

# Bioconversion de résidus par la mouche soldat noire, une approche métagénomique

Christophe Pelletier<sup>1</sup>, Laurence Auger<sup>1</sup>, Alexandre Thibodeau<sup>2</sup>, Linda Saucier<sup>1</sup>, Grant W. Vandenberg<sup>1</sup>, Marie-Pierre Létourneau-Montminy<sup>1</sup>, Marie-Lou Gaucher<sup>2</sup>, Mohamed Rhouma<sup>2</sup>, Christopher Warburton<sup>3</sup>, Yan Martel-Kannes<sup>4</sup>, Marie-Hélène Deschamps<sup>1</sup>, Antony T. Vincent<sup>1</sup>

1- Département des sciences animales, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Qc, Canada

2- Chaire de recherche en salubrité des viandes (CRSV), Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, Ste-Hyacinthe, Qc, Canada

3- Entosystem, Drummondville, Qc, Canada

4- Sollio Groupe coopératif, Montréal, Qc, Canada

# Plan de la présentation

**01**

## Introduction

*Contexte du projet, description de la MSN*

**02**

## Objectifs de l'étude

*Questions de recherche et hypothèses*

**03**

## Axe 1 – Croissance et performances de rendement

*Matériel et méthodes  
Résultats  
Conclusion*

**04**

## Axe 2 - Métagénomique

*Matériel et méthodes  
Résultats  
Conclusion*

**05**

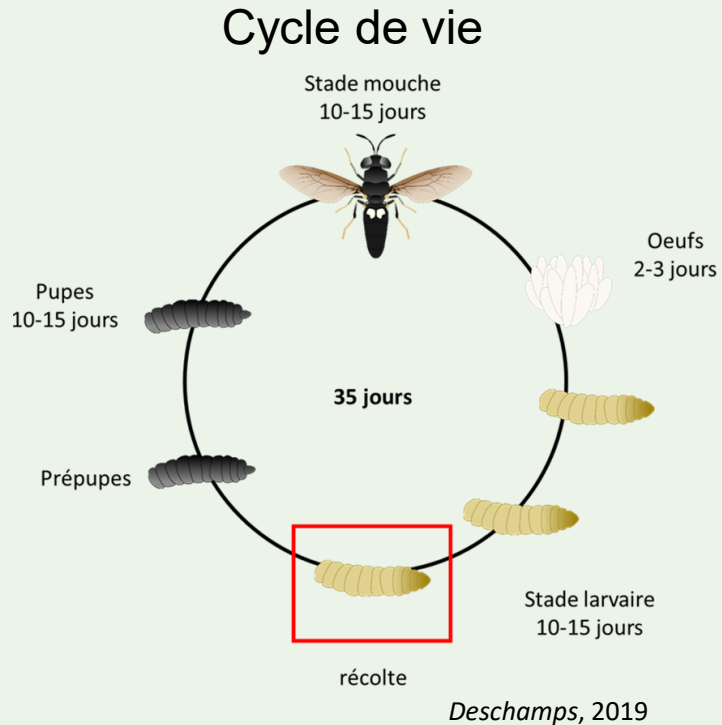
## Conclusion

*Qu'est ce qu'on en retient ?*

**06**

## Remerciements et références

# Introduction – Mouche soldat noire



## Mouche soldat noire (MSN, *Hermetia illucens*)

- Diptère (*Stratiomyidae*)
- Amérique du Sud
- Bioconversion
- Biomasse larvaire (protéine, lipides)
- Frass (fertilisant)



# Introduction – Contexte du projet



entosystem



## Économie circulaire

- 90 000 tonnes de résidus organiques/an
- 250 tonnes/jour



**Aliment neuf  
« Moulée »**


**20 %**

**> 100 tonnes/jour**



# Introduction – Contexte du projet

Pourquoi ajouter **20 %** de moulée ?

 Agent structurant

 Protéine

Impacts négatifs

 Dispendieux

 Non-résiduel

Alternatives ?



<https://meuneriemondou.com/wp-content/uploads/2023/05/alimentation-animal-supplement-mineraux.jpg>

# Introduction – Contexte du projet



- Flush: Résidus contenant une concentration variable d'antibiotiques et produits sanitaires
- Enfouis aux frais des meuneries
- Problématique d'antibiorésistance

