

MARS 12-14

LES JOURNÉES DE PRINTEMPS

**ESA D'ANGERS,
55 RUE RABELAIS**



Association Francophone pour
les Prairies et les Fourrages



Impacts et
services
Atmosphériques

Pascal Carrere



Association Francophone pour
les Prairies et les Fourrages

MARS
12-14

LES JOURNÉES DE PRINTEMPS

**ESA D'ANGERS,
55 RUE RABELAIS**

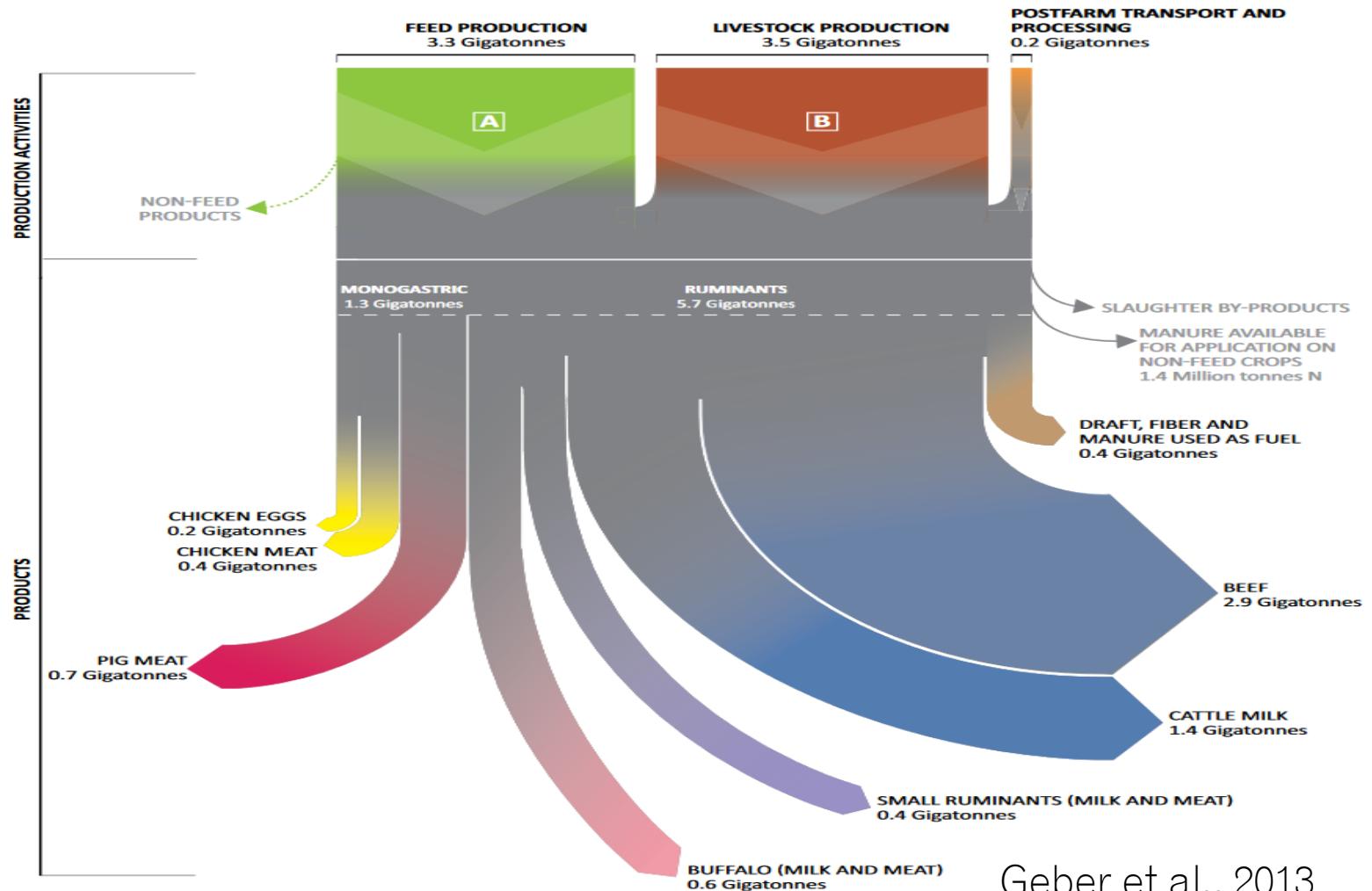
<https://afpf-asso.fr/journees-de-printemps-2024>

Stratégies de réduction du méthane des ruminants nourris à l'herbe

Eugène Maguy et al.,
Ingénieure de recherches
INRAE, UMR Herbivores Theix, Auvergne

