

# Comment des capteurs GPS et des accéléromètres embarqués sur les vaches laitières pourraient permettre d'améliorer la gestion du pâturage ?

Lucile Riaboff<sup>1,2</sup>, Sébastien Couvreur<sup>3</sup>, Sébastien Aubin<sup>1</sup>, Aurélien Madouasse<sup>4</sup>, Sylvain Poggi<sup>5</sup>, Alain Chauvin<sup>4</sup>, Patrick Massabie<sup>2</sup>, Guy Plantier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ESEOTech-LAUM, 49000, Angers, France

<sup>2</sup>Terrena Innovation, 44150, Ancenis, France

<sup>3</sup>URSE, Ecole Supérieure d'Agricultures, Univ. Bretagne Loire, 49000, Angers, France

<sup>4</sup>INRAE, BIOEPAR, Oniris, 44307, Nantes, France

<sup>5</sup>IGEPP, INRAE, Institut Agro, Univ Rennes, 35653, Le Rheu, France

Mercredi 1<sup>er</sup> juillet 2020  
Agronomie & IA 2020 -  
Session 2

PFIA  
2020  
ANGERS

## Vagabond

eSEO  
INNOVATION MAKES SENSE

LAUM

ESA  
ÉCOLE SUPÉRIEURE  
D'AGRICULTURES  
Angers Loire

Le Mans  
Université

Oniris  
École Nationale  
Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation  
Nantes Atlantique

TERRENA  
LA NOUVELLE AGRICULTURE

Financeur

Région  
PAYS DE LA LOIRE

TERRENA  
LA NOUVELLE AGRICULTURE

ART

# Evolution des modèles agricoles dans le cadre de la transition agroécologique

1990

Contexte actuel de  
l'agriculture

2020



Adopter des pratiques qui  
jouent en faveur de la  
santé des animaux

Transition  
agroécologique



Préserver la diversité  
biologique et réduire les  
impacts environnementaux

« L'intégration de la recherche, de l'éducation, de l'action et du changement qui apporte la durabilité à toutes les parties du système alimentaire : écologique, économique et social » (Gliessman, 2018)

# Le pâturage des bovins laitiers : une pratique pertinente dans le cadre de l'agroécologie

Elevage de bovins laitiers →

Valorisation des prairies  
par le pâturage



Adopter des pratiques qui  
jouent en faveur de la  
santé des animaux



Préserver la diversité  
biologique et réduire les  
impacts environnementaux

Objectif →

Intégrer au maximum l'herbe pâturée dans la ration  
des animaux

# Le pâturage des bovins laitiers : une pratique pertinente dans le cadre de l'agroécologie

Elevage de bovins laitiers →

Valorisation des prairies  
par le pâturage



Adopter des pratiques qui jouent en faveur de la santé des animaux



Préserver la diversité biologique et réduire les impacts environnementaux

**Moins de blessures aux membres**

Amélioration qualité de la corne

**Moins de boiteries**

Amélioration qualité de la peau

Expression comportements naturels

Amélioration qualité du poil

**Amélioration bien-être animal**

# Le pâturage des bovins laitiers : une pratique pertinente dans le cadre de l'agroécologie

Elevage de bovins laitiers →

Valorisation des prairies  
par le pâturage



Adopter des pratiques qui  
jouent en faveur de la  
santé des animaux



Préserver la diversité  
biologique et réduire les  
impacts environnementaux

**Séquestration du carbone dans le sol**

Réduction intrants fertilisation

**Maintien biodiversité végétale**

Moins de pollution issue de la mécanisation

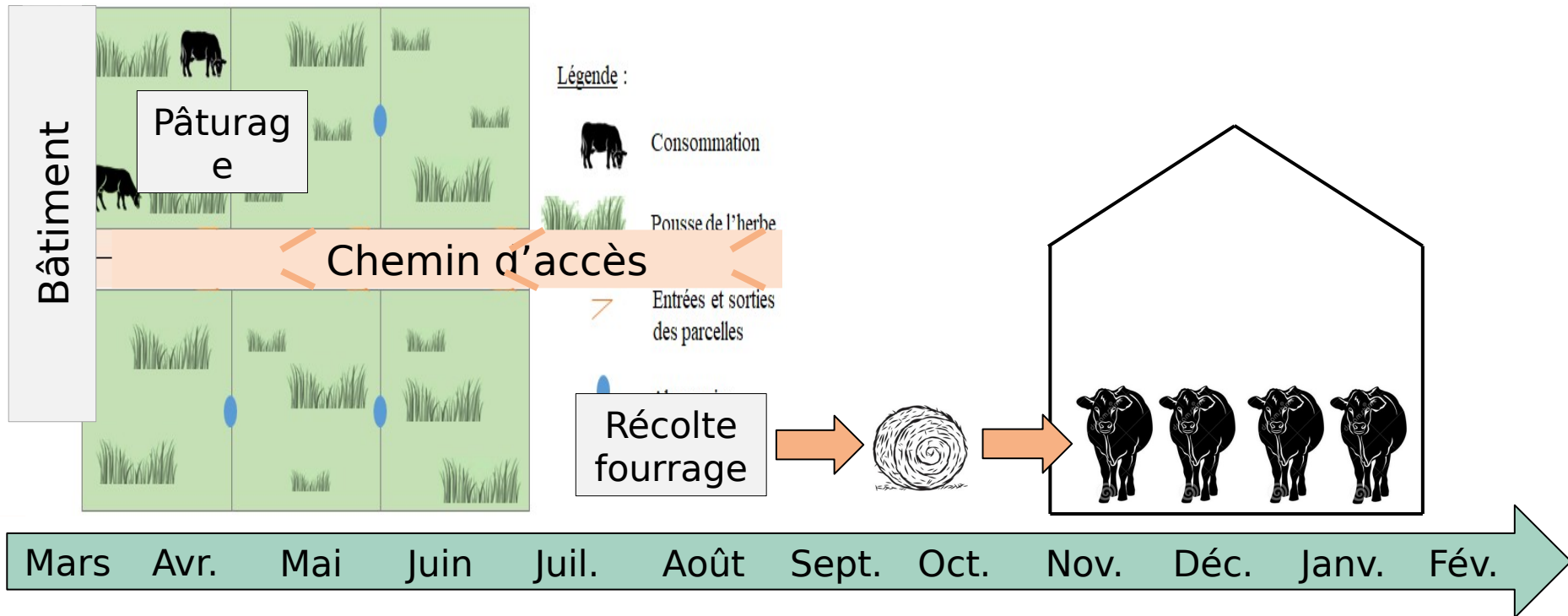
Effet de filtre contre la pollution de l'eau

Améliore la qualité biologique du sol

**Réduction érosion**

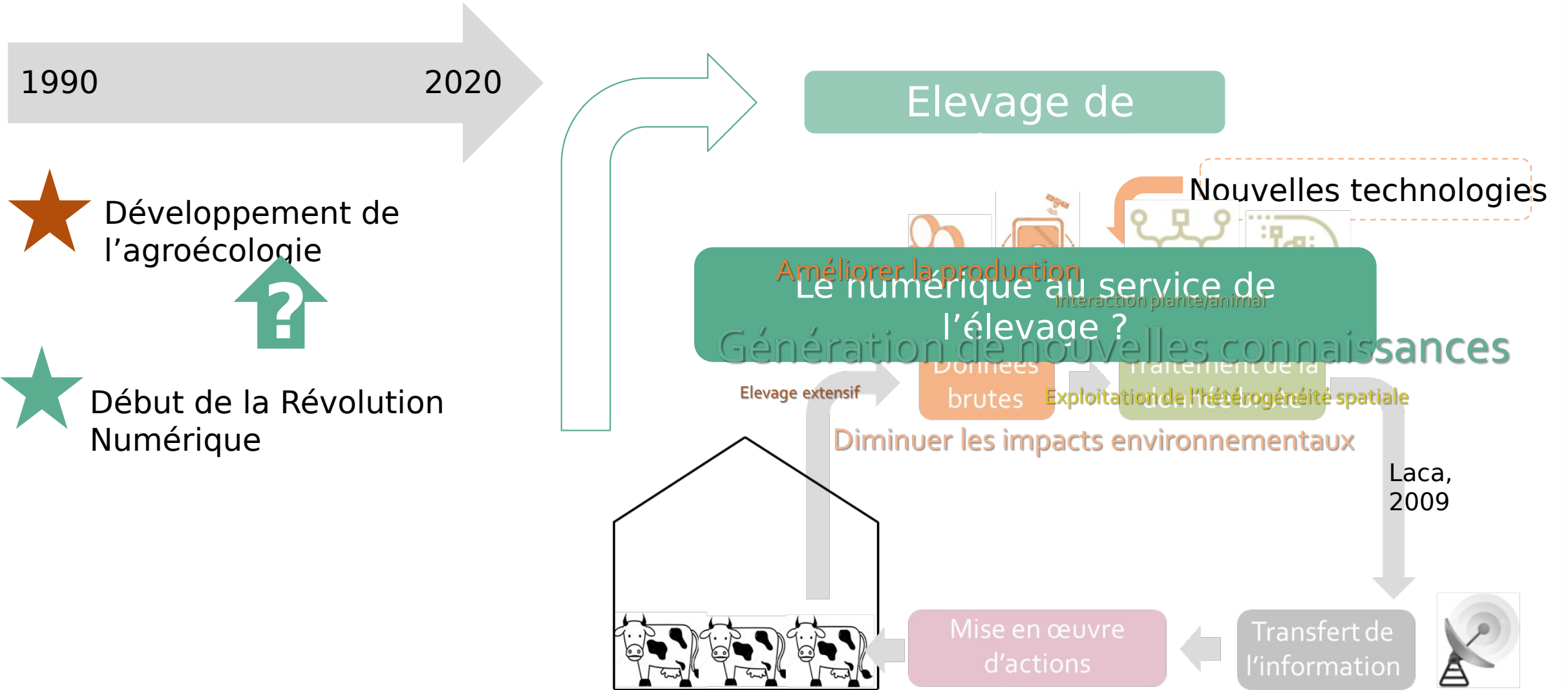
# Complexité associée à la gestion du pâturage

Adéquation entre l'offre de nourriture et l'exposition des animaux  
Boues de l'habitat et les productions  
**Gestion des prairies**  
Entretien des prairies de pâturage difficiles  
Mauvaise gestion des intrants néfaste pour l'environnement





# Le numérique au service de l'élevage : concept de l'élevage de précision



# Le numérique au service de l'élevage : concept de l'élevage de précision

Le numérique appliqué au cas particulier de la gestion du pâturage ?

Génération de nouvelles connaissances sur le pâturage des vaches laitières

Meilleure compréhension des  
Axe de Recherche ?  
des vaches laitières et les conditions de pâturage

Adopter de nouvelles pratiques

Optimiser l'utilisation de la ressource par les animaux

Amélioration de la santé et du bien-être des animaux au pâturage

Amélioration des performances animales

Réduction des impacts environnementaux

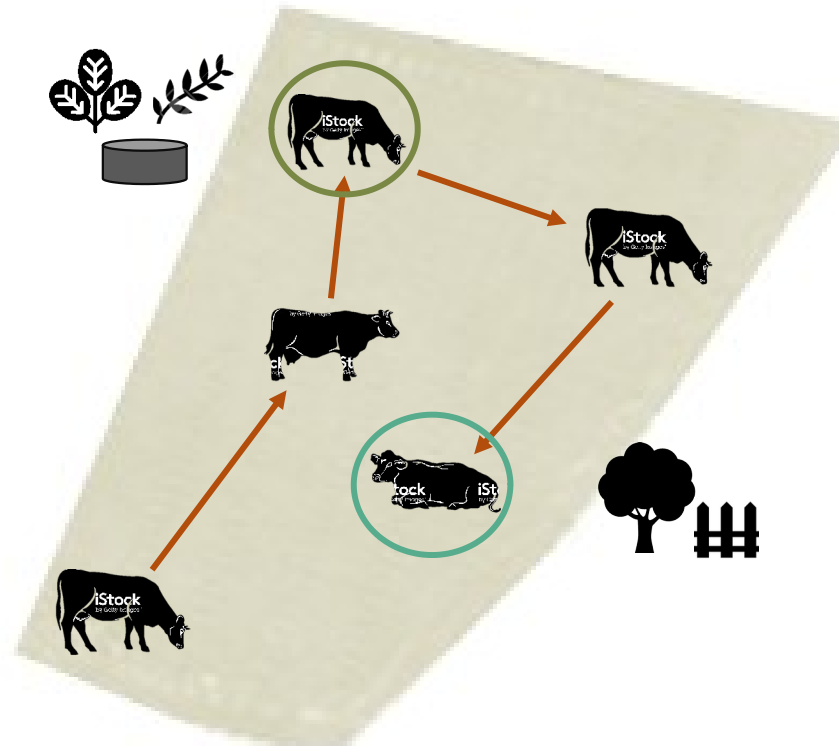
Adéquation offre en herbe et besoin des animaux  
Pousse de l'herbe variable selon les saisons  
**Gestion des prairies**  
Gestion du stock de fourrage    Entretien des prairies  
Aléas climatiques  
Mauvaise gestion des intrants néfaste pour l'environnement

Animaux éloignés du site d'exploitation  
Suivi des événements de reproduction  
**Gestion des animaux**  
Détection d'une situation anormale sur les prairies    Conditions de pâturage difficiles  
Suivi de la santé des animaux  
Pathologies favorisées par le pâturage



# Le numérique appliqué au cas particulier de la gestion du pâturage

Comment développer un outil numérique pour explorer les relations entre les vaches laitières et les conditions