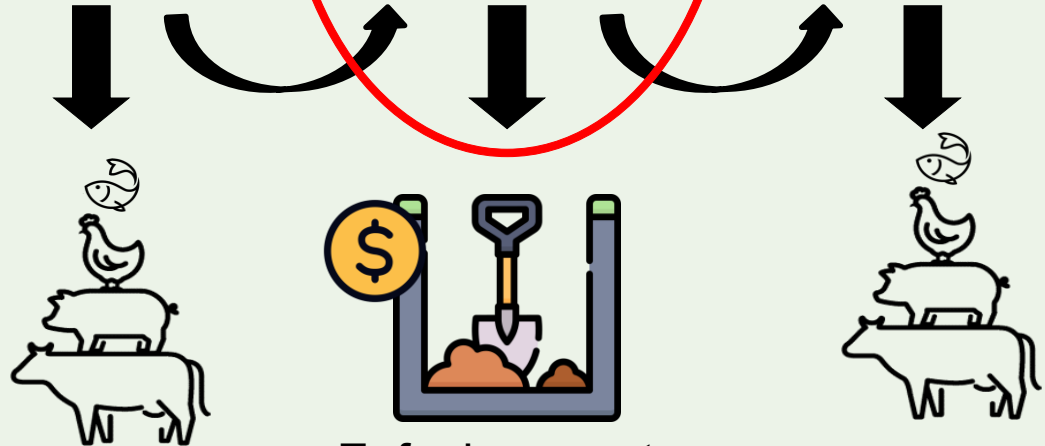
Production 1



Flush

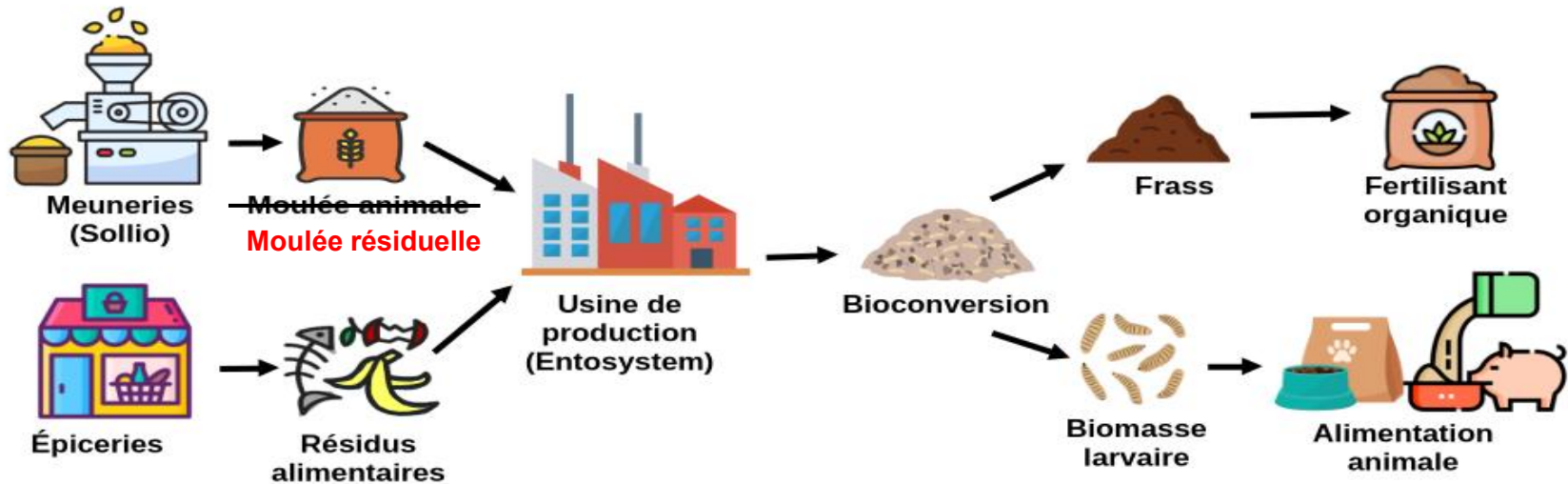


Production 2



Enfouissement

# Introduction – Contexte du projet



## Objectif global:

Évaluer la faisabilité de remplacer la moulée traditionnelle par une moulée résiduelle contenant des antibiotiques dans l'alimentation de la MSN

## Antibiotiques ciblés

Antibiotique	Famille	Cible	Usage vétérinaire
Chlortétracycline ( <b>CTC</b> )	Tétracyclines	Large spectre (Gram-positif, Gram-négatif)	Bovin, porcin, volaille
Bacitracine ( <b>BMD</b> )	Polypeptidiques	Gram-positif	Porcin, volaille
Monensin ( <b>MOS</b> )	Ionophores	Gram-positif	Bovin, volaille

# Objectifs de l'étude

## Croissance et performances de rendement

### Hyp. 1

La **croissance** (masse larvaire) et la **bioconversion** seront plus basses dans les traitements avec antibiotiques comparé au contrôle sans antibiotiques.



## Composition du substrat

Hyp. 2 Les communautés bactériennes du substrat devraient être **différentes** et modulées par la **concentration d'antibiotiques** et la **présence** de larves.