Introduction

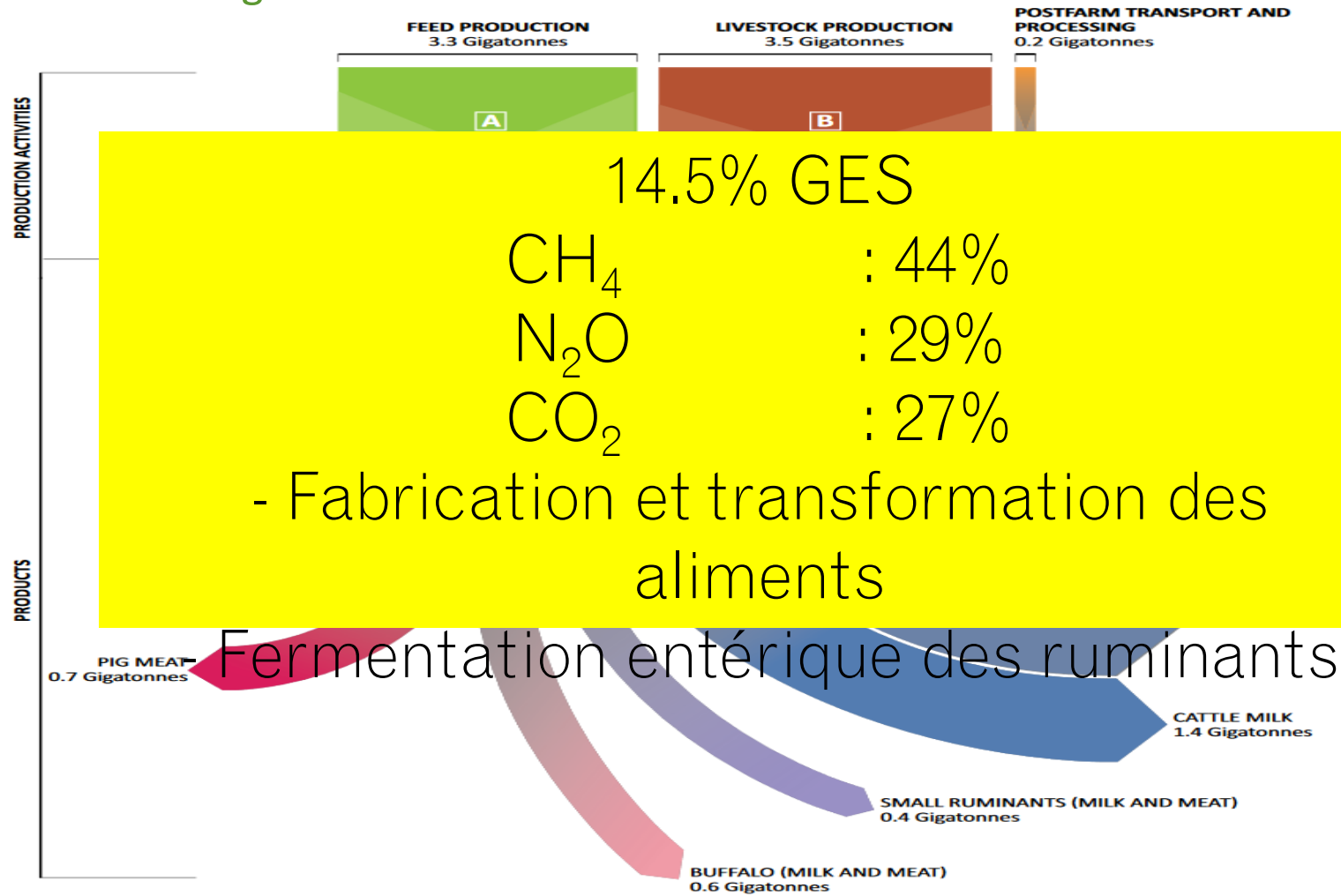
- Impact de l'élevage sur l'environnement



Geber et al., 2013

Introduction

- Impact de l'élevage sur l'environnement



Geber et al., 2013

Introduction

• Stratégies nutritionnelles de réduction du CH₄

Category ¹	Potential CH ₄ mitigating effect ²	Long-term effect established	Effective ³	Environmentally safe or safe to the animal ⁴	Recommended ⁵
Inhibitors					
BCM and BES ⁶	High	? ⁷	Yes	No ⁸	No
Chloroform	High	No?	Yes	No	No
Cyclodextrin	Low	No	Yes	No	No
3-nitrooxypropanol	Medium	?	Yes	?	?
Electron receptors					
FMA ⁹	No effect to High	?	?	Yes	No?
Nitroethane	Low	No	Yes?	No	No
Nitrate	High	No?	Yes	?	Yes? ¹⁰
Ionophores¹¹					
	Low ¹²	No?	Yes? ¹²	Yes?	Yes?
Plant bioactive compounds¹³					
Tannins ¹⁴ (condensed)	Low	No?	Yes	Yes	Yes?
Saponins	Low?	No	?	Yes	No?
Essential oils	Low?	No	?	Yes	No
Exogenous enzymes	No effect to Low	No	No?	Yes?	No?
Defaunation	Low	No	?	Yes	No
Manipulation of rumen archaea and bacteria	Low?	No	?	Yes?	Yes? ¹⁵
Essential fatty acids	Medium	No?	Yes	Yes	Yes? ¹⁶
Inclusion of concentrate¹⁷					
Improving forage quality	Low to Medium	Yes	Yes	Yes	Yes
Grazing management	Low	Yes	Yes?	Yes	Yes? ¹⁹
Feed processing	Low	Yes	Yes ²⁰	Yes ²⁰	Yes ²⁰
Mixed rations and feeding frequency ²¹	?	?	?	Yes	?
Precision (balanced) feeding and feed analysis	Low to Medium	Yes	Yes?	Yes	Yes ²²