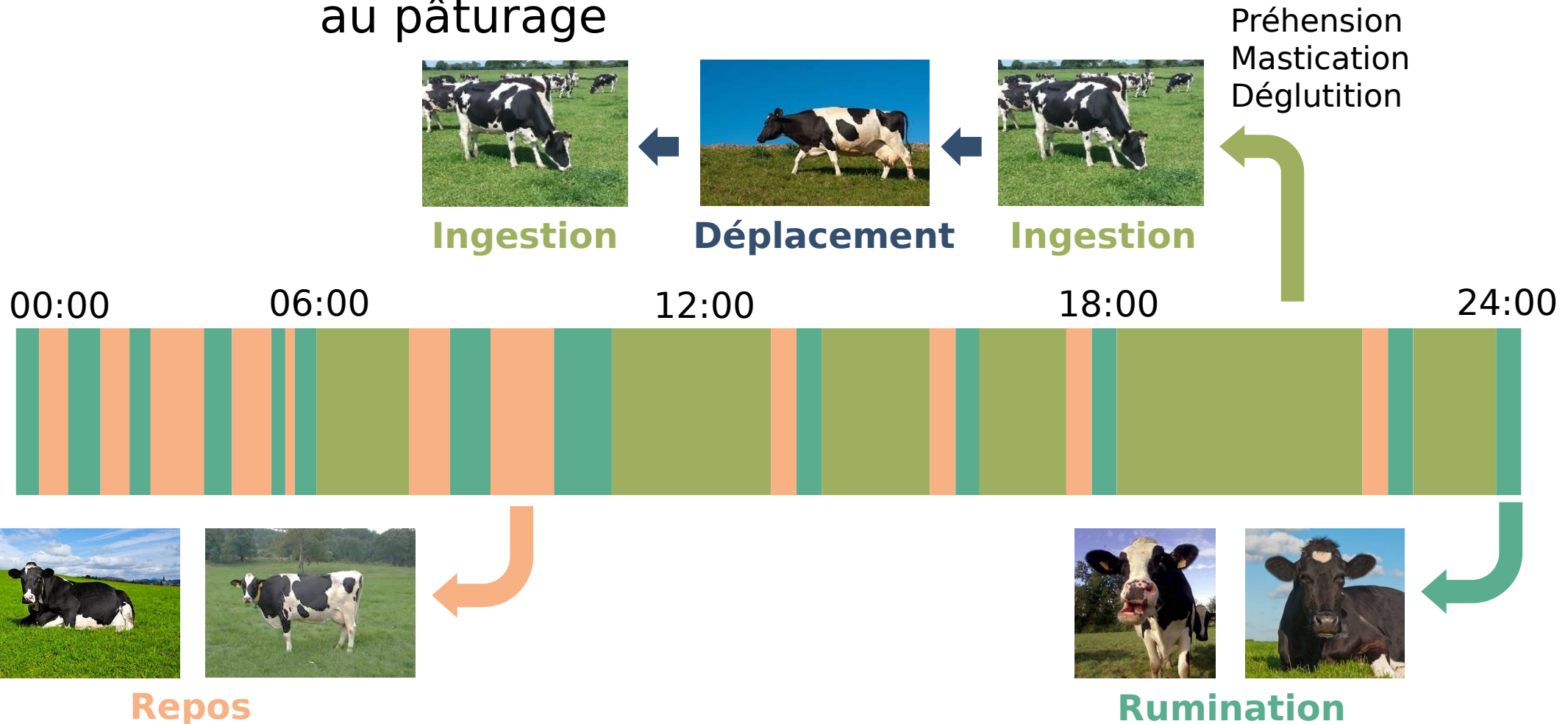


Comportements principaux



# Quels indicateurs collecter pour les applications envisagées ?

## Comportements principaux des vaches laitières au pâturage



# Le numérique appliqué au cas particulier de la gestion du pâturage

Comment remonter automatiquement le comportement des vaches laitières au pâturage à partir



# Vers un outil numérique pour faciliter le pâturage des bovins laitiers ?

## Plan de la présentation

Contexte de l'étude

Quelles méthodes pour aboutir aux applications souhaitées ?

Démarche scientifique

Questions de recherche et stratégie générale

Développement

Travail méthodologique réalisé et résultats

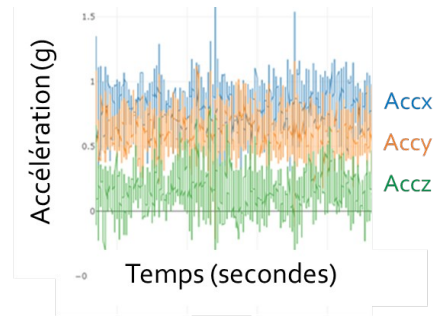
Preuve de concept

Mise en application du travail méthodologique pour répondre aux questions posées

Discussion

Outils numérique envisagé et agroécologie : quels leviers possibles ?

# Quelles méthodes pour remonter le comportement des ruminants à partir de données accéléromètres ?



## Traitement du signal brut

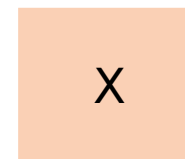
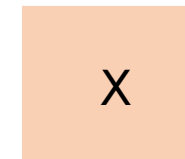
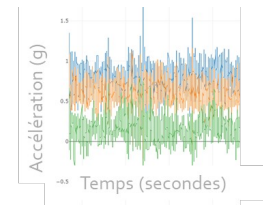
Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

## Classification

Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

## Validation

Objectif : estimer les performances du modèle



Modèle

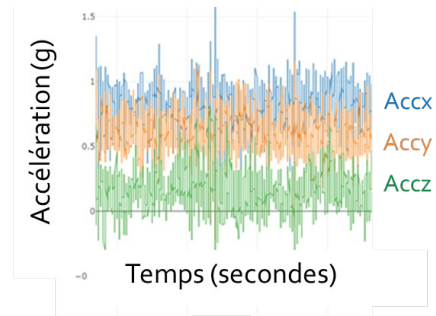
$Y \sim X$



?



# Quelles méthodes pour remonter le comportement des ruminants à partir de données accéléromètres ?



## Traitement du signal brut

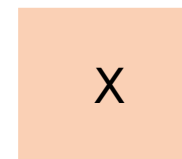
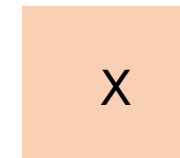
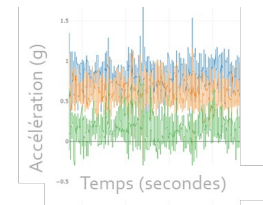
Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

## Classification

Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

## Validation

Objectif : estimer les performances du modèle



Modèle

$$Y \sim X$$



?

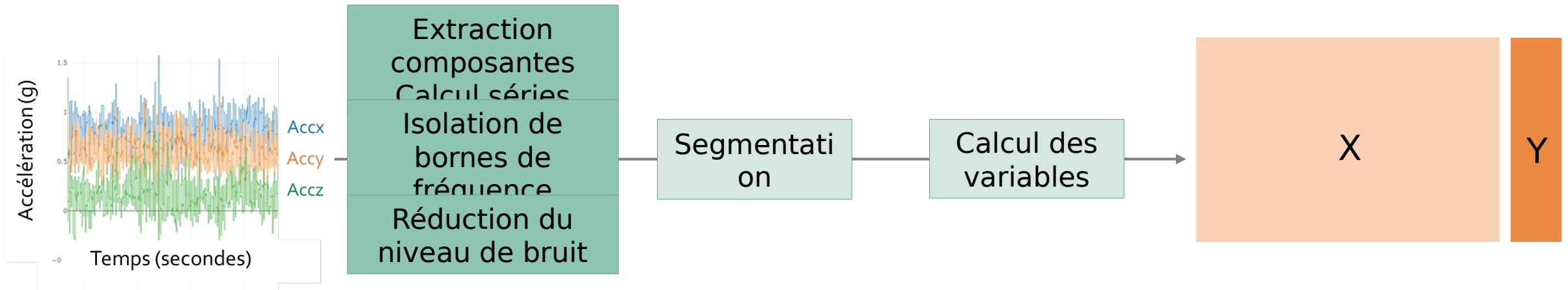


# Principe du traitement du signal accéléromètre appliqué à la reconnaissance d'activités



Communauté concernée : classification de comportements de ruminants à partir de signaux accéléromètres

Communautés connexes : reconnaissance automatique d'activités humaines à partir de signaux accéléromètres, etc.



Diversité de techniques de filtrage utilisées dans les communautés connexes



Communauté concernée



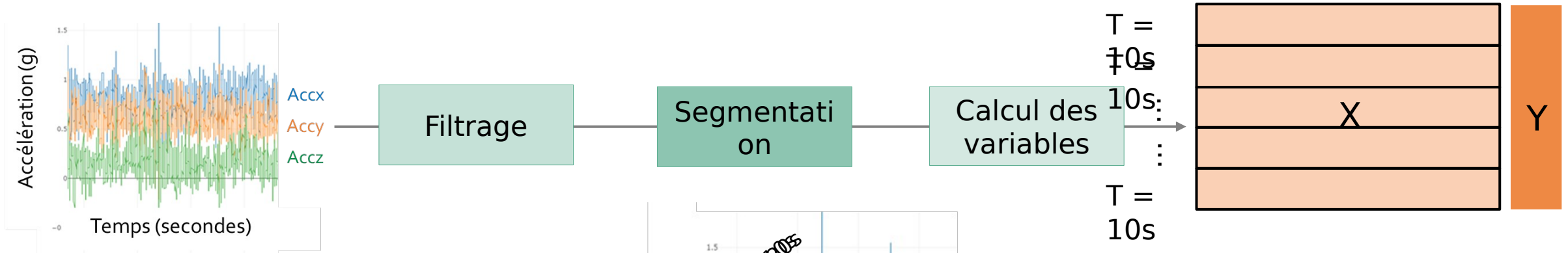
Traitement sur signal brut sans filtrage

# Principe du traitement du signal accéléromètre appliqué à la reconnaissance d'activités

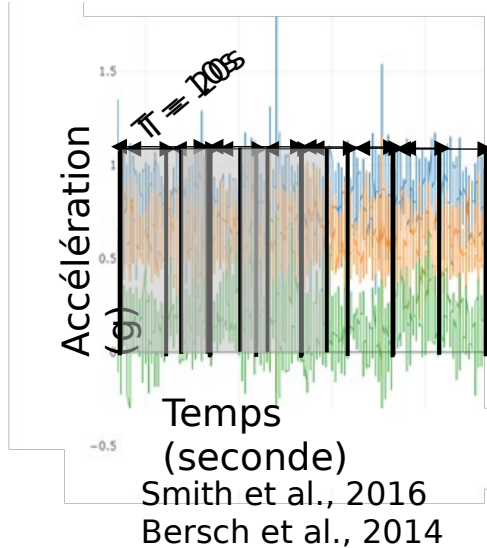


Communauté concernée : classification de comportements de ruminants à partir de signaux accéléromètres

Communautés connexes : reconnaissance automatique d'activités humaines à partir de signaux accéléromètres, etc.



Diversité de possibilités pour la segmentation



Recouvrement entre fenêtres

Utilisation ++ communautés connexes

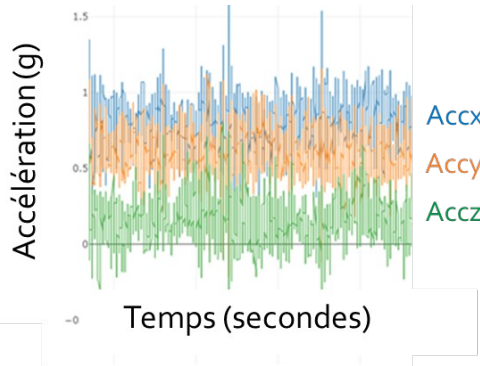
Fenêtre de signal = unité statistique

# Principe du traitement du signal accéléromètre appliqué à la reconnaissance d'activités



Communauté concernée : classification de comportements de ruminants à partir de signaux accéléromètres

Communautés connexes : reconnaissance automatique d'activités humaines à partir de signaux accéléromètres, etc.

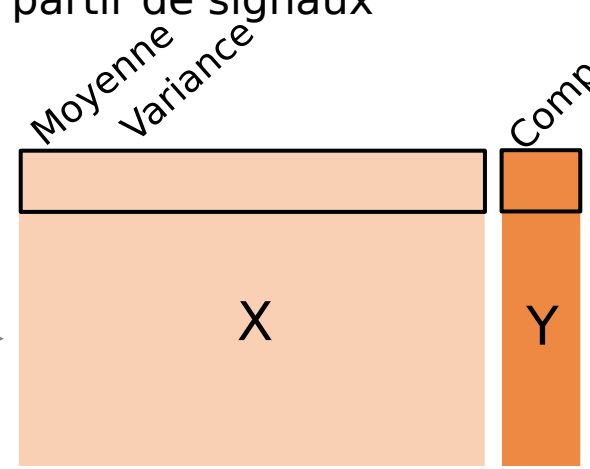


Filtrage

Segmentation

Calcul des variables

T = 10s



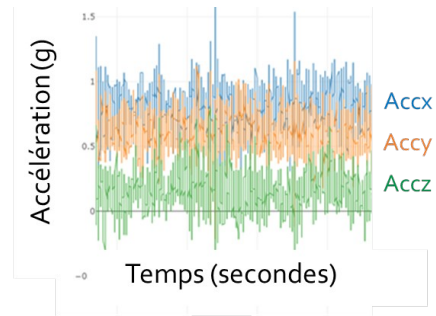
Plusieurs façons de traiter le signal accéléromètre

Domaine temporel

Domaine spectral

Question de l'effet du traitement du signal brut sur les performances de classification largement abordée en reconnaissance des activités humaines mais très peu en classification de comportements de ruminants

# Quelles méthodes pour remonter le comportement des ruminants à partir de données accéléromètres ?



## Traitement du signal brut

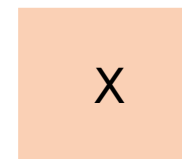
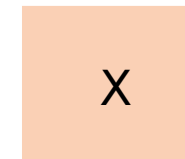
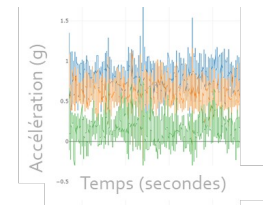
Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