## Taxonomie du microbiote

### Hyp. 3

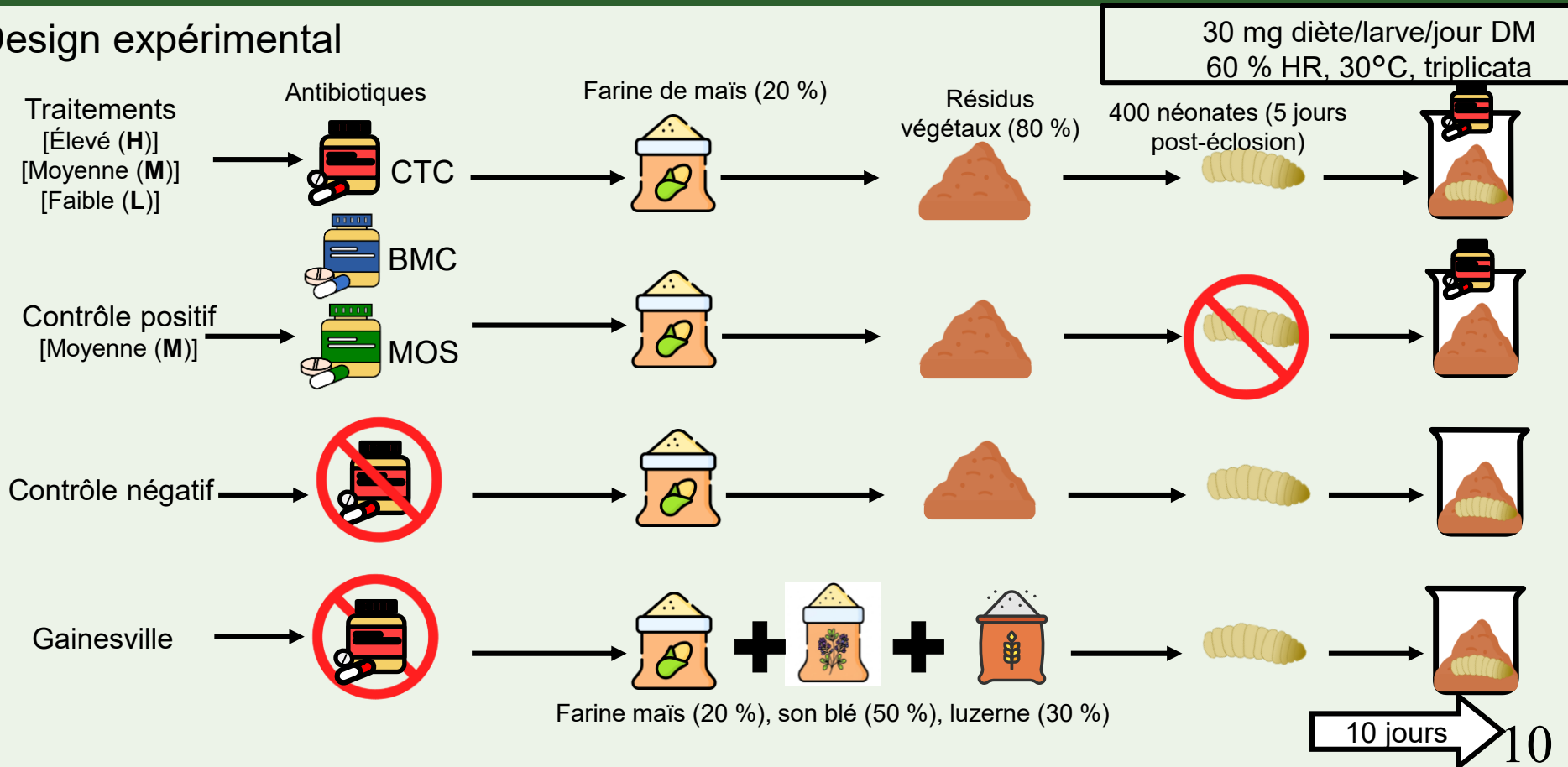
Les taxons bactériens **résistants** aux antibiotiques et au pH devraient être favorisés au profit des autres. Les bactéries essentielles à la **digestion** devraient être conservées.



# Axe 1 – Performances de croissance

## Matériel et méthode

### Design expérimental



# Axe 1 – Performances de croissance

## Matériel et méthode

### Design expérimental

### Concentration d'antibiotique actif dans les traitements (mg/kg)

Antibiotique	[Faible]	[Moyenne]	[Élevée]
CTC	2	55	220
BMD	0,3	110	275
MOS	1	22	100

Éclosion oeufs  
(Gainesville,  
±12H)



Tri et compte  
des néonates



Mesures (aux 2 jours):  
- Masse humide (g)  
- pH  
- Température (°C)



Tri et décompte  
(Jour 10 exp)