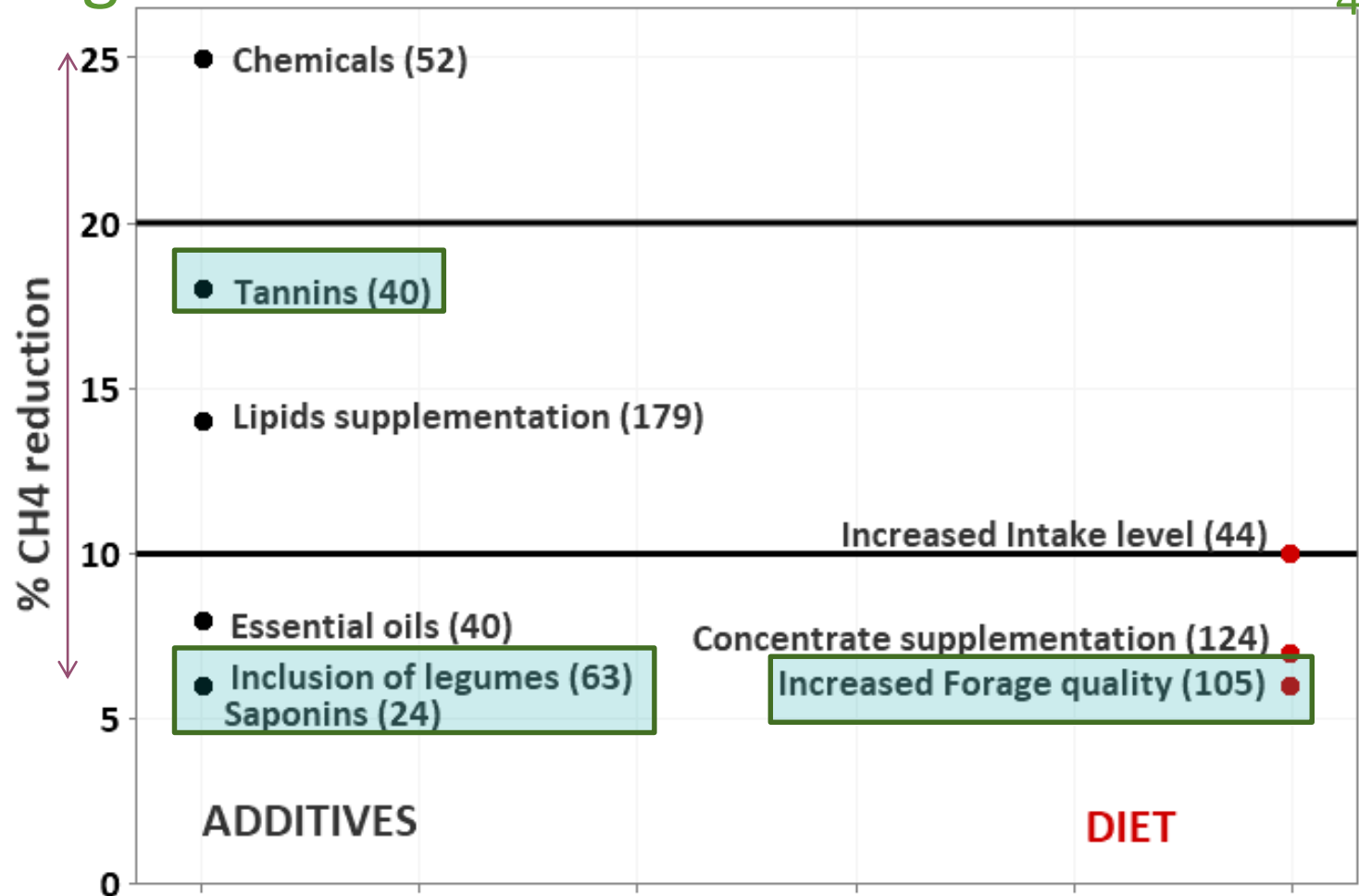
Fourrages

Fourrages

revue de Hristov et al., 2013

Introduction

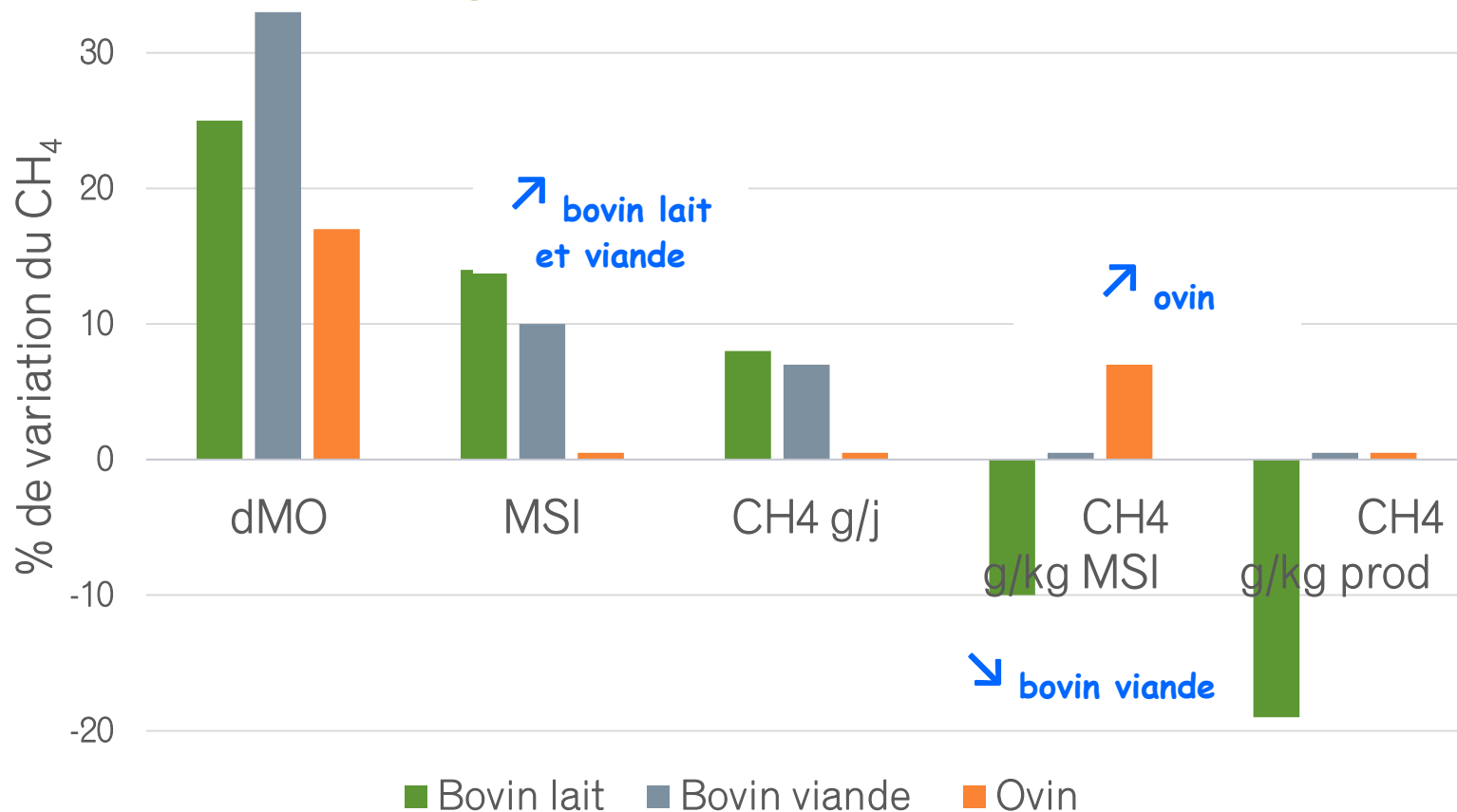
• Stratégies nutritionnelles de réduction du CH₄



Adapté de la revue de Veneman et al., 2016

Qualité du fourrage: amélioration de la digestibilité du fourrage

- Etude de cas : Ensilage d'herbe



➤ Variabilité, selon la catégorie animale et l'unité du CH₄

Adapté de Van Gastelen et al., 2019 revue

Qualité du fourrage: amélioration de la digestibilité du fourrage

- Etude de cas : Ensilage de maïs

- Niveau alimentaire faible

- Niveau alimentaire faible
 - ↗ dMO entraîne ↗ CH_4 (g/d) ou CH_4 (%EBI) des ovins

- Niveau alimentaire élevé

- Niveau alimentaire élevé
 - ↗ dMO entraîne $\searrow$ CH_4 (g/kgMSI, ou %EBI) bovin lait et ovins

Van Gastelen et al., 2019

- Maturité de l'ensilage de maïs

- Maturité de l'ensilage de maïs
 - ↗ Maturité et teneur en MS (25 à 40% MS) induit $\searrow$ CH_4 (entre 6,6% et 9,9%, selon l'unité considérée) bovin lait

Hatew et al., 2016

↘ CH_4
rendement

↘ CH_4
émission

Qualité du fourrage: Autres facteurs

- ↗ stade de repousse (14 j) et ↗ contenu en fibres

↘ Qualité du fourrage et ↘ MSI/PV (-0.15 g / kg PV)

↗ CH_4 /MSI (0.14 g kg^{-1} MS) mais pas du CH_4 / kg PV.