## Classification

Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

## Validation

Objectif : estimer les performances du modèle

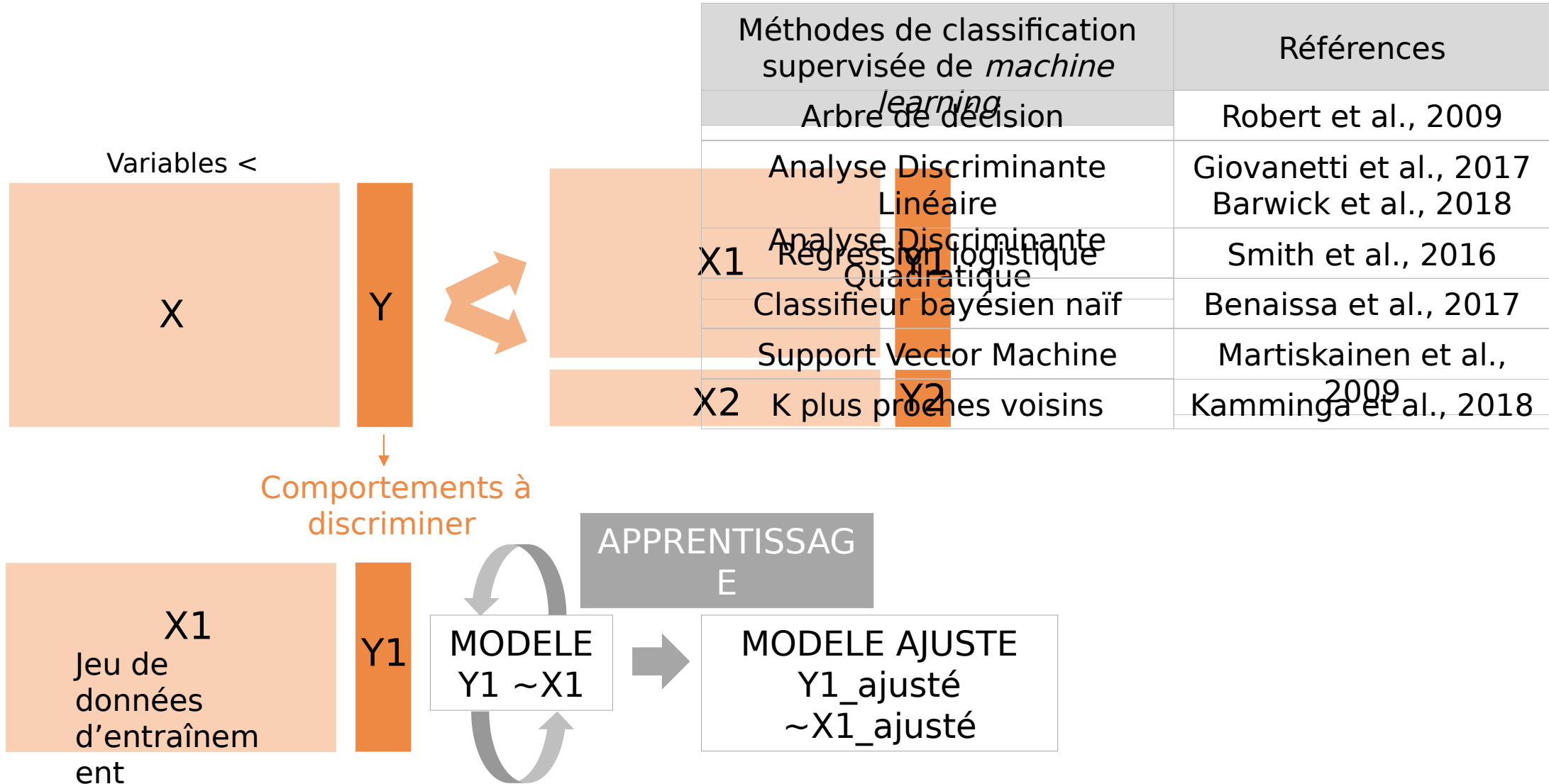


Modèle

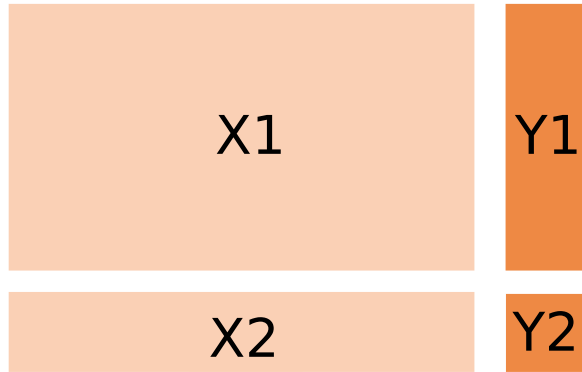
$$Y \sim X$$



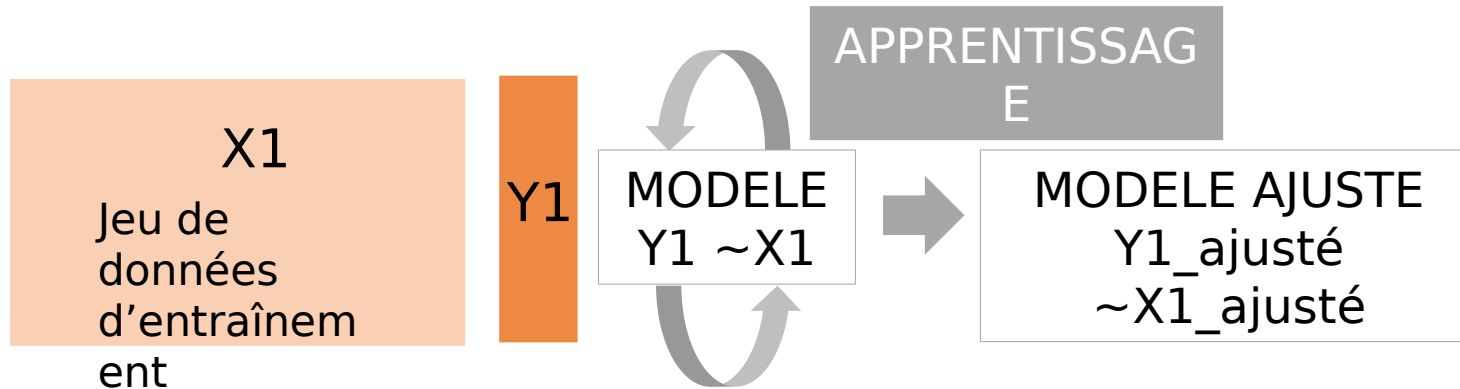
# Classification des comportements à partir de la matrices de variables de l'accéléromètre



# Méthodologie pour classifier le comportement des ruminants à partir de données accéléromètres

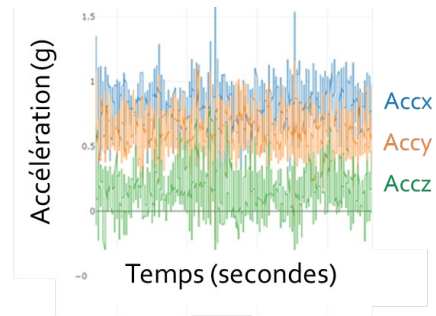


Méthode	Références
Méthodes de <i>deep learning</i>	Références
<ul style="list-style-type: none"> <li>Réseaux de neurones</li> <li>Analyse Discriminante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weizheng et al., 2019</li> <li>Dutta et al., 2015</li> </ul>
Méthodes probabilistes	Références
<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbre de décision</li> <li>Modèle de Markov Caché</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vasquez et al., 2015</li> <li>... 2015</li> </ul>
Méthodes de seuillage	Références
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andriamandroso et al., 2015</li> <li>Dutta et al., 2017</li> </ul>





# Quelles méthodes pour remonter le comportement des ruminants à partir de données accéléromètres ?



## Traitement du signal brut

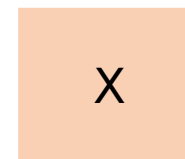
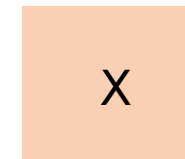
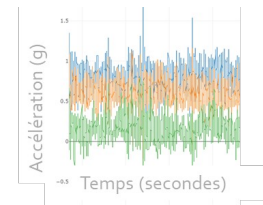
Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

## Classification

Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

## Validation

Objectif : estimer les performances du modèle

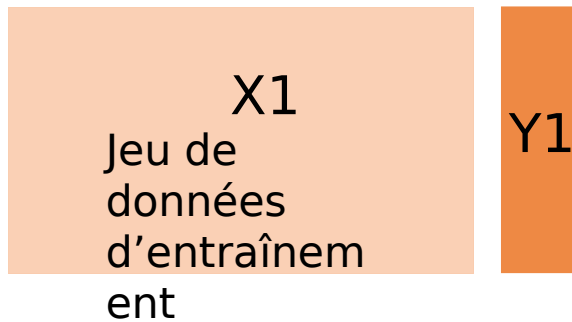
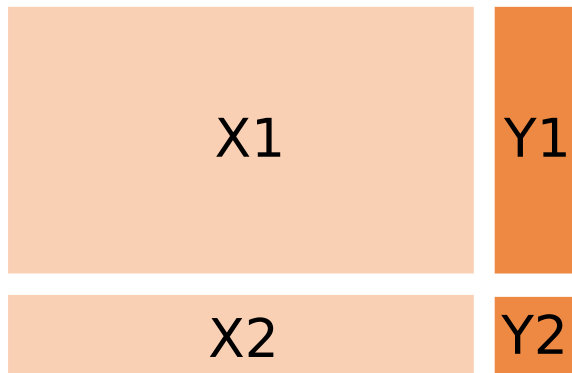


Modèle

$Y \sim X$



# Validation du modèle de classification des comportements



Métriques de performance

Matrice de confusion

Pourcentage de bon classement

$$\frac{VP}{VP + VN + FP + FN} * 100$$

Sensibilité

$$\frac{VP}{VP + FN}$$

Spécificité

$$\frac{VN}{FP + VN}$$

Comportements

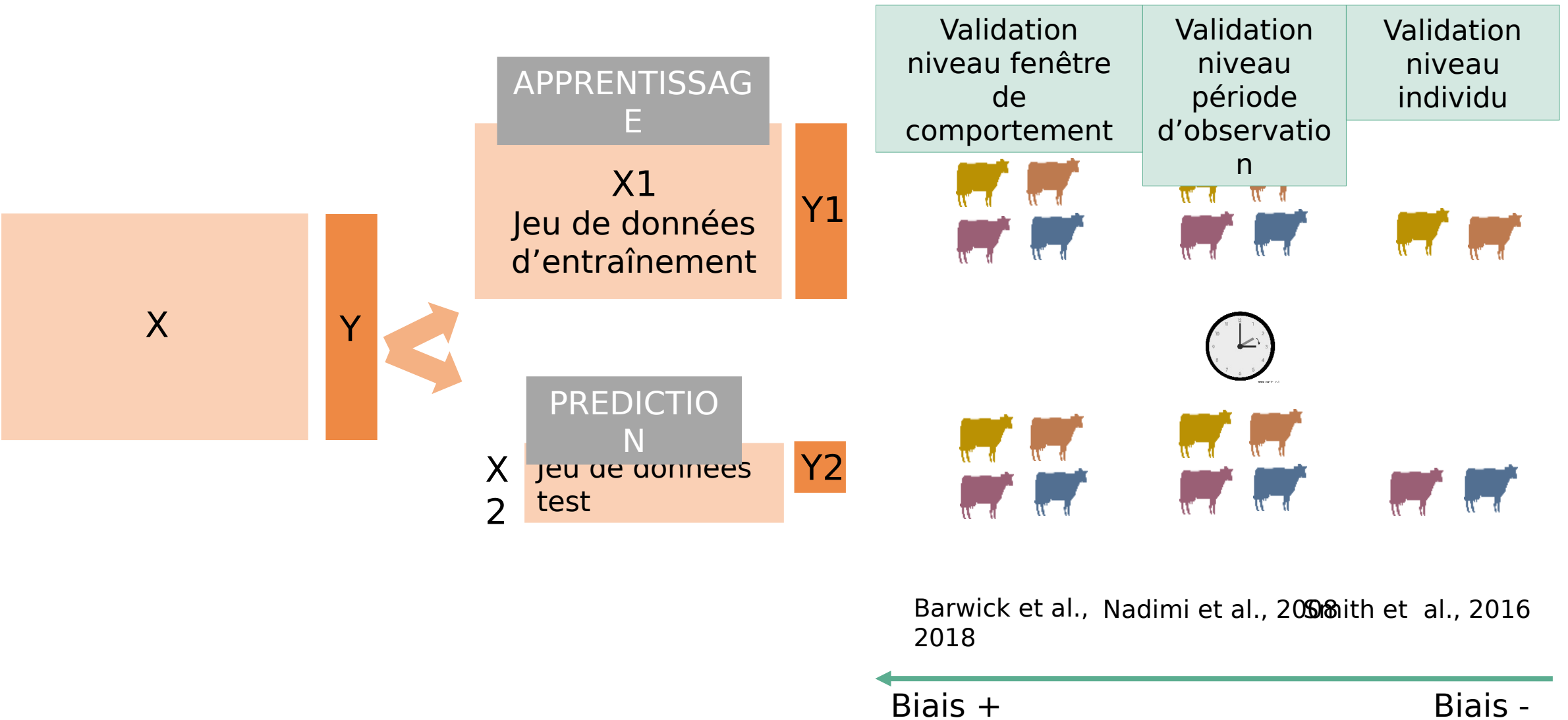
	Ingestion	Autre
Ingestion	136	2
Autre	0	812

Comportements observés

Vrai positif (VP) Faux négatif (FN)

Faux positif (FP) Vrai Négatif (VN)

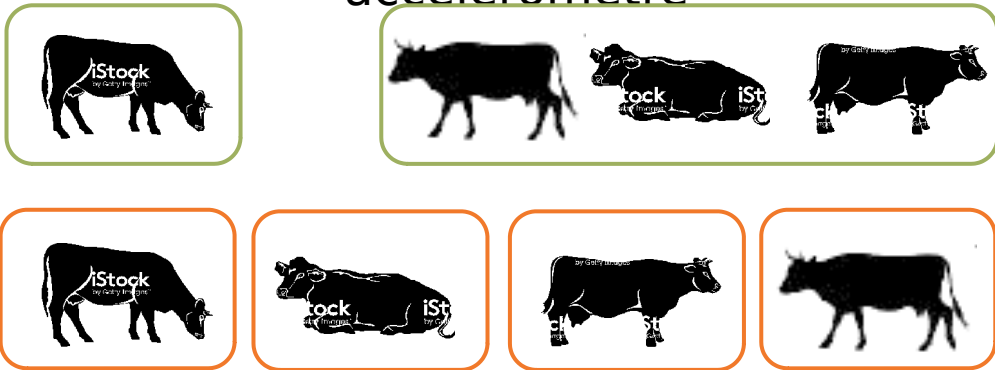
# Validation du modèle de classification des comportements



# Classification des comportements de ruminants à partir de données accéléromètres : quelles limites?

## Limite des méthodologies existantes

Difficulté à prédire un large spectre de comportements avec un seul accéléromètre



Rutten et al., 2013

Validité des modèles

Niveau période d'observation



Niveau de l'individu



Rahman et al., 2018

# Vers un outil numérique pour faciliter le pâturage des bovins laitiers ?

## Plan de la présentation

Contexte de l'étude

Quels indicateurs, quels capteurs et quelles méthodes pour aboutir aux applications souhaitées ?

Démarche scientifique

Questions de recherche et stratégie générale

Développement

Travail méthodologique réalisé et résultats

Preuve de concept

Mise en application du travail méthodologique pour répondre aux questions posées

Discussion

Outils numérique envisagé et agroécologie : quels leviers possibles ?

# Questions de recherche

## Méthodologie

Comment remonter automatiquement à partir d'un accéléromètre embarqué l'ensemble des comportements principaux des vaches laitières au pâturage de façon robuste ?