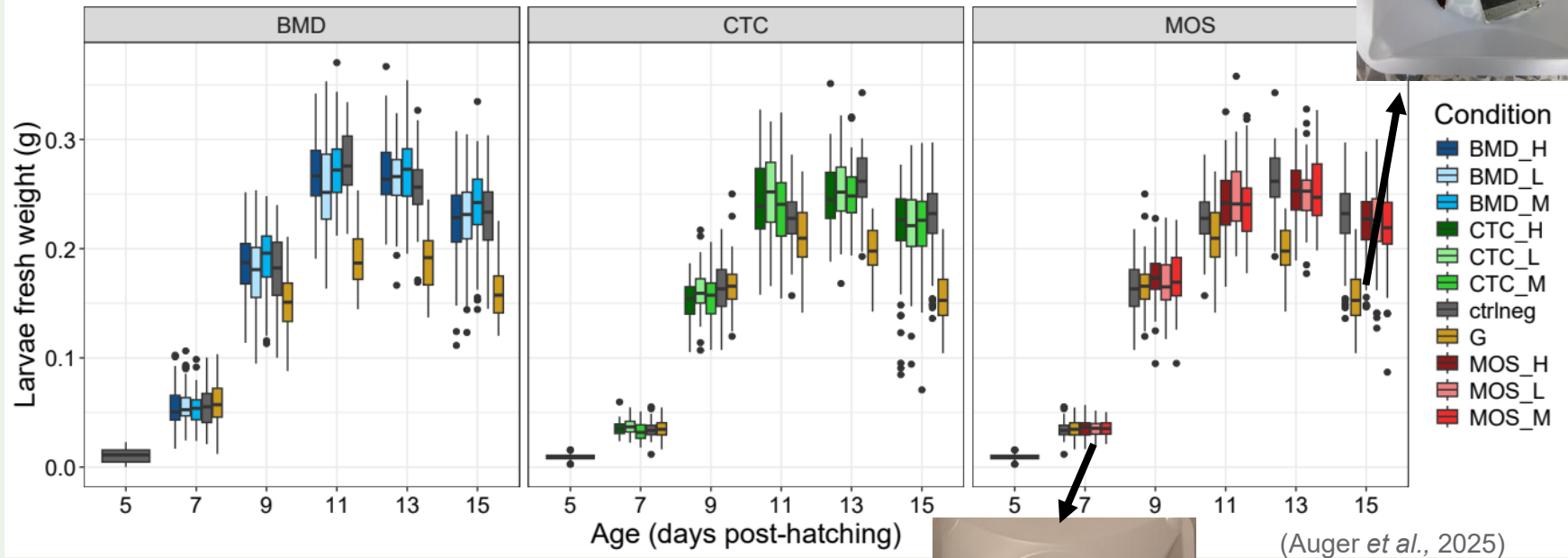
Lyophilisation



# Axe 1 – Croissance et performances de rendement

## Résultats

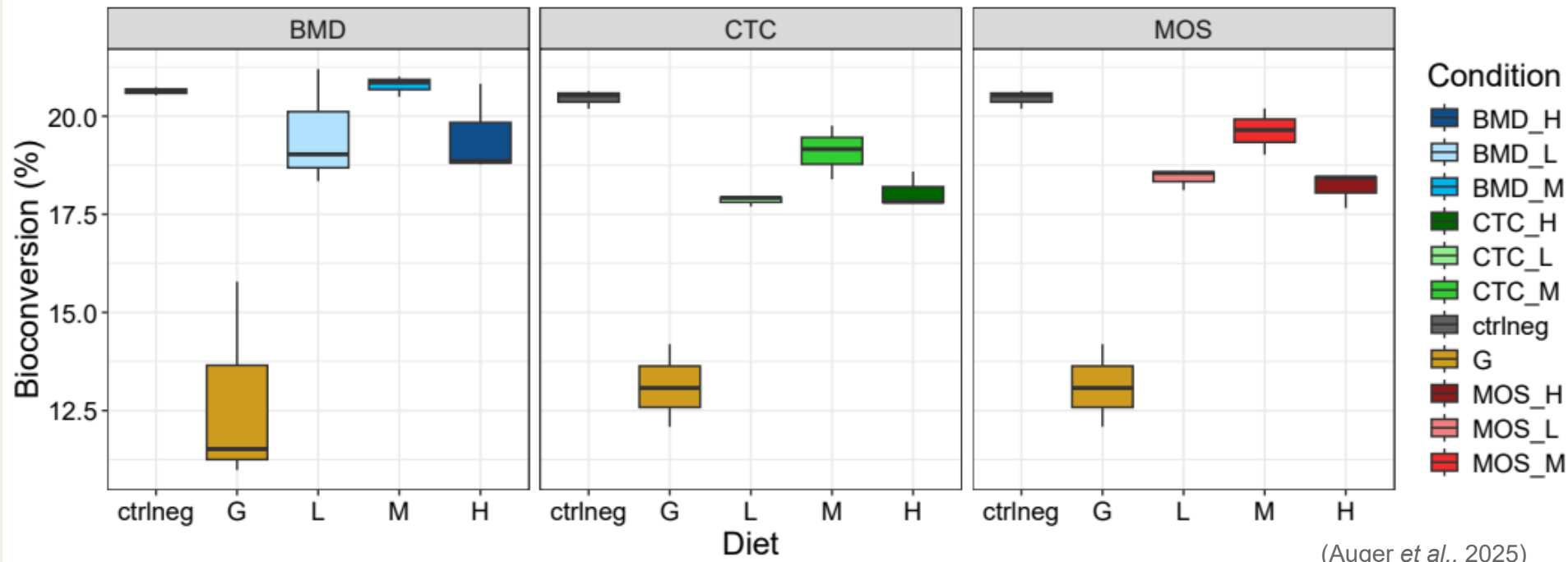
### Croissance larvaire individuelle



# Axe 1 – Croissance et performances de rendement

## Résultats

### Bioconversion du substrat (ECI, %)



(Auger *et al.*, 2025)

$$\text{Taux de bioconversion (\%, MS)} = \frac{\text{Masse larvaire sèche finale (g)} - \text{Masse larvaire sèche initiale (g)}}{\text{Masse larvaire sèche initiale (g)}} * 100$$

# Axe 1 – Croissance et performances de rendement

## Conclusion

### Croissance et performances de rendement

**Hyp. 1** La **croissance** (masse larvaire) et la **bioconversion** seront plus basses dans les traitements avec antibiotiques comparé au contrôle sans antibiotiques.