« Methafour » Sauvant et al., 2020

☑ temps de rétention moyen

☑ dMO et du fourrage, surtout bovin lait

☑ CH_4 /MSI

Van Gastelen et al., 2019

Type de Fourrage : Légumineuse vs graminée

Type de fourrage	CH ₄ (L/kg MSI)	CH ₄ (L/kg MOI)	CH ₄ (L/kg MO digérée)
Graminée			
C3 type	30.0 ^b	33.1 ^b	52.1 ^b
C4 type	33.7 ^c ↗ CH ₄	38.8 ^c ↗ CH ₄	57.7 ^b
Légumineuses			
tempéré	30.1 ^b	33.7 ^{bc}	52.4 ^b
chaud ↘ CH ₄	25.9 ^a	27.2 ^a	40.7 ^a
SEM	1.77	1.79	2.89
R ²	0.77	0.84	0.76
P value	0.001	0.001	0.001

Archimède et al., 2011

Prédiction du méthane

- Pour des régimes à base de fourrages

Facteurs Significatifs : MSI; Fibre (NDF; NFC); % fourrage %; dMO

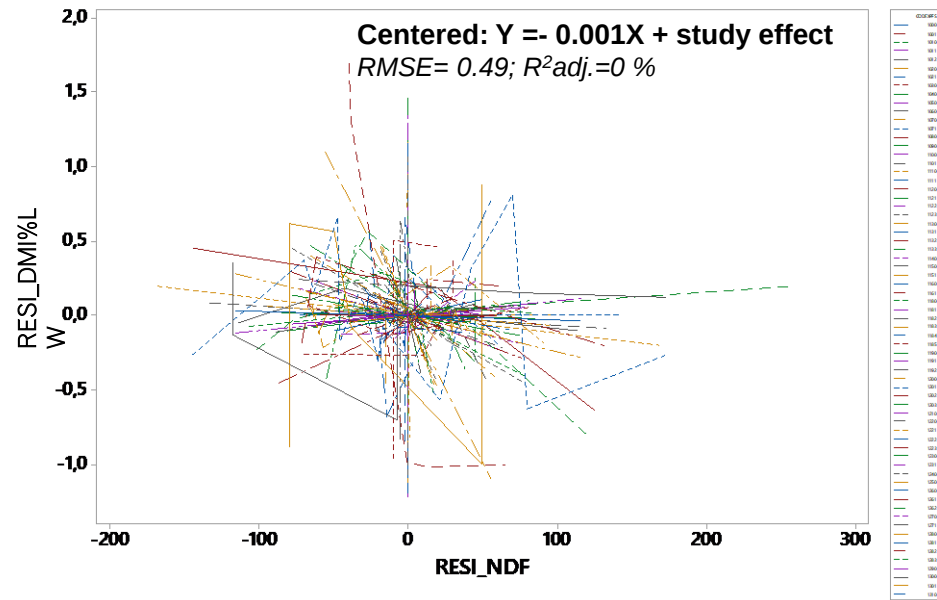
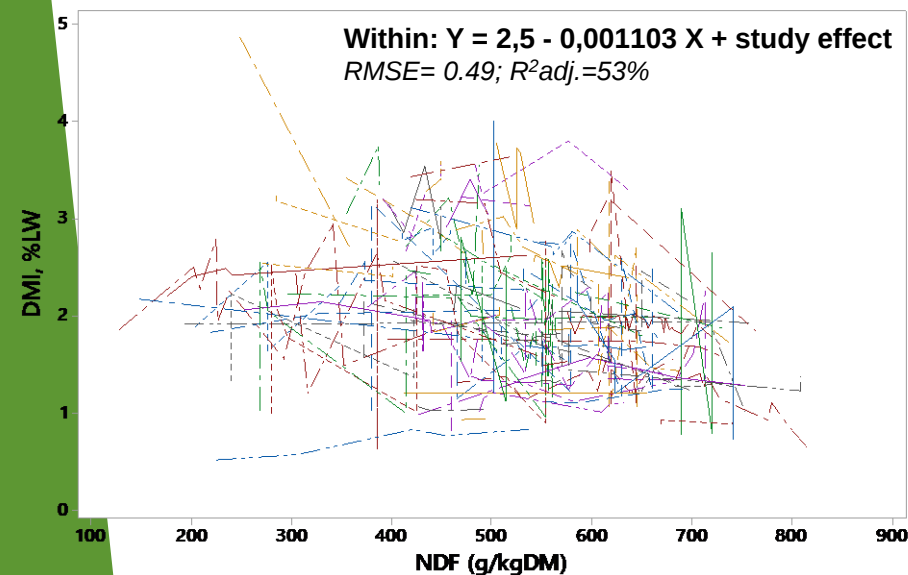
Reference	Prediction equation CH ₄ (g/d)
Ellis et al. (2007)	$(2.16 + 0.493 \times \text{DMI} - 1.36 \times \text{ADFI} + 1.97 \times \text{NDFI}) / 0.05565$
Moraes et al. (2014)	$(0.225 + 0.042 \times \text{GEI} + 0.0125 \times \text{NDF} - 0.0329 \times \text{EE}) / 0.056$
Nielsen et al. (2013)	$(738 \times \text{DMI}/\text{BW} - 0.145 \times \text{FA} + 0.013 \times \text{NDF}) / 0.05565$
Ramin & Huhtanen (2013)	$(-0.6 - 0.7 \times \text{DMI}/\text{BW} + 0.076 \times \text{OM digestibility} - 0.13 \times \text{EE} + 0.046 \times \text{NDF} + 0.044 \times \text{NFC}) \times \text{GEI} / 0.0555$
Sauvant et al. (2016)	$[45.42 - 6.66 \times \text{DMI}/\text{BW} + 0.75 \times \text{DMI}/\text{BW}^2 + 19.65 \times \text{pCO} - 35.0 \times \text{pCO}^2 - 2.69 \times (\text{DMI}/\text{BW}) \times \text{pCO}] \times \text{OMI} \times \text{OM digestibility}$
Escobar et al. (2018)	$-35.0 + 0.08 \times \text{BW} + 1.2 \times \text{forage\%} - 69.8 \times \text{FA}^3 + 3.14 \times \text{GEI}$