Cadre méthodologique

Ingestion au pâturage



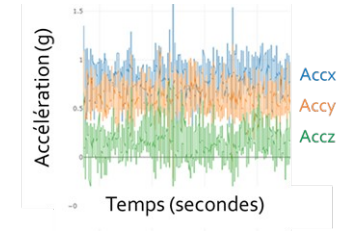
Rumination

Déplacement



Repos

Distinction des positions couchée et debout



Traitement du signal brut

Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

Classification

Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

Validation

Objectif : estimer les performances du modèle





# Questions de recherche

**Applicatif**

Génération de nouvelles connaissances sur le pâturage des vaches laitières

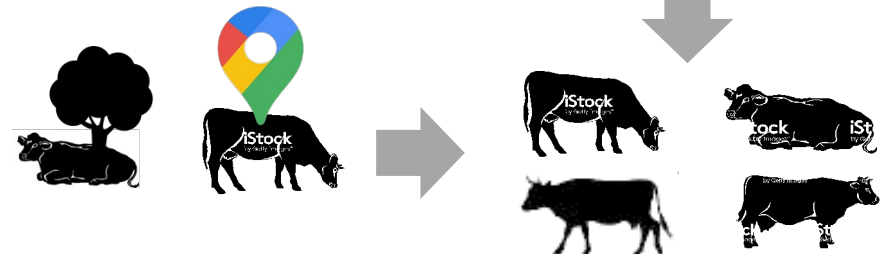


Meilleure compréhension des relations entre le comportement des vaches laitières et les conditions de pâturage

Est-ce-que le cadre méthodologique développé pourrait permettre de mieux comprendre les relations entre comportement et conditions de pâturage ?



Preuve de concept



# Stratégie générale

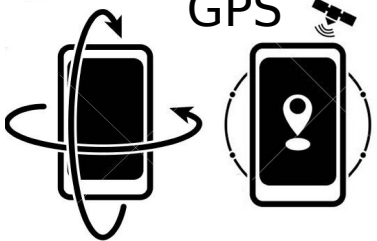
## Partie expérimentale

Acquisition des données nécessaires pour répondre aux questions de recherche

## Partie développement

Mise en place du cadre méthodologique à partir des données expérimentales et illustration de son potentiel

Données  
accéléromètres et  
GPS



86 vaches laitières  
4 élevages  
commerciaux  
(Région Pays-de-la-  
Loire)

Printemps /  
été

Accéléromètre 3 D  
(59.5 Hz)

2017 et 2018

GPS  
(1 Hz)



Méthodologi  
que

Applicatif

# Stratégie générale

## Partie expérimentale

Acquisition des données nécessaires pour répondre aux questions de recherche

## Partie développement

Mise en place du cadre méthodologique à partir des données expérimentales et illustration de son potentiel

Données sur le comportement



Comportement	Heure Début	Heure Fin
Ingestion	10:00:00	10:12:29
Déplacement	10:12:30	10:13:45
Ingestion	10:13:46	10:15:00

2 expérimentateurs

> 57 heures d'observation sur 86 animaux

Méthodologique

Applicatif

# Stratégie générale

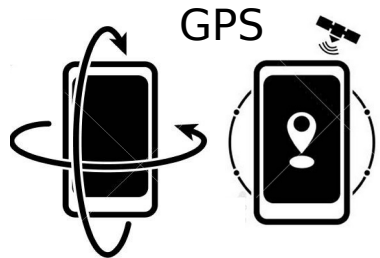
## Partie expérimentale

Acquisition des données nécessaires pour répondre aux questions de recherche

## Partie développement

Mise en place du cadre méthodologique à partir des données expérimentales et illustration de son potentiel

Données accéléromètres et



86 vaches laitières  
4 élevages commerciaux  
(Région Pays-de-la-Loire)

Données sur le comportement



> 57 heures d'observation sur les 86 vaches laitières

Données sur la prairie



2 prairies caractérisées < 1

Traitement du signal



Statistiques probabilistes

Machine Learning



Méthodologique

Applicatif

# Vers un outil numérique pour faciliter le pâturage des bovins laitiers ?

## Plan de la présentation

Contexte de l'étude

Quelles méthodes pour aboutir aux applications souhaitées ?

Démarche scientifique

Questions de recherche et stratégie générale

Développement

Travail méthodologique réalisé et résultats

Preuve de concept

Mise en application du travail méthodologique pour répondre aux questions posées

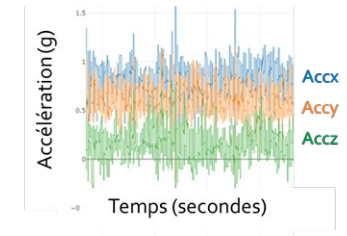
Discussion

Outils numérique envisagé et agroécologie : quels leviers possibles ?

## Méthodologie

Comment remonter automatiquement à partir d'un accéléromètre embarqué l'ensemble des comportements principaux des vaches laitières au pâturage de façon robuste ?

Le traitement du signal peut-il permettre d'améliorer la classification des comportements des vaches laitières ?



Traitement du signal brut

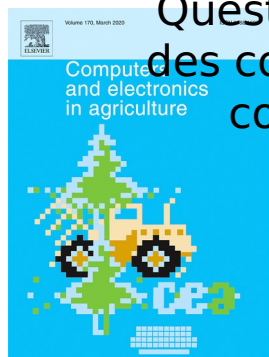
Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

Classification

Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

Validation

Objectif : estimer les performances du modèle



Question inspirée des communautés connexes



Démontrer l'importance de cette étape

Proposer des techniques simples à mettre en œuvre

Riaboff, L., Rubin, D., Bédere, N., Couvreur, S., Madraasse, A., Goumand, E., Chauvin, A., Plantier, G., 2019. Evaluation of pre-processing methods for the prediction of cattle behaviour from accelerometer data. *Computers and Electronics in Agriculture*. 165, 104961. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104961> (publié)



# Effet du traitement du signal sur la qualité de la classification des comportements

Collecte comportements



Y

Collecte accélération brute

Filtrage

Segmentation

Calcul des variables

X

Modélisation linéaire ANOVA



Acc 3 D

10 vaches laitières < 1 heures d'observation élevage

Filtre passe-haut (FPH)	Filtre passe-bas (FPB)
Fréquence de coupure : 0.3 Hz	Fréquence de coupure : 10 Hz
	Fréquence de coupure : 5 Hz
	Fréquence de coupure : 1 Hz
Taille de recouvrement (RECV)	
3 s ; 5 s ; 10 s ; 20 s ; 30 s	0 % ; 25 % ; 50 % ; 75 % ; 90 %

Plusieurs configurations pour chaque étape du traitement du signal

150 configurations différentes à tester

APPRENTISSAGE



Arbre de décision

PREDICTION



5-cross-validation

Y'

F-score

0 Classification mauvaise → 1 Classification excellente

F-score

$$F\text{-score} = \alpha + \beta_1 FPH + \beta_2 FPB + \beta_3 TF + \beta_4 RECV + \beta_5 TF : RECV + \varepsilon$$

# Effet du traitement du signal sur la qualité de la classification des comportements

	FPB	FPH	TF	RECV	F-score
Configurations +	x	Aucune	20 s ; 30 s	90 %	0.96
Configurations -	x	0.3 Hz	3 s	0% ; 25% ; 50% ; 75%	0.65

F-score  
0 → 1  
Classification mauvaise → Classification excellente

➔ Intérêt de considérer la manière dont est traité le signal accéléromètre (Fida et al., 2015)

	Sign.	Niveau	F-score (moyenne ± écart-type)
FPH	***	Aucune	0.85 <sup>a</sup> ± 0.08
		FPH (fc)	0.86 <sup>ab</sup> ± 0.07
			0.87 <sup>abc</sup> ± 0.07
			0.88 <sup>bc</sup> ± 0.07
			0.89 <sup>c</sup> ± 0.07

Le traitement optimal du signal brut est étude-dépendant : cette étape mérite donc d'être considérée dans chacune des études, au même titre que l'étape de classification

➔ Intérêt de conserver l'analyse (Erdas et al., 2016)



Inclinaison de la tête de l'animal (Oshima et al., 2010)



➔ Amélioration avec le recouvrement entre fenêtres (Bersch et al., 2014 ; Lee and Kwan, 2018)



Comportements peu observés

Niveaux de significativité : \*\*\*  $P < 0.001$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*  $P < 0.05$ ; †  $P < 0.1$

<sup>a - d</sup> moyennes ajustées significativement différentes ( $P < 0.05$ , test de comparaison de moyennes Tukey)

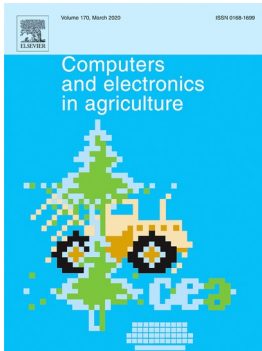
Riaboff et al., 2019

## Méthodologique

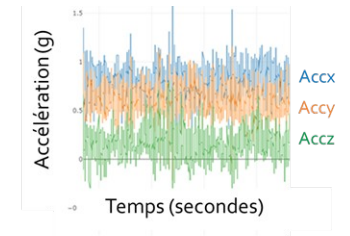
Comment remonter automatiquement à partir d'un accéléromètre embarqué l'ensemble des comportements principaux des vaches laitières au pâturage de façon robuste ?

Quelle combinaison de traitement du signal et d'algorithmes de classification permettrait de classifier un large spectre de comportements de façon robuste?

Cadre méthodologique



Riaboff, L., Poggi, S., Madouasse, A., Couvreur, S., Aubin, S., Bédère, N., Goumand, E., Chauvin, A., Plantier, G., 2020. Development of a methodological framework for a robust prediction of the main behaviours of dairy cows using a combination of machine learning algorithms on accelerometer data. *Computers and Electronics in Agriculture*. 169, 105179. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105179> (publié)



Traitement du signal brut

Objectif : obtenir le jeu de données approprié pour la classification

Classification

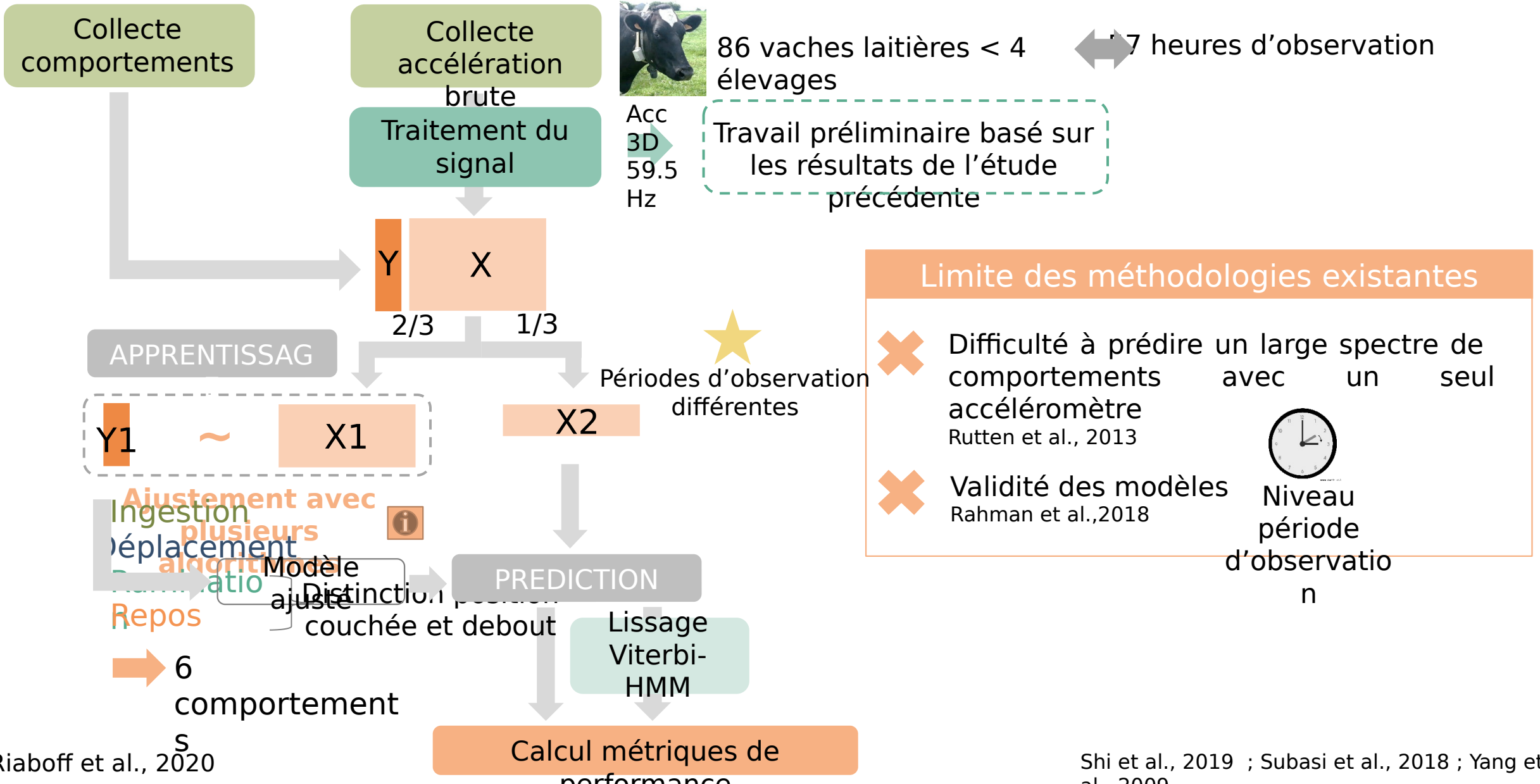
Objectif : classifier le comportement des bovins à partir des variables du signal accéléromètre

Validation

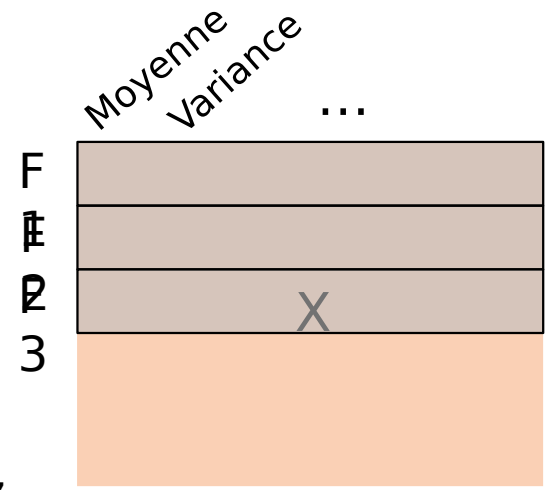
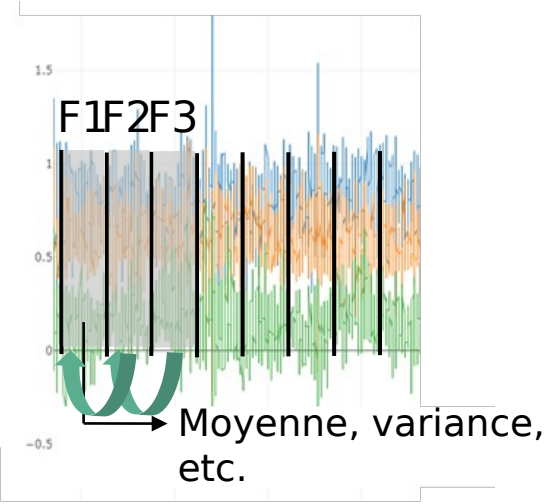
Objectif : estimer les performances du modèle



