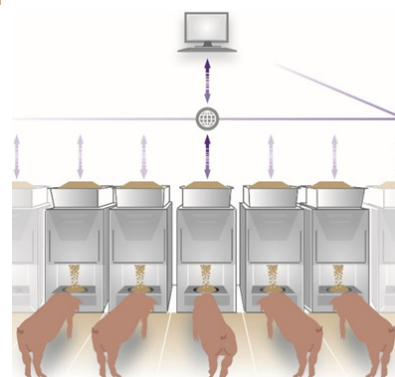
L'alimentation de précision individualisée permet de :

- ✓ Réduire de **6%** l'impact de la production sur les changements climatiques (kg CO<sub>2</sub>-eq) et
- ✓ Réduire jusqu'à **5%** l'impact de l'eutrophication et de l'acidification (kg PO<sub>4</sub>-eq and SO<sub>2</sub>-eq)



## L'élevage intelligent... il est le futur des productions animales!

- ✓ Dans l'**alimentation de précision**, on traite les données collectées par les capteurs et à l'aide de méthodes numériques évoluées on pilote l'alimentation de chaque porc **automatiquement, individuellement et en temps réel**



# L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

## Mais,

- Cette approche de production, **est-elle réaliste?**
- **Combien vont coûter les équipements?**
- Quel sera le retour sur l'investissement?



Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

Agriculture and  
Agri-Food Canada

## Merci beaucoup



**Candido Pomar**  
**Chercheur scientifique**

Téléphone : **819 780-7252**

Courriel : **Candido.Pomar@canada.ca**



**Canada**