Ben Aouda et al., 2019

Prédiction du méthane

Pour des régimes à base de fourrages: Base de données INRAE « Methafour »

Meta-design: relation NDF $\Leftrightarrow$ MSI% PV



- Facteurs indépendants
- Effects marginaux peuvent être étudiés

Sauvant, Giger-Reverdin and Eugène, 2018

Prédiction du méthane

Pour des régimes à base de fourrages: Base de données INRAE « Methafour »

$$\text{CH}_4 \text{ (g kg}^{-1} \text{ OM digested)} = 34.95 - 4.05 \times \text{DMI}\% \text{BW} + 0.027 \times \text{NDF} - 0.010 \times \text{OM digestibility}$$

n data= 412, number of trials = 153,

RMSE = 3.1 g kg⁻¹ Digestible OM)

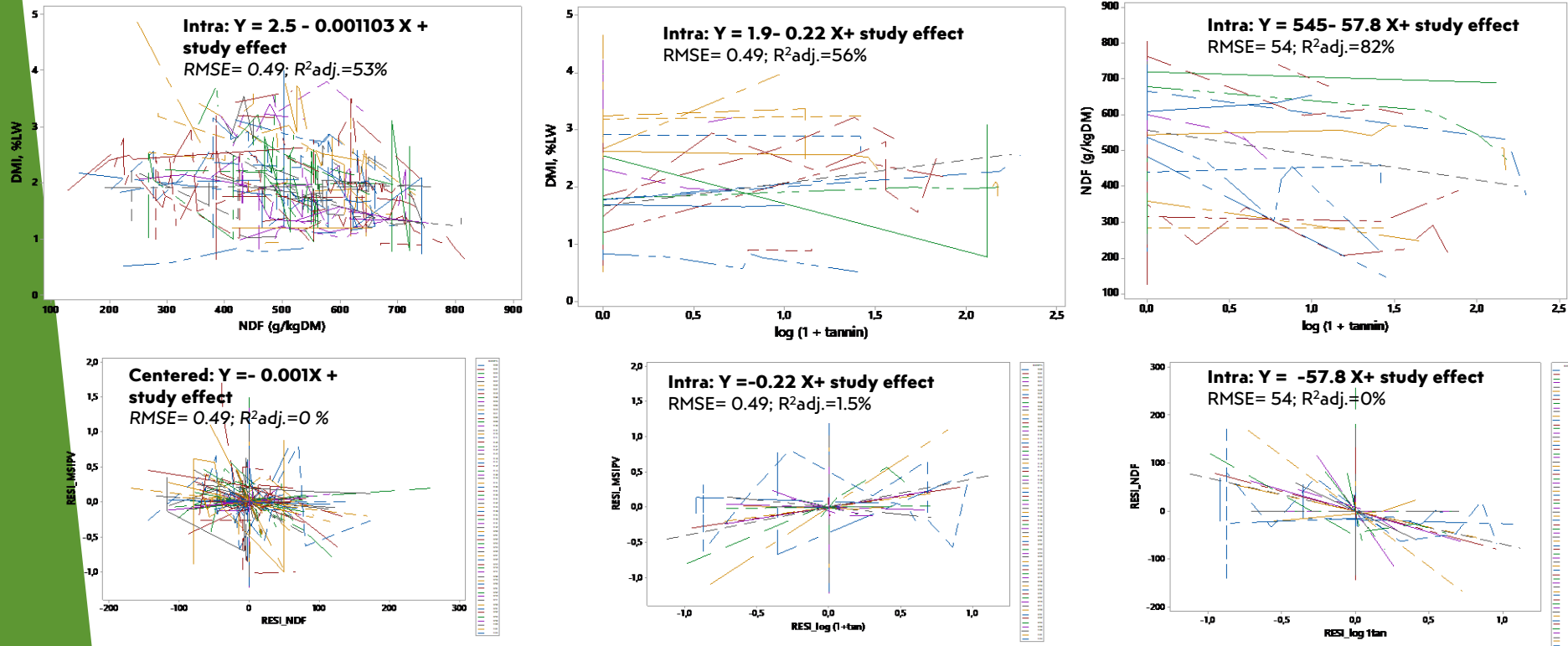
- Effet décroissant du MSI/PV (faible pour dOM)
- Effet croissant du NDF (g/kg MS)
- Pas d'effet significatif du type de fourrage ni de l'espèce végétale (peu de comparaisons directes in vivo)