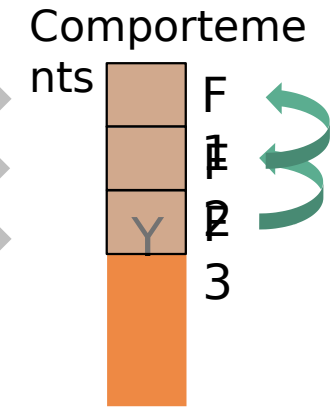
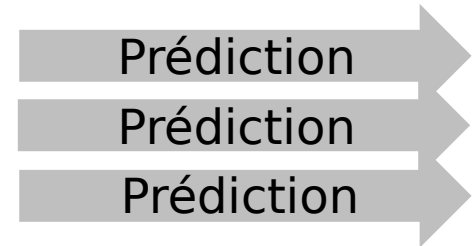
# Optimisation de la prédiction des comportements des vaches laitières au pâturage



# Optimisation de la prédiction des comportements des vaches laitières au pâturage



{SVM, ADA, RF, XGB}



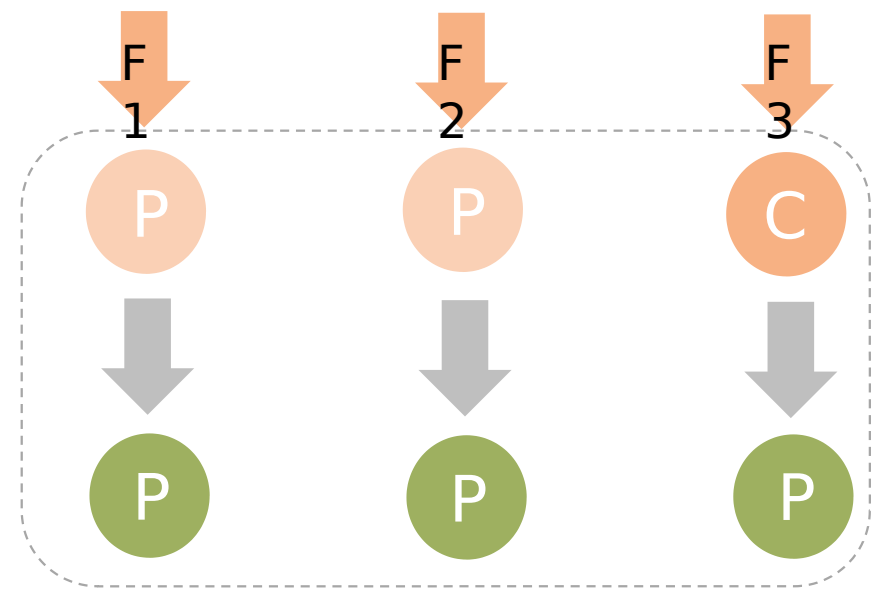
Modèle de Markov Caché (HMM)



Un processus stochastique markovien : processus aléatoire dont l'état à chaque instant ne dépend que de l'état qui précède

Informations sur le comportement des animaux

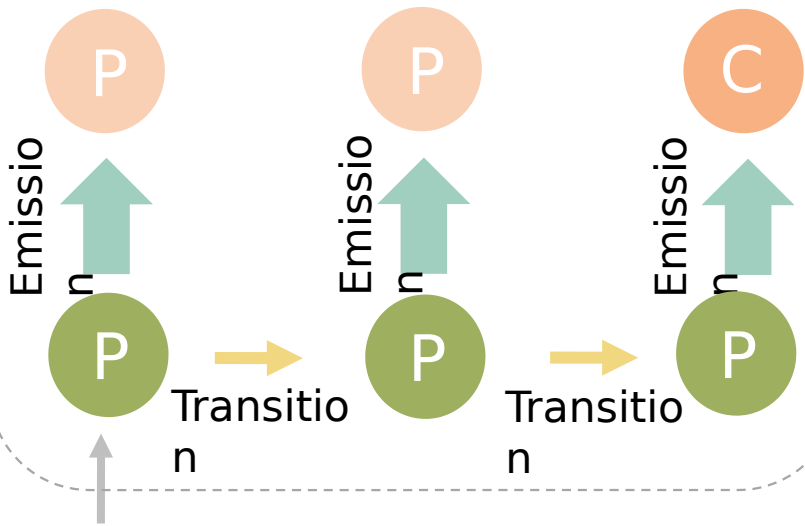
Séquence de comportements prédits



# Optimisation de la prédiction des comportements des vaches laitières au pâturage

Quel HMM pour ce problème particulier ?

Séquence de comportements prédits



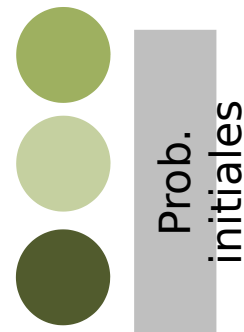
**Etats observés :** 6 comportements prédits par les algorithmes de *machine learning* (ML)

Pâture - Marche - Couchée rumine - Couchée rumine pas - Debout rumine - Debout rumine pas

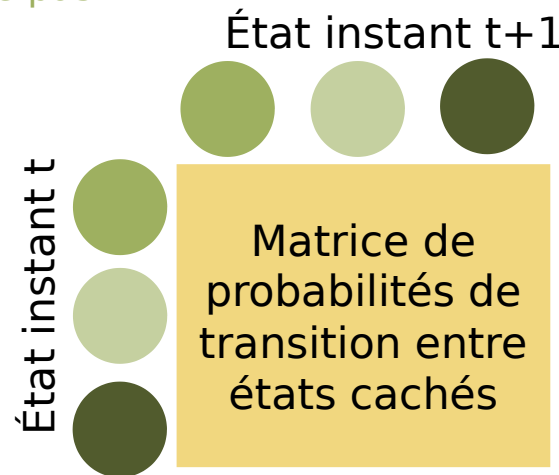
**Etats cachés :** 6 comportements observés sur le terrain et à retrouver  
Pâture - Marche - Couchée rumine - Couchée rumine pas - Debout rumine - Debout rumine pas

Algorithme permettant de retrouver la séquence d'états cachés la plus probable à partir d'un HMM de paramètres connus

Algorithme de Viterbi



Vecteur trouvé à partir des données expérimentales



Matrice trouvée à partir des données expérimentales

Comportements observés



Matrice de confusion des algorithmes de ML

# Optimisation de la prédiction des comportements des vaches laitières au pâturage

Collecte accélération brute

AccDy + AccSt  
TF = 10 s;  
RECV = 90%

XGB

Lissage Viterbi-HMM

Kappa  
0 Classification mauvaise → 1 Classification excellente

Algorithmes	Pourcentage bon classement (%)	Kappa de Cohen
XGB	98	96
RF	97	95
SVM	97	95
ADA	95	92

Configuration		Performance	
TF (s)	RECV (%)	Pourcentage bon classement(%)	Kappa de Cohen
5	50	96	0.93
10	50	96	0.94
5	90	94	0.91
10	90	97	0.96

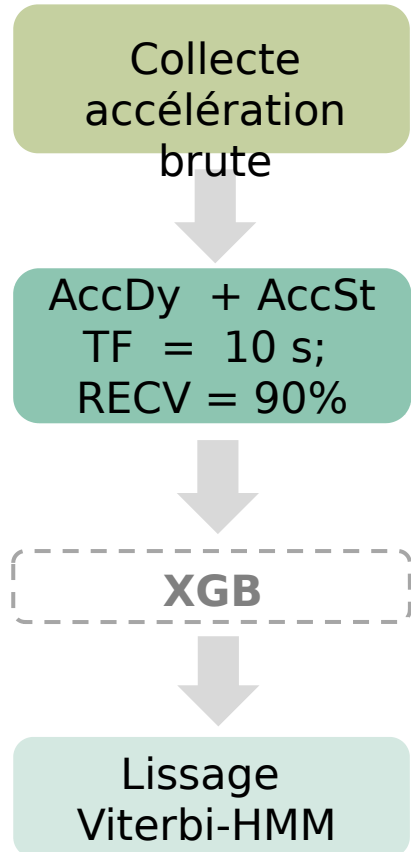
Métriques par comportement	Sensibilité (%)	Spécificité (%)
Pâturer	+ 0.0	+ 0.0
Couchée ne rumine pas	+ 0.0	+ 0.0
Couchée rumine	+ 0.0	+ 0.0
Debout ne rumine pas	+ 4.0	+ 0.0
Debout rumine	+ 1.0	+ 0.0
Marche	+ 1.0	+ 0.0

→ Performances XGB > RF > SVM > ADA

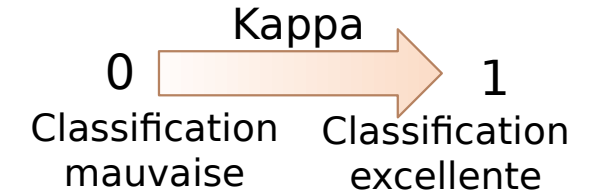
→ Amélioration avec l'algorithme de Viterbi basé sur un HMM

Développement

# Optimisation de la prédiction des comportements des vaches laitières au pâturage



Métriques globales	Pourcentage bon classement(%)	Kappa de Cohen
	98	0.96
Métriques par comportement	Sensibilité (%)	Spécificité (%)
Pâturer	100	99
Couchée ne rumine pas	95	99
Couchée rumine	99	100
Debout ne rumine pas	78	99
Debout rumine	96	100
Marche	84	100



Comportement le plus amélioré par le lissage Viterbi - HMM

➔ Prédiction robuste d'un large spectre de comportements avec un seul modèle

➔ Modèle validé au niveau de la période d'observation



# Vers un outil numérique pour faciliter le pâturage des bovins laitiers ?

## Plan de la présentation

Contexte de l'étude

Quelles méthodes pour aboutir aux applications souhaitées ?

Démarche scientifique

Questions de recherche et stratégie générale

Développement

Travail méthodologique réalisé et résultats

Preuve de concept

Mise en application du travail méthodologique pour répondre aux questions posées

Discussion

Outils numérique envisagé et agroécologie : quels leviers possibles ?

# Questions de recherche

**Applicatif**

Génération de nouvelles connaissances sur le pâturage des vaches laitières



Meilleure compréhension des relations entre le comportement des vaches laitières et les conditions de pâturage

Est-ce-que le cadre méthodologique développé pourrait permettre de mieux comprendre les relations entre comportement et conditions de pâturage ?



Preuve de concept

Riaboff L., Couvreur S., Madouasse A., Aubin S., Massabie P., Chauvin A., Bédère N. and Plantier G. Relationship between dairy cow behaviour and pasture characteristics explored with a methodology based on accelerometer and GPS data to highlight its potential for animal welfare monitoring (soumis à *Sensors* en Juillet 2020)



Cadre méthodologique

# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA

Collecte accélération brute

Collecte position

Mai 2018



Elevage commercial la Pommeraye (Pays-de-la-Loire)

26 vaches Holstein équipées sur 5 jours de pâturage = 1 rotation complète

Acc 3 D 59.5 Hz  
GPS 1 Hz



Prairie permanente ; 1.6 ha  
Forte diversité structurelle et floristique  
Accès 6 h - 11h30

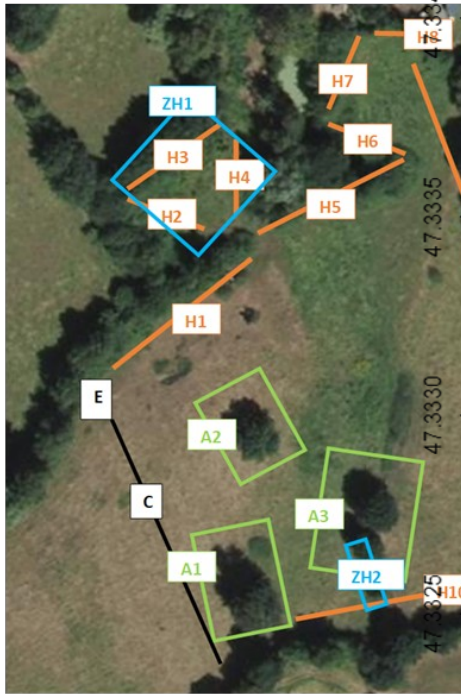
Régulation portail robot de traite  
⇌



Prairie temporaire ; 2.3 ha  
Faible diversité structurelle et floristique  
Proximité du robot de traite et des génisses  
Accès 11h30 - 18 h

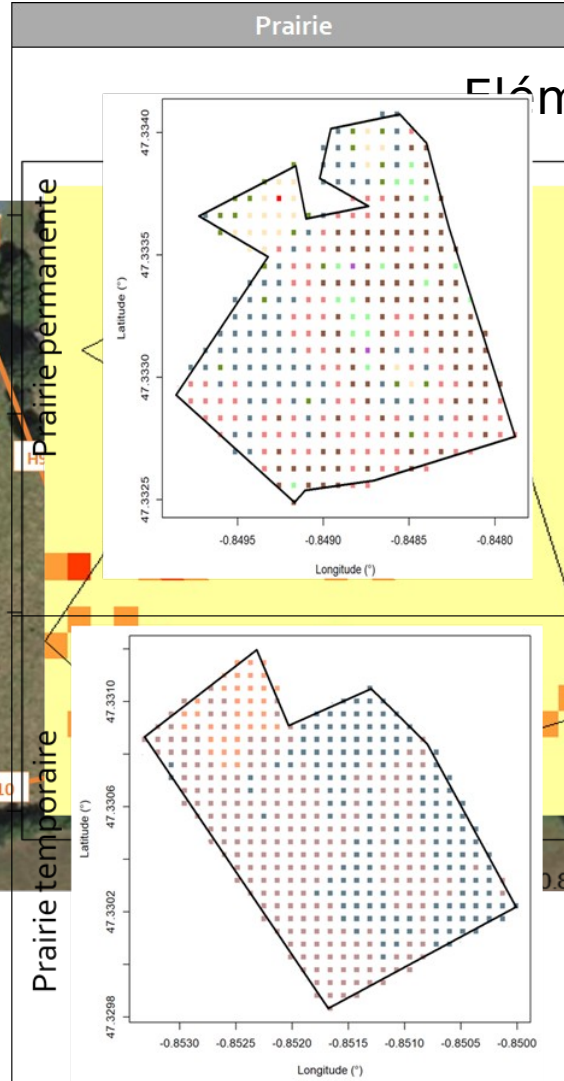
# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA