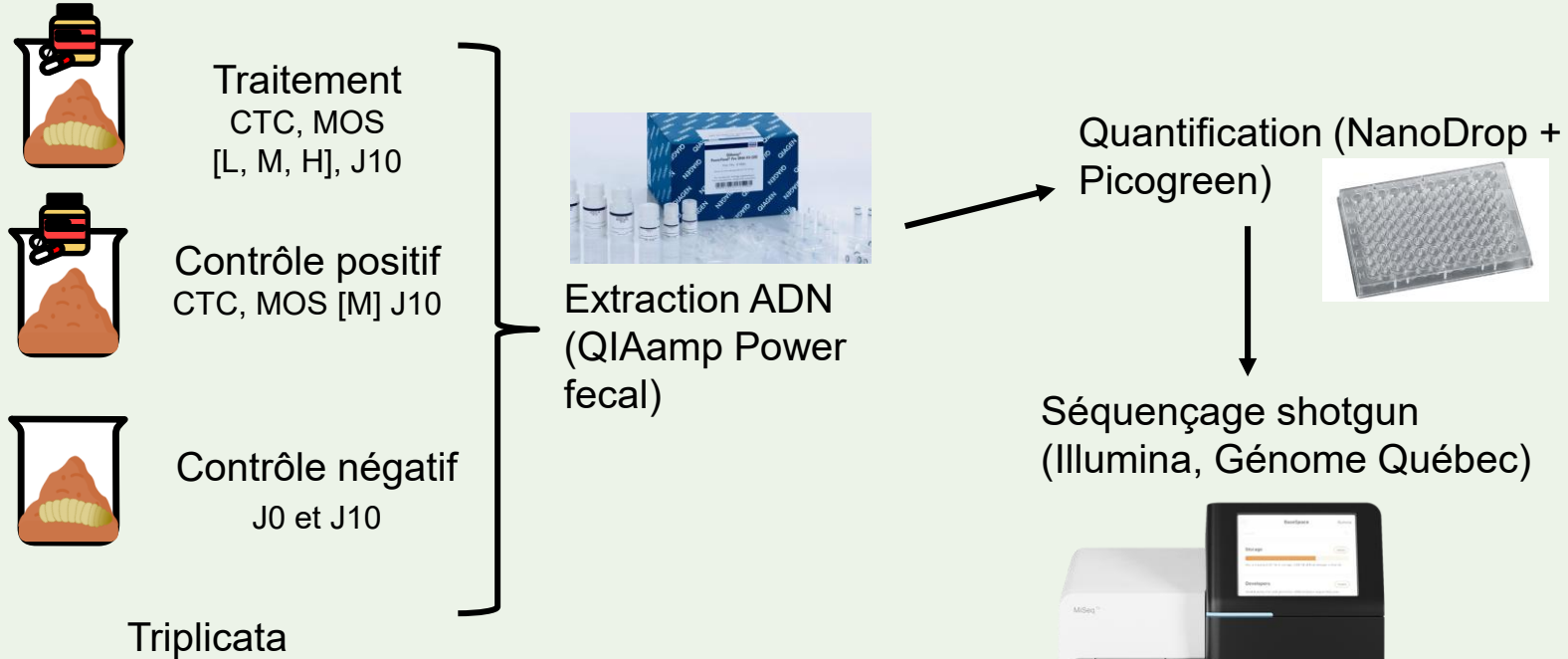
**Hyp. 1** ✓ La présence d'antibiotiques ne diminue pas les performances de croissances

Alternative n'affectant pas les performances, donc économiquement viable pour les producteurs