Sauvant, Giger-Reverdin and Eugène, 2018

Prédiction du méthane: fourrages riches en tannins

Pour des régimes à base de fourrages: Base de données INRAE « Methafour »

Meta-design: relations MSI%PV, NDF, Tannins



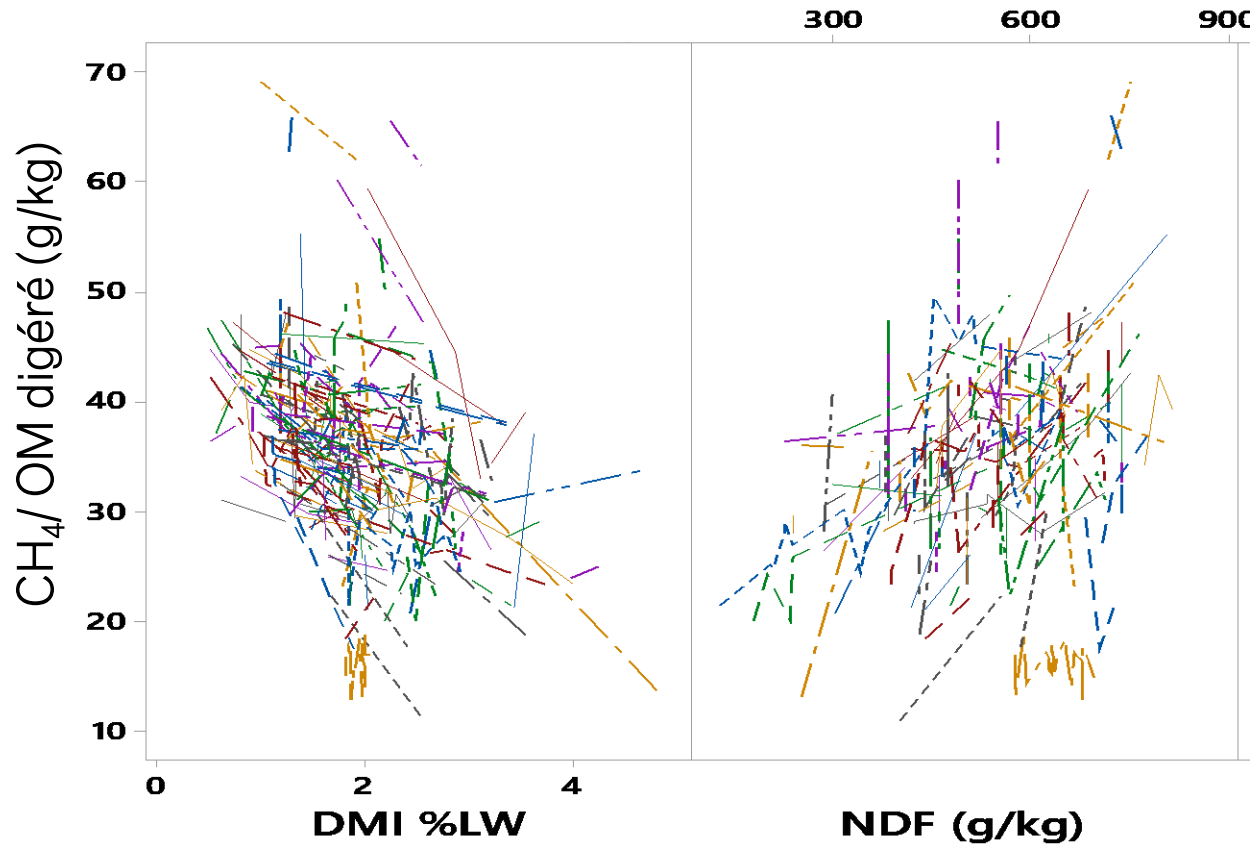
- Facteurs indépendants
- Effets marginaux peuvent être étudiés