## Caractéristiques structurelles



Prairie permanente

## Caractéristiques de la prairie

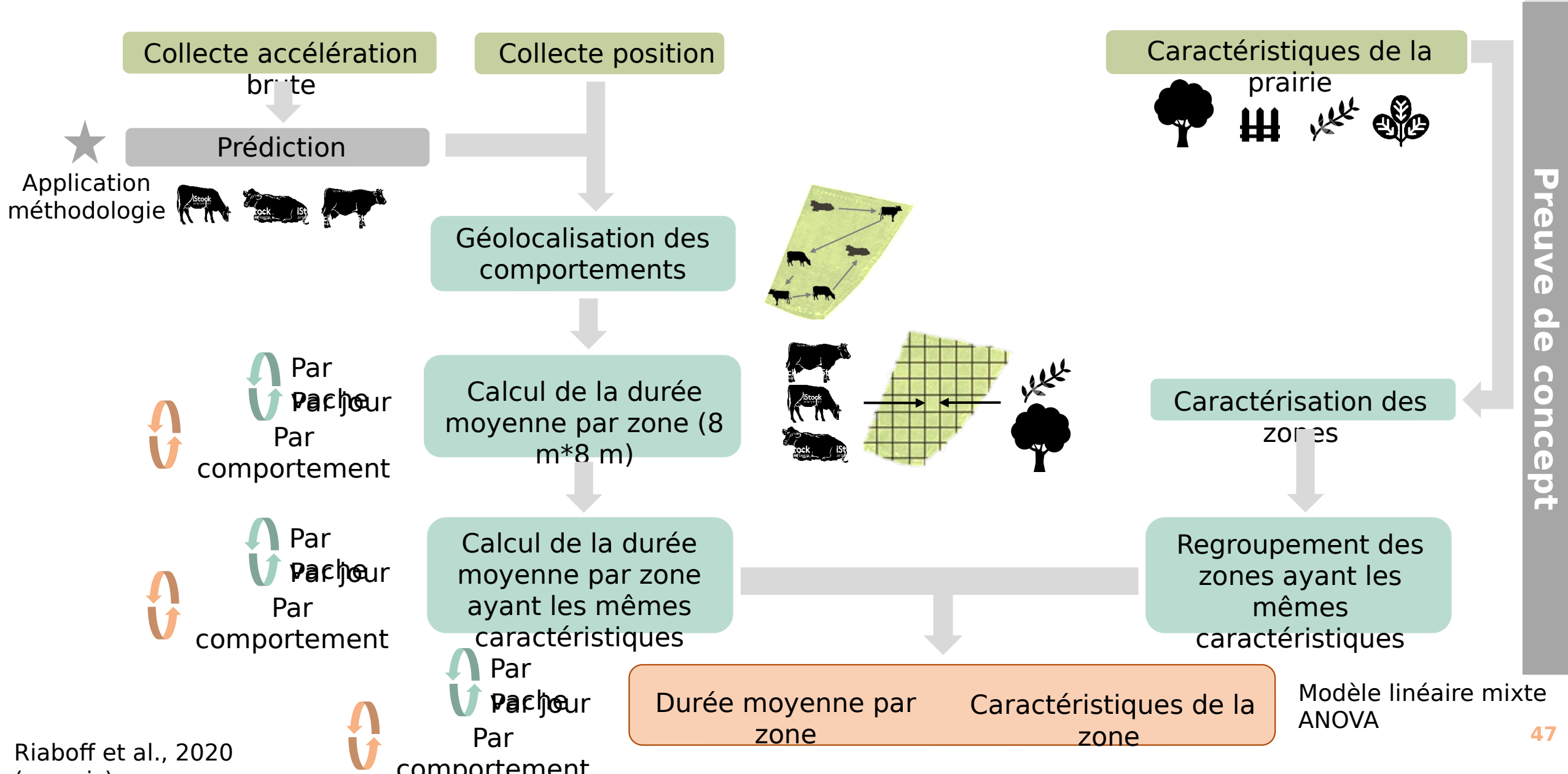


## Caractéristiques floristiques

N°	Légende	Classe botanique	
		Sur-représentée	Sous-représentée
1		<i>Poa annualis</i> ; <i>Alopecurus pratensis</i> ; <i>Silybum marianum</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
2		<i>Trifolium repens</i> ; <i>Taraxacum officinale</i>	<i>Holcus lanatus</i>
3		<i>Holcus lanatus</i> ; <i>Cerastium</i>	<i>Festuca arundinacea</i> ; <i>Arrhenatherum elatius</i>
4		<i>Dactylis glomerata</i> ; <i>Vicia</i> ; <i>Rubus fruticosus</i>	<i>Holcus lanatus</i>
5		<i>Lolium perenne</i> ; <i>Medicago sativa</i> ; <i>Daucus carota</i>	<i>Holcus lanatus</i> ; <i>Poa annualis</i> ; <i>Plantago lanceolata</i>
6		<i>Plantago lanceolata</i> ; <i>Trifolium pratense</i> ; <i>Achillea millefolium</i> ; Bare ground	<i>Holcus lanatus</i>
7		<i>Festuca arundinacea</i> ; <i>Urtica</i> ; <i>Symphytum officinale</i> ; <i>Juncus effusus</i>	<i>Lolium perenne</i>
8		<i>Juncus effusus</i> ; <i>Anthoxanthum odoratum</i>	
9		<i>Lolium perenne</i> ; <i>Poa annualis</i>	<i>Bromus hordeaceus</i> ; <i>Trifolium repens</i>
10		<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Poa annualis</i>
11		<i>Sisymbrium officinale</i> ; <i>Avena fatua</i>	<i>Lolium perenne</i> ; <i>Trifolium repens</i>

Preuve de concept

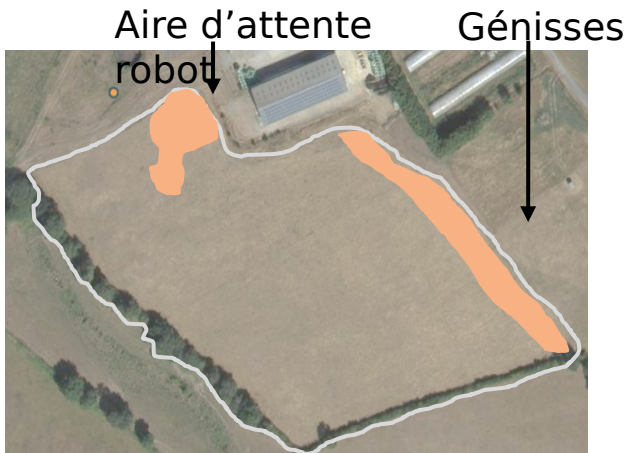
# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA



# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA

Utilisation différente des deux parcelles par les vaches laitières, en cohérence avec les études sur le comportement et sur les stratégies alimentaires des vaches

➔ Prairie temporaire : influence majeure des éléments extérieurs sur le comportement des vaches laitières



Prairie temporaire

➔ Fréquentation significativement plus élevée de la zone d'accès à l'aire d'attente du robot

➔ Attrait pour les zones à proximité des génisses (Arave and Albright, 1981)

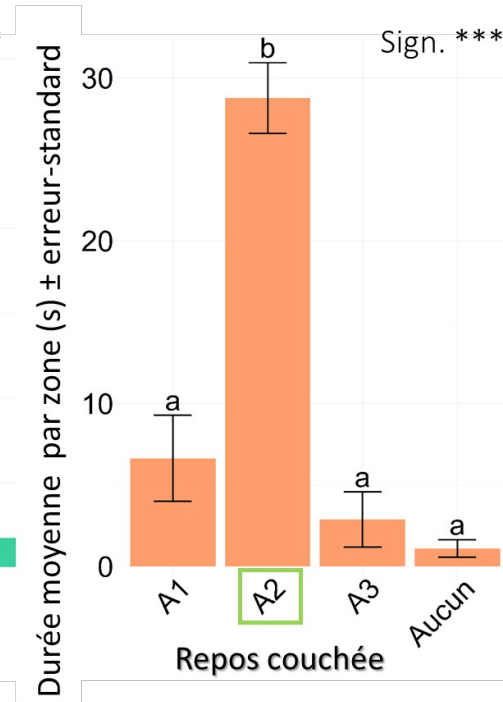
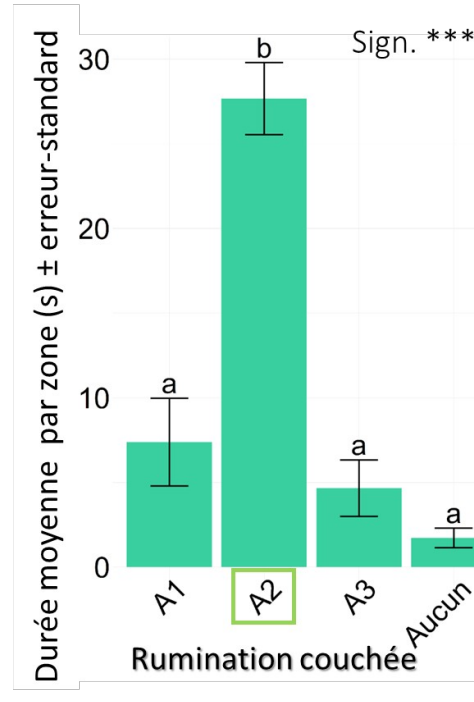
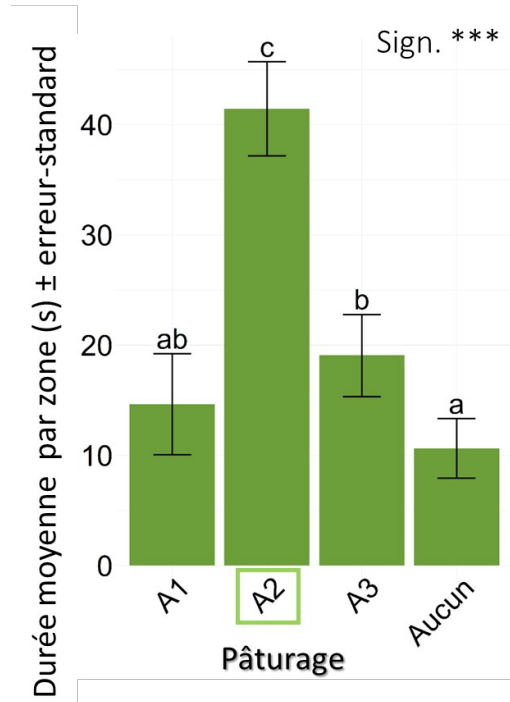


# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA

- ➔ Prairie permanente : influence majeure des éléments structurants et de la végétation sur le comportement
- ➔ L'arbre le plus accessible a été privilégié pour l'expression des comportements de pâturage, de rumination et de repos (Batista et al., 2019 ; Schütz et al., 2010).



Prairie permanente



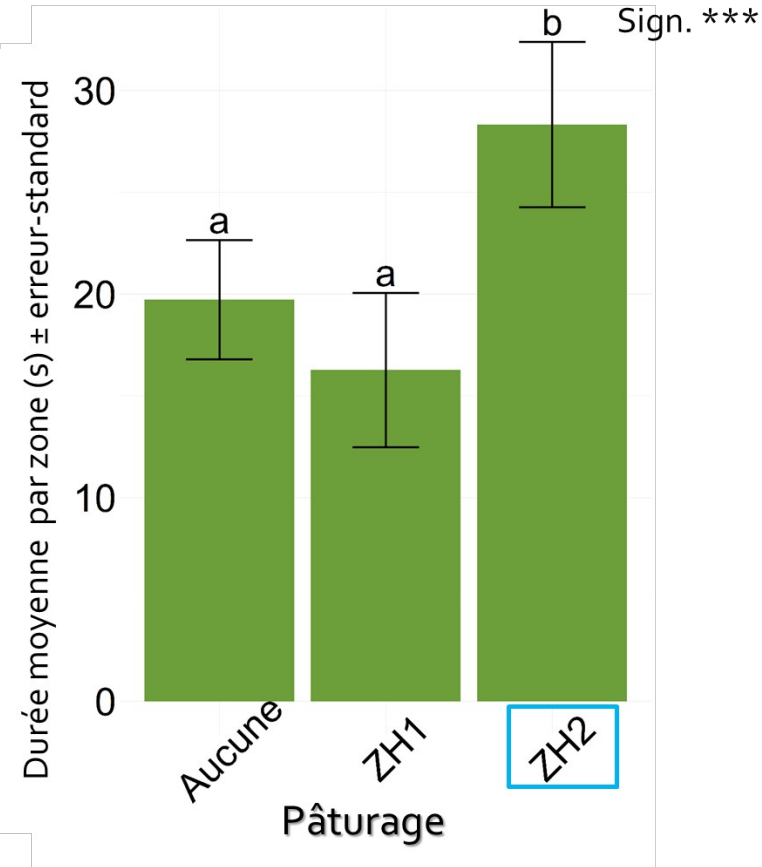
Niveaux de significativité : \*\*\*  $P < 0.001$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*  $P < 0.05$ ; †  $P < 0.1$

<sup>a-c</sup> moyennes ajustées significativement différentes ( $P < 0.05$ , test de comparaison de moyennes Tukey)

# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA



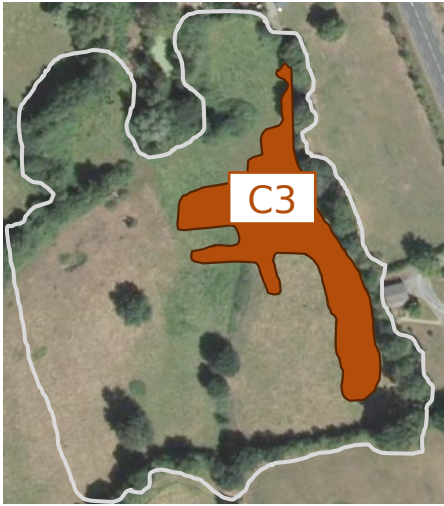
→ La zone à proximité d'une source d'eau a été privilégiée pour le comportement de pâturage (Batista et al., 2019).