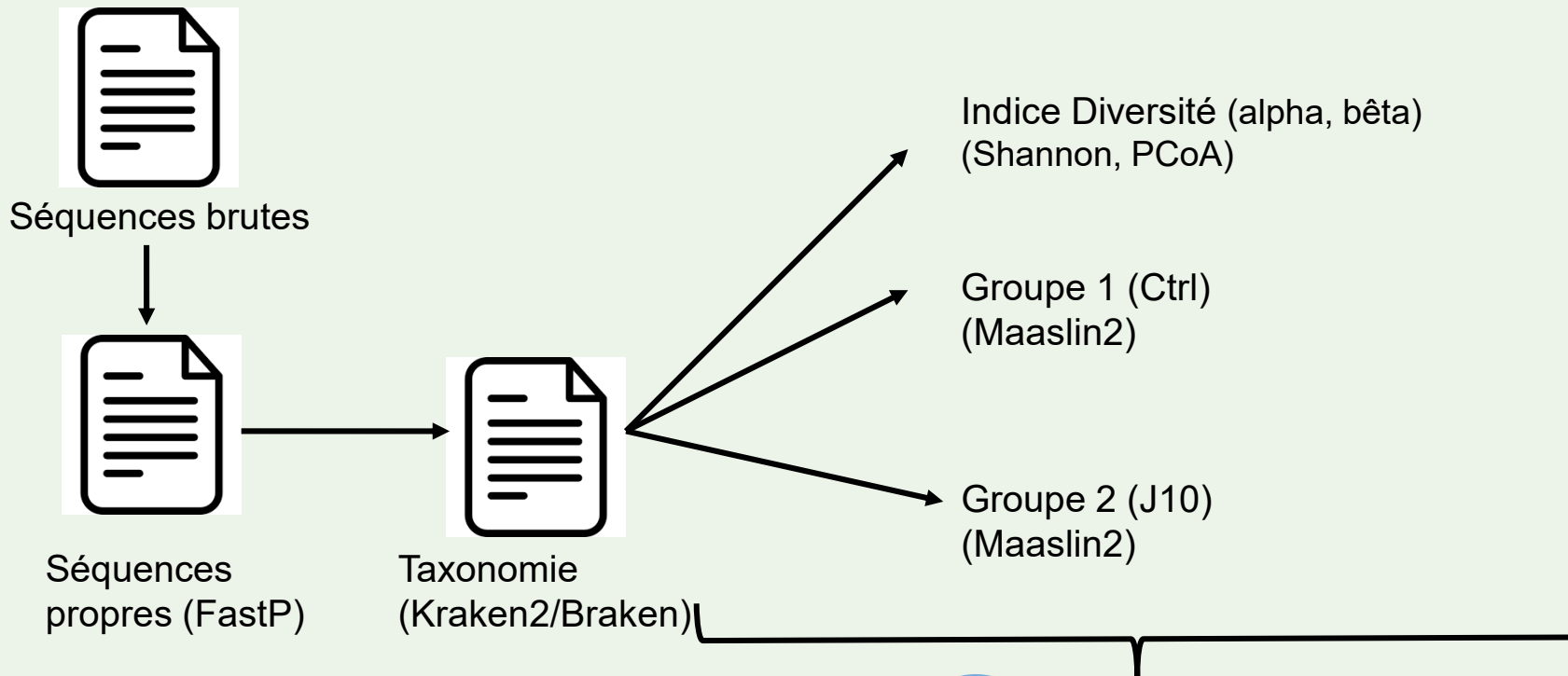
# Axe 2 – Métagénomique

## Matériel et méthode



# Axe 2 - Métagénomique

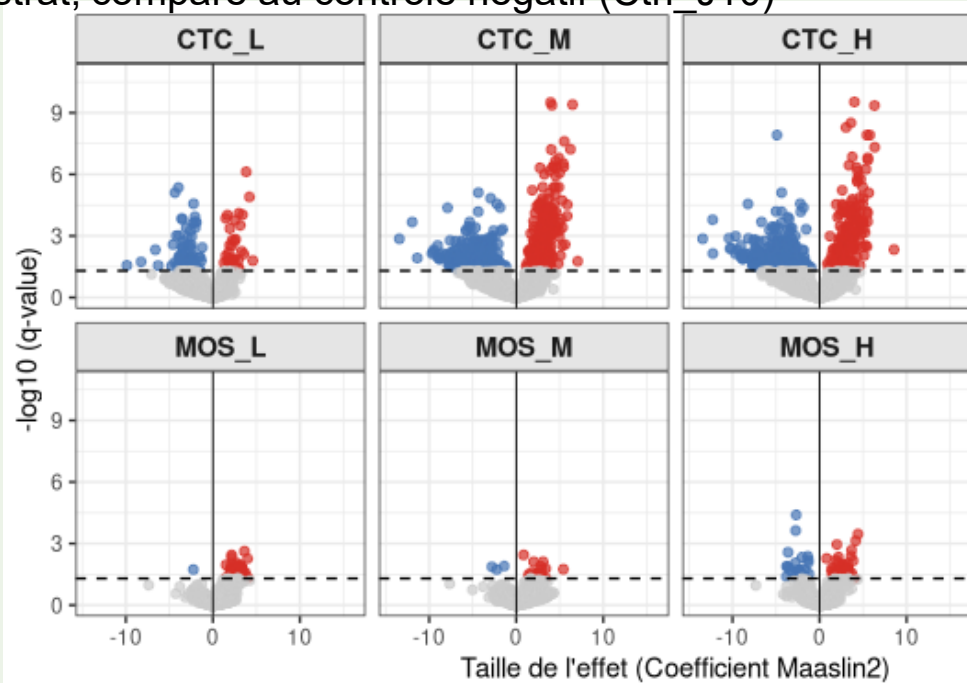
## Matériel et méthode



# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10)

Impact des antibiotiques (CTC, MOS) à 3 concentrations (L, M, H), sur la communauté bactérienne du substrat, comparé au contrôle négatif (Ctrl\_J10)