Sauvant, Giger-Reverdin and Eugène, 2018

Prédiction du methane: fourrages riches en tannins

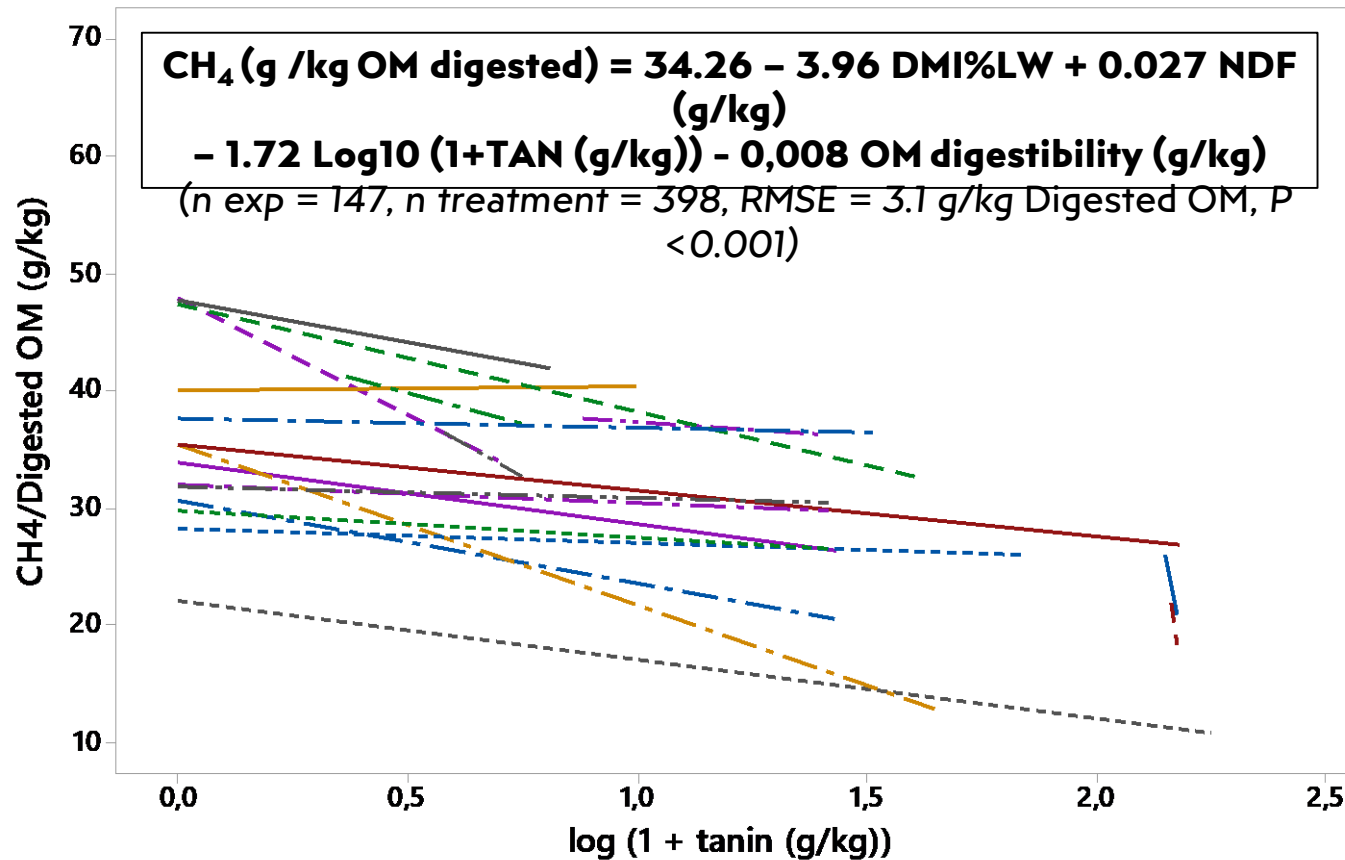
Pour des régimes à base de fourrages: Base de données INRAE « Methafour »

Relations séparées pour prédire CH_4/OM digéré



Sauvant, Giger-Reverdin and Eugène, 2018

Prédiction du methane: fourrages riches en tannins



- MSI%PV et teneur en tannin diminuent les émissions de CH₄
- Teneurs en NDF augmente le CH₄
- Limites: Type de tannins et structures non pris en compte

Sauvant, Giger-Reverdin and Eugène, 2018

Message clé

- La réduction des émissions de CH_4 par les ruminants nourris à base de fourrages permettra de diminuer la contribution de l'élevage et de l'agriculture aux GES
- Les principaux déterminants de la qualité des fourrages:
 - ❖ ↗ Stade de croissance et de maturité des graminées
↗ CH_4 /DMI
 - ❖ ↗ maturité de l'ensilage de maïs maïze (↗ amidon et qualité du fourrage)
↘ CH_4 g/j
 - ❖ Type de Fourrage et ensilages
 - ❖ Légumineuses ou plantes riches en tannins ↘ CH_4 (g/kg MO digérée)
 - ❖ Ensilage de maïs ou d'herbe ↘ CH_4 (g/kg MSI) et ↘ CH_4 (g/kg produit)

INRAE



Merci de votre attention