Niveaux de significativité : \*\*\*  $P < 0.001$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*  $P < 0.05$ ; †  $P < 0.1$   
*a-c moyennes ajustées significativement différentes ( $P < 0.05$ , test de comparaison de moyennes Tukey)*

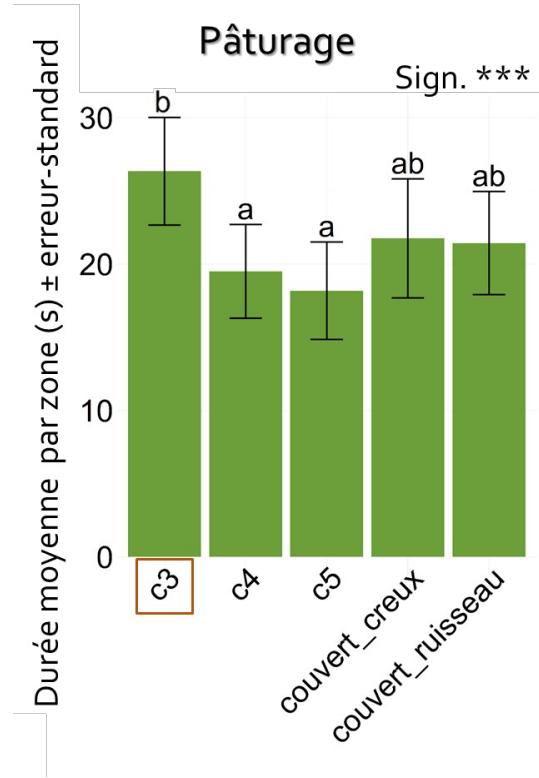


# Preuve de concept : potentiel de la méthodologie développée pour le suivi du BEA



Prairie permanente

➔ Pâturage privilégié sur les zones riches en houlque laineuse et céréaiste



Niveaux de significativité : \*\*\*  $P < 0.001$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*  $P < 0.05$ ; †  $P < 0.1$   
*a - c moyennes ajustées significativement différentes ( $P < 0.05$ , test de comparaison de moyennes Tukey)*

	<b>+</b>	
Houlque laineuse Céreaiste		

	<b>-</b>	
Fétuque élevée Fromental bulbeux		

Pâturage sur une seconde parcelle riche en ray-grass anglais et trèfle blanc ➔ Recherche d'une ration mixte ? (Rutter et al., 2004)

# Vers un outil numérique pour faciliter le pâturage des bovins laitiers ?

## Plan de la présentation

Contexte de l'étude

Quelles méthodes pour aboutir aux applications souhaitées ?

Démarche scientifique

Questions de recherche et stratégie générale

Développement

Travail méthodologique réalisé et résultats

Preuve de concept

Mise en application du travail méthodologique pour répondre aux questions posées

Discussion



Outils numérique envisagé et agroécologie : quels leviers possibles ?

# Une méthodologie qui assure une prédiction robuste pour l'ensemble des comportements principaux

## Méthodologie

Comment remonter automatiquement à partir d'un accéléromètre embarqué l'ensemble des comportements principaux des vaches laitières au pâturage de façon robuste ?

### Amélioration par rapport à l'existant

-  Prédiction robuste d'un large spectre de comportements avec un seul accéléromètre  
Rutten et al., 2013
-  Validité des modèles à l'échelle de la période d'observation  
Rahman et al., 2018

Collecte accélération brute

AccDy + AccSt  
TF = 10 s  
RECV = 90%

XGB

Lissage Viterbi-HMM



# Une méthodologie qui devrait contribuer à détecter des défauts de confort au pâturage

## Applicatif

Génération de nouvelles connaissances sur le pâturage des vaches laitières



Meilleure compréhension des relations entre le comportement des vaches laitières et les conditions de pâturage

Quel est le potentiel du cadre méthodologique combiné à la position des vaches laitières au pâturage pour répondre au moins à l'une des applications envisagées ?

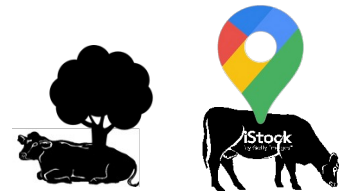


Preuve de concept

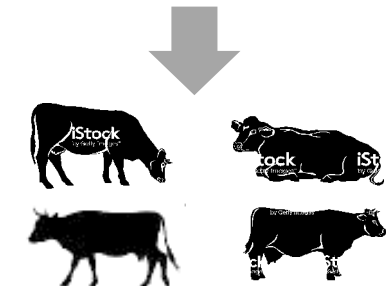


Application cadre

Durée d'expression méthodologique par jour pour chaque comportement



Cadre méthodologique



# Remontée d'une diversité d'indicateurs à partir de la méthodologie

Méthodologie couplée  
aux données de  
position

Indicateurs usuels du  
comportement des  
vaches laitières

Durée d'expression  
Durée des  
sessions  
Nombre de  
sessions

Utilisation de la prairie  
par le troupeau

Fréquentation

Intensité  
d'expression

Dynamique  
exploratoire par  
animal

Planning de pâturage

# Remontée d'une diversité d'indicateurs à partir de la méthodologie

Méthodologie couplée  
aux données de  
position

Indicateurs usuels du  
comportement des  
vaches laitières

Durée d'expression  
Intensité des  
sessions  
Nombre de  
sessions

Dynamique  
exploratoire par  
animal

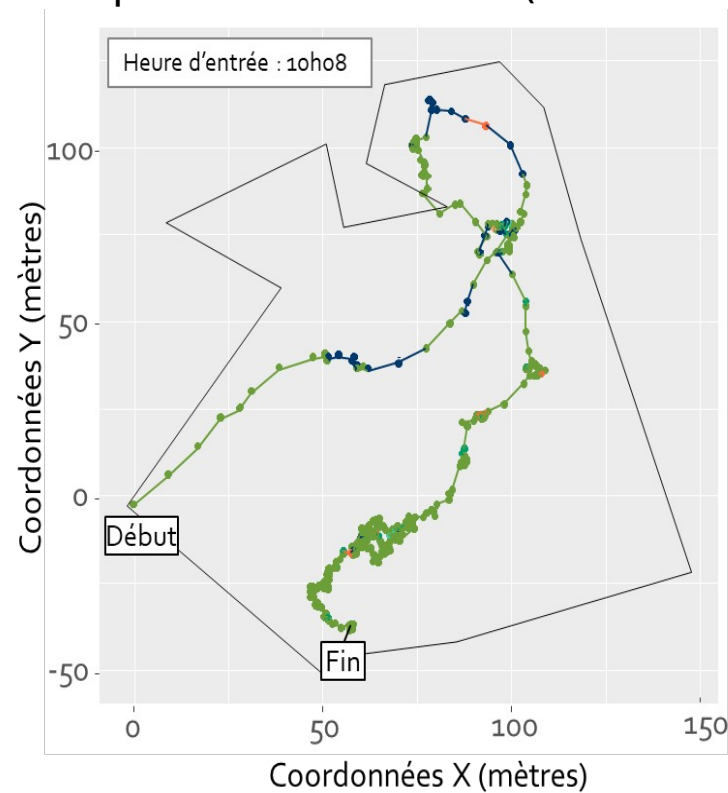
Utilisation de la prairie  
par le troupeau

Fréquence

Intensité  
d'expression

Planning de pâturage

Trace sur la première heure de pâturage et  
comportement associé (vache 6099)



# Remontée d'une diversité d'indicateurs à partir de la méthodologie

Méthodologie couplée  
aux données de  
position

Indicateurs usuels du  
comportement des  
vaches laitières

Durée d'expression  
Intensité des  
sessions  
Nombre de  
sessions

Dynamique  
exploratoire par  
animal

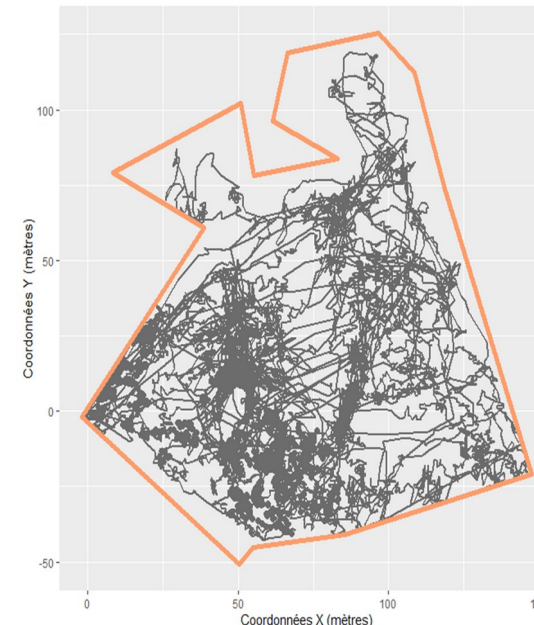
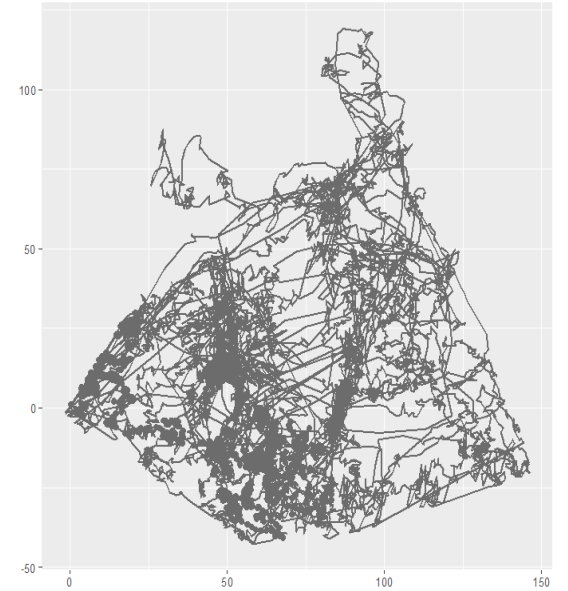
Utilisation de la prairie  
par le troupeau

Fréquence

Intensité  
d'expression

Planning de pâturage

Reconstitution  
planning de  
pâturage

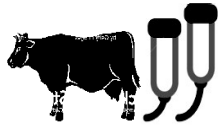


ID parcelle :  
1

*Cycle 1*  
Début :  
01/05/18  
Fin :  
05/05/18

*Cycle 2*  
Début :  
01/07/18

# Quels leviers dans la transition agroécologique ?



Amélioration des performances animales

Adapter la complémentation en fonction du comportement d'ingestion au pâturage

Génération de nouvelles connaissances sur le pâturage des vaches laitières



Amélioration du bien-être/santé au pâturage



Réduction de l'impact environnemental

Adopter des pratiques pour promouvoir la biodiversité

Adapter le plan de fertilisation

Usage ciblé des traitements médicamenteux en fonction des zones visitées



Amélioration de la gestion du risque parasitaire (Chauvin, 2009)

Coût environnemental ?

Usage collaboratif ou individuel ?

Aide ou contrôle ?



# Remerciements

## Equipes de Recherche

Equipe GSII

ESEO-Tech LAUM, UMR CNRS 6613



LAUM



Contact :

Lucile Riabof 

lucile.riaboff@orange.fr

Equipe URSE - ESA



Equipe BioEpar, UMR 1300  
Oniris – Ecole Nationale Vétérinaire,  
Agroalimentaire et de l'Alimentation



Equipe AEI



## Comité de suivi

Dr Sylvain Poggi

Dr Hélène Leruste

## Financeurs



## Encadrement et comité de pilotage

Pr Guy Piantier

Dr Sébastien Couvreur

Dr Sébastien Aubin

Dr Aurélien Madouasse

Pr Alain Chauvin

Dr Nicolas Bédère

Patrick Massabie

Etienne Goumand

# Références bibliographiques

Agabriel, J., C. Disenhaus, G. Renand, E. Zundel, H. Seegers, et P. Faverdin. « Elevage bovin et Environnement Quelles solutions techniques ou organisationnelles envisagées par l'INRA ? » *Innovations Agronomique* 12 (2011): 135-56.

Allain, C., G. Thomas, et A. Chanvallon. « Détection automatisée des chaleurs en élevage de bovins laitiers : quel outil choisir ? » Collection : L'Essentiel, 2012.

Almeida, P.E., P.S.D. Weber, J.L. Burton, et A.J. Zanella. « Depressed DHEA and Increased Sickness Response Behaviors in Lame Dairy Cows with Inflammatory Foot Lesions ». *Domestic Animal Endocrinology* 34, n° 1 (janvier 2008): 89-99.  
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.11.006>.

Andriamandroso, Andriamasinoro Lalaina Herinaina, Frédéric Lebeau, Yves Beckers, E. Froidmont, I. Dufrasne, B. Heinesch, P. Dumortier, G. Blanchy, Y. Blaise, et J. Bindelle. « Development of an Open-Source Algorithm Based on Inertial Measurement Units (IMU) of a Smartphone to Detect Cattle Grass Intake and Ruminating Behaviors », 2017, 40.

Arave, C.W., et J.L. Albright. « Cattle behaviour ». *Journal of Dairy Science* 64, n° 6 (1981): 1318-29.

Barwick, Jamie, David W. Lamb, Robin Dobos, Mitchell Welch, et Mark Trotter. « Categorising Sheep Activity Using a Tri-Axial Accelerometer ». *Computers and Electronics in Agriculture* 145 (février 2018): 289-97. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.007>.

Batista, Pedro Henrique Dias, Gledson Luiz Pontes De Almeida, Roger Moura Sarmiento, Héilton Pandorfi, Airon Aparecido Silva De Melo, Mário Monteiro Rolim, Victor Wanderley Costa De Medeiros, et Glauco Estácio Gonçalves. « Monitoring the Bovine Activity in Grazing by an Electronic Sensing Device Based on GPS ». *Revista de Ciências Agrárias*, 9 mai 2019, vol. 42 n.º 2 (2019)-. <https://doi.org/10.19084/rca.17264>.

Bellon-Maurel, V., et C. Huyghe. « Agriculture numérique, une (r)évolution en marche dans les territoires ? - Avant-propos ». *Sciences Eaux & Territoires*, n° 29 (2019).

Benaissa, Said, Frank A.M. Tuytens, David Plets, Toon de Pessemer, Jens Trogh, Emmeric Tanghe, Luc Martens, et al. « On the Use of On-Cow Accelerometers for the Classification of Behaviours in Dairy Barns ». *Research in Veterinary Science*, octobre 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.10.005>.

Benaissa, Said, Frank A.M. Tuytens, David Plets, Hannes Cattrysse, Luc Martens, Leen Vandaele, Wout Joseph, et Bart Sonck. « Classification

# Références bibliographiques

Berckmans, D. « Precision Livestock Farming Technologies for Welfare Management in Intensive Livestock Systems: -EN- Precision Livestock Farming Technologies for Welfare Management in Intensive Livestock Systems -FR- Les Technologies de l'élevage de Précision Appliquées à La Gestion Du Bien-Être Animal Dans Les Systèmes d'élevage Intensif -ES- Tecnologías de Ganadería de Precisión Para La Gestión Del Bienestar En Sistemas de Ganadería Intensiva ». *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* 33, n° 1 (1 avril 2014): 189-96. <https://doi.org/10.20506/rst.33.1.2273>.