- Forte réactivité pour CTC,  
plus faible pour MOS

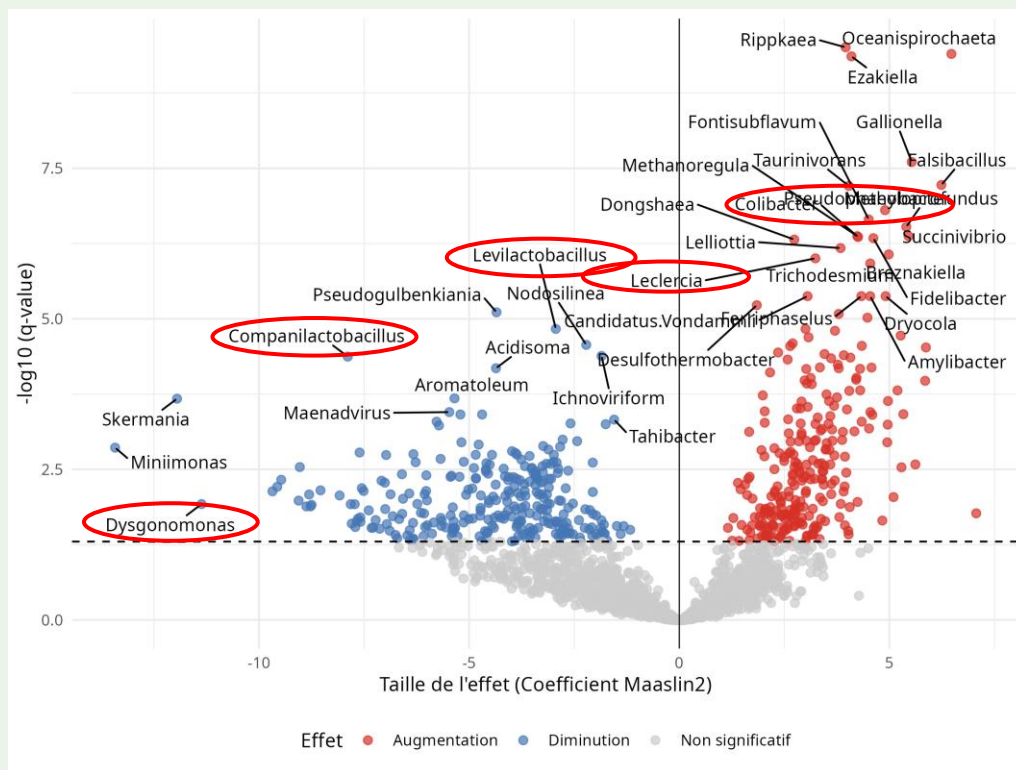
- Diminution importante pour  
CTC

Effet : ● Augmentation ● Diminution ● Non significatif

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10, CTC)

Communauté bactérienne de CTC\_M comparé au contrôle négatif (Ctrl\_J10)



- Élimination des taxons sensibles, libère une niche pour les opportunistes

- ↑ Genres potentiellement **pathogènes** et réservoirs d'**ARG** (*Pseudocitrobacter*, *Colibacter*, *Leclercia*)

- ↓ Bactéries **lactiques**, diminution pH (*Companilactobacillus*, *Levillactobacillus*)

- ↓ Bactéries importantes pour la **digestion**, dégradation des fibres (*Dysgonomonas*)

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10, MOS)

Communauté bactérienne de MOS\_M comparé au contrôle négatif (Ctrl\_J10)



- Taille de l'effet moins importante que CTC (spécifique)

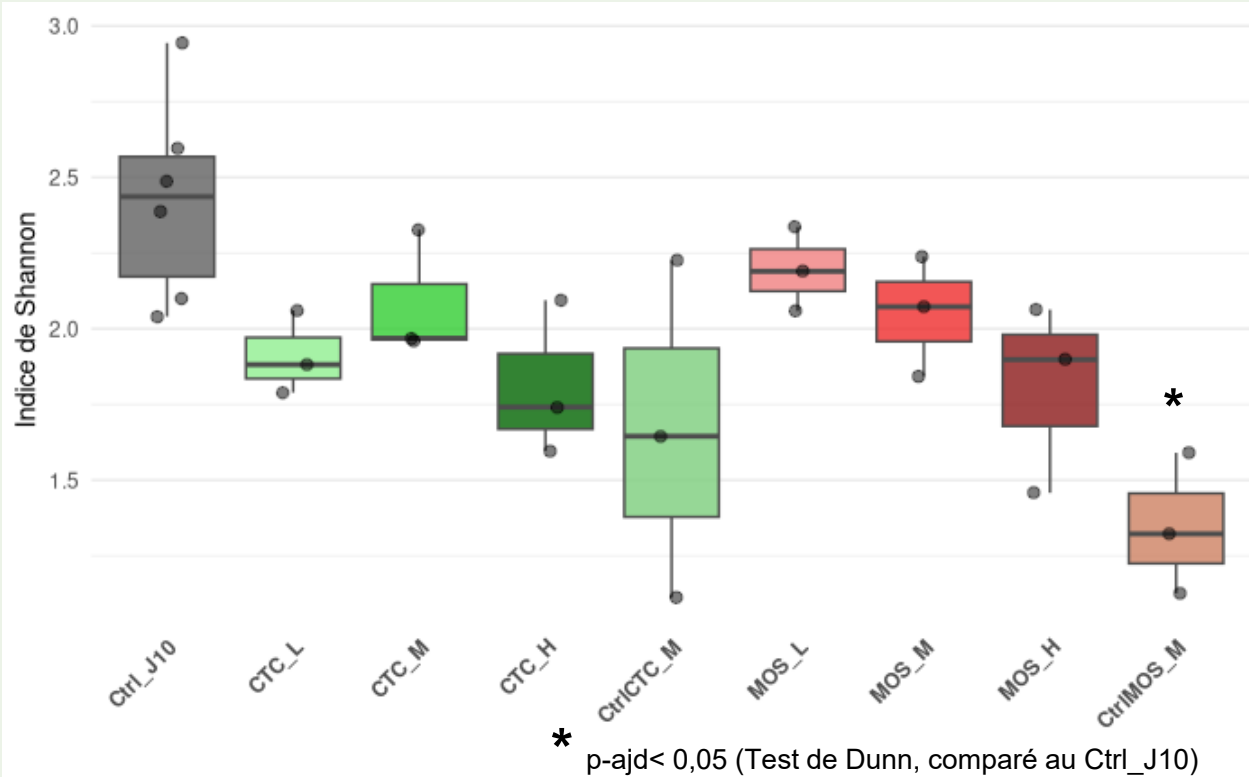
- ↑ Des genres **non habituels** du microbiote intestinal, potentiel artéfact (*Pelodictyon*, *Methyloadius*)

- ↑ **Bactériophages**, stress de la communauté, guerre virale (*Tsamsavirus*, *Harbinvirus*)

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (Diversité alpha)