Bersch, Sebastian, Djamel Azzi, Rinat Khusainov, Ifeyinwa Achumba, et Jana Ries. « Sensor Data Acquisition and Processing Parameters for Human Activity Classification ». *Sensors* 14, n° 3 (4 mars 2014): 4239-70. <https://doi.org/10.3390/s140304239>.

Blackie, Nicola, Emma Bleach, Jonathan Amory, et Jes Scaife. « Impact of Lameness on Gait Characteristics and Lying Behaviour of Zero Grazed Dairy Cattle in Early Lactation ». *Applied Animal Behaviour Science* 129, n° 2-4 (janvier 2011): 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.10.006>.

Brown, D.D., R. Kays, M. Wikelski, R. Wilson, et A.P. Klimley. « Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior ». *Animal Biotelemetry*, 2013, 16p.

Chauvin, A. « Le risque parasitaire au pâturage et sa maîtrise », n° 199 (2009): 255-64.

Chénais, F, J M Seuret, P Brunschwig, et J L Fiorelli. « Pour un rôle croissant du pâturage dans les systèmes bovins laitiers », 2001, 17.

Couvreur, S., L Delaby, E. Doligez, P. Mahmoudi, L. Marnay, A. Michaud, C. Navelet, S. Paulin, S. Plantureux, et R. Puthod. *Les prairies au service de l'élevage. Comprendre, gérer et valoriser les prairies*. Educagri éditions. Dijon, 2018.

Delagarde, Rémy, Jean-Pierre Caudal, et Jean-Louis Peyraud. « Development of an Automatic Bitemeter for Grazing Cattle ». *Annales de Zootechnie* 48, n° 5 (1999): 329-39. <https://doi.org/10.1051/animres:19990501>.

Delagarde, Rémy, Jean-Louis Peyraud, et Michael H Wade. « Daily Pattern of Feeding Activities of Dairy Cows in a 8-d Rotational Grazing System », 931-33. Kiel, Germany, 2010.

Delanoue, E, et C Roguet. « Acceptabilité sociale de l'élevage en France : recensement et analyse des principales controverses à partir des regards croisés de différents acteurs », 2015, 12.

# Références bibliographiques

- DeVries, T.J., K.A. Beauchemin, F. Dohme, et K.S. Schwartzkopf-Genswein. « Repeated Ruminal Acidosis Challenges in Lactating Dairy Cows at High and Low Risk for Developing Acidosis: Feeding, Ruminating, and Lying Behavior ». *Journal of Dairy Science* 92, n° 10 (octobre 2009): 5067-78. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2102>.
- Dillon, P. « The dairy industry: planning for 2020 », 1-25. Cork and Athlone, 2011.
- Dumont, B, et A Boissy. « Grazing Behaviour of Sheep in a Situation of Conflict between Feeding and Social Motivations ». *Behavioural Processes* 49, n° 3 (juin 2000): 131-38. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(00\)00082-6](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(00)00082-6).
- Erdaş, Ç.Berke, Işıl Atasoy, Koray Açıcı, et Hasan Oğul. « Integrating Features for Accelerometer-Based Activity Recognition ». *Procedia Computer Science* 98 (2016): 522-27. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.070>.
- Fida, Benish, Ivan Bernabucci, Daniele Bibbo, Silvia Conforto, et Maurizio Schmid. « Pre-Processing Effect on the Accuracy of Event-Based Activity Segmentation and Classification through Inertial Sensors ». *Sensors* 15, n° 9 (11 septembre 2015): 23095-109. <https://doi.org/10.3390/s150923095>.
- Galindo, Francisco, et Donald M. Broom. « The Effects of Lameness on Social and Individual Behavior of Dairy Cows ». *Journal of Applied Animal Welfare Science* 5, n° 3 (juillet 2002): 193-201. [https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0503\\_03](https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0503_03).
- Ganskopp, D.C., et D.D. Johnson. « GPS Error in Studies Addressing Animal Movements and Activities ». *RANGELAND ECOLOGY & MANAGEMENT* 60, n° 4 (2007): 350-58.
- Gibb, M J, C A Huckle, R Nuthall, et A J Rook. « The Effect of Physiological State Lactating or Dry/ and Sward Surface Height on Grazing Behaviour and Intake by Dairy Cows ». *Applied Animal Behaviour Science* 63 (1999): 269-87.
- Giovanetti, V., M. Decandia, G. Molle, M. Acciaro, M. Mameli, A. Cabiddu, R. Cossu, et al. « Automatic Classification System for Grazing, Ruminating and Resting Behaviour of Dairy Sheep Using a Tri-Axial Accelerometer ». *Livestock Science* 196 (février 2017): 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.12.011>.
- Gliessman, S. « Defining Agroecology ». *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42, n° 6 (3 juillet 2018): 599-600. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>.

# Références bibliographiques

- Kamminga, Jacob W., Duc V. Le, Jan Pieter Meijers, Helena Bisby, Nirvana Meratnia, et Paul J.M. Havinga. « Robust Sensor-Orientation-Independent Feature Selection for Animal Activity Recognition on Collar Tags ». *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 2, n° 1 (26 mars 2018): 1-27. <https://doi.org/10.1145/3191747>.
- Keogh, E., S. Chu, D. Hart, et M. Pazzani. « An Online Algorithm for Segmenting Time Series ». In *Proceedings 2001 IEEE International Conference on Data Mining*, 289-96. San Jose, CA, USA: IEEE Comput. Soc, 2001. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2001.989531>.
- Killick, Rebecca, et Idris A. Eckley. « Changepoint: An R Package for Changepoint Analysis ». *Journal of Statistical Software* 58, n° 3 (2014). <https://doi.org/10.18637/jss.v058.i03>.
- Klerkx, Laurens, Emma Jakku, et Pierre Labarthe. « A Review of Social Science on Digital Agriculture, Smart Farming and Agriculture 4.0: New Contributions and a Future Research Agenda ». *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91 (décembre 2019): 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>.
- Laca, Emilio A. « Precision Livestock Production: Tools and Concepts ». *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, n° spe (juillet 2009): 123-32. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300014>.
- Larson-Praplan, S., M. R. George, J. C. Buckhouse, et E. A. Laca. « Spatial and temporal domains of scale of grazing cattle ». *Animal Production Science*, 2015. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14641>.
- Lee, Kangjae, et Mei-Po Kwan. « Physical Activity Classification in Free-Living Conditions Using Smartphone Accelerometer Data and Exploration of Predicted Results ». *Computers, Environment and Urban Systems* 67 (janvier 2018): 124-31. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.012>.
- LIT OUESTEREL. « Laboratoire d'Innovation Territoriale « Ouest Territoires d'Élevage » », 2019.
- Lush, Lucy, Rory P. Wilson, Mark D. Holton, Phil Hopkins, Karina A. Marsden, David R. Chadwick, et Andrew J. King. « Classification of Sheep Urination Events Using Accelerometers to Aid Improved Measurements of Livestock Contributions to Nitrous Oxide Emissions ». *Computers and Electronics in Agriculture* 150 (juillet 2018): 170-77. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.04.018>.

Manning, Jaime, Greg Cronin, Luciano González, Evelyn Hall, Andrew Merchant, et Lachlan Ingram. « The Behavioural Responses of Beef Cattle (*Bos Taurus*) to Declining Pasture Availability and the Use of GNSS Technology to Determine Grazing Preference ». *Agriculture* 7, n° 6 (19 mai

# Références bibliographiques

Martiskainen, P., M. Järvinen, J.P. Skön, J. Tiirikainen, M. Kolehmainen, et J. Mononen. « Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines ». *Applied Animal Behaviour Science* 119 (2009): 32-38.

Meuret, Michel, Muriel Tichit, et Nathalie Hostiou. « élevage et pâturage « de précision » : l'animal sous surveillance électronique », 2013, 12.

Nadimi, E.S., H.T. Søgaaard, et T. Bak. « ZigBee-Based Wireless Sensor Networks for Classifying the Behaviour of a Herd of Animals Using Classification Trees ». *Biosystems Engineering* 100, n° 2 (juin 2008): 167-76. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.03.003>.

O'Driscoll, Keelin, Eva Lewis, et Emer Kennedy. « Effect of Feed Allowance at Pasture on the Lying Behaviour of Dairy Cows ». *Applied Animal Behaviour Science* 213 (avril 2019): 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.02.002>.

Oshima, Yoshitake, Kaori Kawaguchi, Shigeho Tanaka, Kazunori Ohkawara, Yuki Hikiyama, Kazuko Ishikawa-Takata, et Izumi Tabata. « Classifying Household and Locomotive Activities Using a Triaxial Accelerometer ». *Gait & Posture* 31, n° 3 (mars 2010): 370-74. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.01.005>.

Petiot, C.E. « Étude des liens entre boiteries, comportements et production laitière des vaches au pâturage ». ONIRIS - ECOLE NATIONALE VETERINAIRE, AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION, 2019.

Putfarken, Dorothee, Jürgen Dengler, Stephan Lehmann, et Werner Härdtle. « Site Use of Grazing Cattle and Sheep in a Large-Scale Pasture Landscape: A GPS/GIS Assessment ». *Applied Animal Behaviour Science* 111, n° 1-2 (mai 2008): 54-67. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.05.012>.

Rahman, A., D. Smith, J. Hills, G. Bishop-Hurley, D. Henry, et R. Rawnsley. « A comparison of autoencoder and statistical features for cattle behaviour classification », 2954-60. Vancouver, BC, 2016. <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2016.7727573>.

Riaboff, L., S. Aubin, N. Bédère, S. Couvreur, A. Madouasse, E. Goumand, A. Chauvin, et G. Plantier. « Evaluation of Pre-Processing Methods for the Prediction of Cattle Behaviour from Accelerometer Data ». *Computers and Electronics in Agriculture* 165 (octobre 2019): 104961. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104961>.

Riaboff, L., S. Poggi, A. Madouasse, S. Couvreur, S. Aubin, N. Bédère, E. Goumand, A. Chauvin, et G. Plantier. « Development of a Methodological Framework for a Robust Prediction of the Main Behaviours of Dairy Cows Using a Combination of Machine Learning Algorithms ». *Applied Animal Behaviour Science* 160 (février 2020): 105170.



# Références bibliographiques

Riaboff L., Couvreur S., Madouasse A., Aubin S., Massabie P., Chauvin A., Bédère N. and Plantier G. Relationship between dairy cow behaviour and pasture characteristics explored with a methodology based on accelerometer and GPS data to highlight its potential for animal welfare monitoring. Soumis à *Biosystems Engineering* (Février 2020).

Ribeiro Filho, H.M.N., E.A. Setelich, S. Crestani, K.M. Dias, C. Mantovani, et J. Valenti. « Relationship between diurnal grazing time and herbage intake in dairy cows in rotational grazing ». *Ciência Rural, Santa Maria* 41, n° 11 (2011).

Rigolot, Cyrille. « Une approche évolutive des « visions du monde » pour penser les transformations de l'agriculture ». *Cahiers Agricultures* 26, n° 3 (mai 2017): 36001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017015>.

Schütz, K E, A R Rogers, Y A Poulouin, N R Cox, et C B Tucker. « The Amount of Shade Influences the Behavior and Physiology of Dairy Cattle » 93, n° 1 (2010): 9.

Shi, Haotian, Haoren Wang, Yixiang Huang, Liqun Zhao, Chengjin Qin, et Chengliang Liu. « A Hierarchical Method Based on Weighted Extreme Gradient Boosting in ECG Heartbeat Classification ». *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 171 (avril 2019): 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.02.005>.

Subasi, Abdulhamit, Dalia H. Dammas, Rahaf D. Alghamdi, Raghad A. Makawi, Eman A. Albiety, Tayeb Brahimi, et Akila Sarirete. « Sensor Based Human Activity Recognition Using Adaboost Ensemble Classifier ». *Procedia Computer Science* 140 (2018): 104-11. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.298>.

Umstätter, C., A. Waterhouse, et J.P. Holland. « An Automated Sensor-Based Method of Simple Behavioural Classification of Sheep in Extensive Systems ». *Computers and Electronics in Agriculture* 64, n° 1 (novembre 2008): 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.004>.

Vázquez Diosdado, Jorge A., Zoe E. Barker, Holly R. Hodges, Jonathan R. Amory, Darren P. Croft, Nick J. Bell, et Edward A. Codling. « Classification of Behaviour in Housed Dairy Cows Using an Accelerometer-Based Activity Monitoring System ». *Animal Biotelemetry* 3, n° 1 (décembre 2015). <https://doi.org/10.1186/s40317-015-0045-8>.

Webster, JR, M Stewart, AR Rogers, et GA Verkerk. « Assessment of Welfare from Physiological and Behavioural Responses of New Zealand Dairy Cows Exposed to Cold and Wet Conditions ». *Animal Welfare*, 2008, 8.

# Références bibliographiques

Werner, J., L. Leso, C. Umstatter, J. Niederhauser, E. Kennedy, A. Geoghegan, L. Shalloo, M. Schick, et B. O'Brien. « Evaluation of the RumiWatchSystem for Measuring Grazing Behaviour of Cows ». *Journal of Neuroscience Methods* 300 (avril 2018): 138-46. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2017.08.022>.

Werner, J., C. Umstatter, E. Kennedy, J. Grant, L. Leso, A. Geoghegan, L. Shalloo, M. Schick, et B. O'Brien. « Identification of Possible Cow Grazing Behaviour Indicators for Restricted Grass Availability in a Pasture-Based Spring Calving Dairy System ». *Livestock Science* 220 (février 2019): 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.004>.

Wechsler, Beat. « Coping and Coping Strategies: A Behavioural View ». *Applied Animal Behaviour Science* 43, n° 2 (mai 1995): 123-34. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00557-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00557-9).

Williams, Lauren R., David R. Fox, Greg J. Bishop-Hurley, et Dave L. Swain. « Use of Radio Frequency Identification (RFID) Technology to Record Grazing Beef Cattle Water Point Use ». *Computers and Electronics in Agriculture* 156 (janvier 2019): 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.025>.

Yang, Jun. « Toward physical activity diary: motion recognition using simple acceleration features with mobile phones ». In *Proceedings of the 1st international workshop on Interactive multimedia for consumer electronics*, 1-10. ACM, 2009.

Zhao, Ye, Brad Lehman, Roy Ball, Jerry Mosesian, et Jean-Francois de Palma. « Outlier Detection Rules for Fault Detection in Solar Photovoltaic Arrays ». In *2013 Twenty-Eighth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, 2913-20. Long Beach, CA, USA: IEEE, 2013. <https://doi.org/10.1109/APEC.2013.6520712>.