Différence de diversité alpha entre les traitements

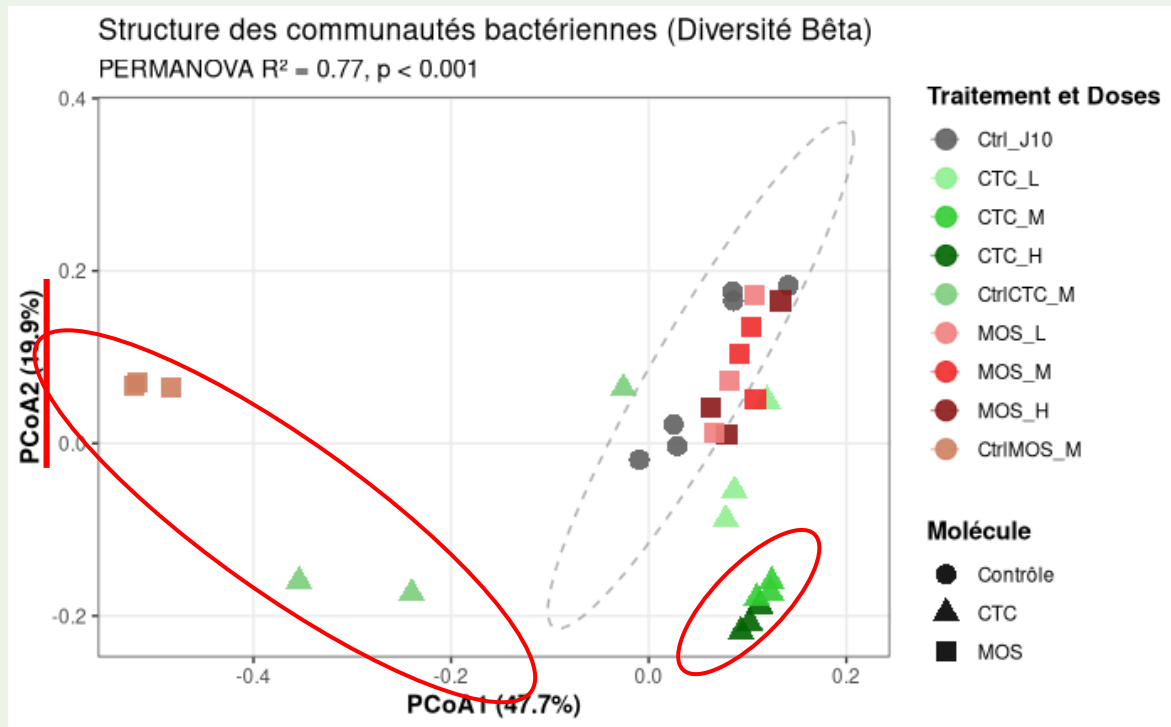


- Pas d'effondrement, mais **restructuration** de la communauté
- Tendance à ↓ avec l'augmentation de la concentration (non significatif)

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (Diversité bêta)

Structure des communautés bactériennes selon le temps et le traitement  
(PcoA, Distance Bray-Curtis)



- Distinction des clusters CtrlAntibio et CTC [M et H]

- La présence de larves responsable de 47,7% de la variance

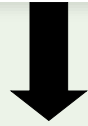
- Le traitement est responsable de 19,9% de la variance

# Axe 2 – Métagénomique

## Conclusion

### Composition du substrat

Hyp. 2 Les communautés bactériennes du substrat devraient être **différentes** et modulées par la **concentration d'antibiotiques** et la **présence** de larves.



- Hyp. 2
- Composition différente entre CTC et MOS, dose dépendant
  - ✓ - Modulé par [CTC et MOS], restructuration communauté
  - Modulé par la présence de larves (diversité bêta)



# Axe 2 – Métagénomique

## Conclusion

### Taxonomie du microbiote

Hyp. 3

Les taxons bactériens **résistants** aux antibiotiques et au pH devraient être favorisés au profit des autres. Les bactéries essentielles à la **digestion** devrait être conservées.



Hyp. 3



- Taxons sensibles écartés, libère une niche pour opportunistes résistants

### Chlortétracycline (**CTC**)

- ↑Pathogènes réservoirs d'ARG
- ↓Bactéries digestion

### Monensin (**MOS**)

- ↑Des genres non habituels du microbiote intestinal
- ↑ Bactériophages

# Conclusion



- Pas de variations de la croissance ou des performances de croissance selon les traitements



- Communauté bactérienne changeante selon le traitement et la présence de larves



CTC - ↑ Taxons pathogènes, réservoirs d'ARG,  
- ↓ Taxons liés à la digestion, **sans effet** sur performances

MOS - ↑ Bactériophages  
- ↑ Genres non habituel du microbiote intestinal

## Perspectives

Ces travaux de recherche s'insèrent dans un vaste projet qui vise à intégrer une nouvelle boucle dans l'économie circulaire, donnant une nouvelle vie aux résidus de meunerie



## À venir ...



Séquençage du microbiote intestinal des larves



Dosage des antibiotiques dans les sous-produits



Analyse de la prévalence des gènes liés à l'antibiorésistance

# Remerciements

## Remerciements

- Martha Paola Rivera Rodriguez
- Arthur Thompson de la Chenelière
- L'équipe du GREREBA
- L'équipe du LARSEM

## Références sélectionnées

- Agence canadienne d'inspection des aliments. (2026). Recueil des notices sur les substances médicamenteuses. Gouvernement du Canada. <https://inspection.canada.ca/fr/sante-animaux/aliments-du-betail/documents-incorporer-renvoi/recueil-notices-substances-medicatrices/nom>
- Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS one, 10(12), e0144601.



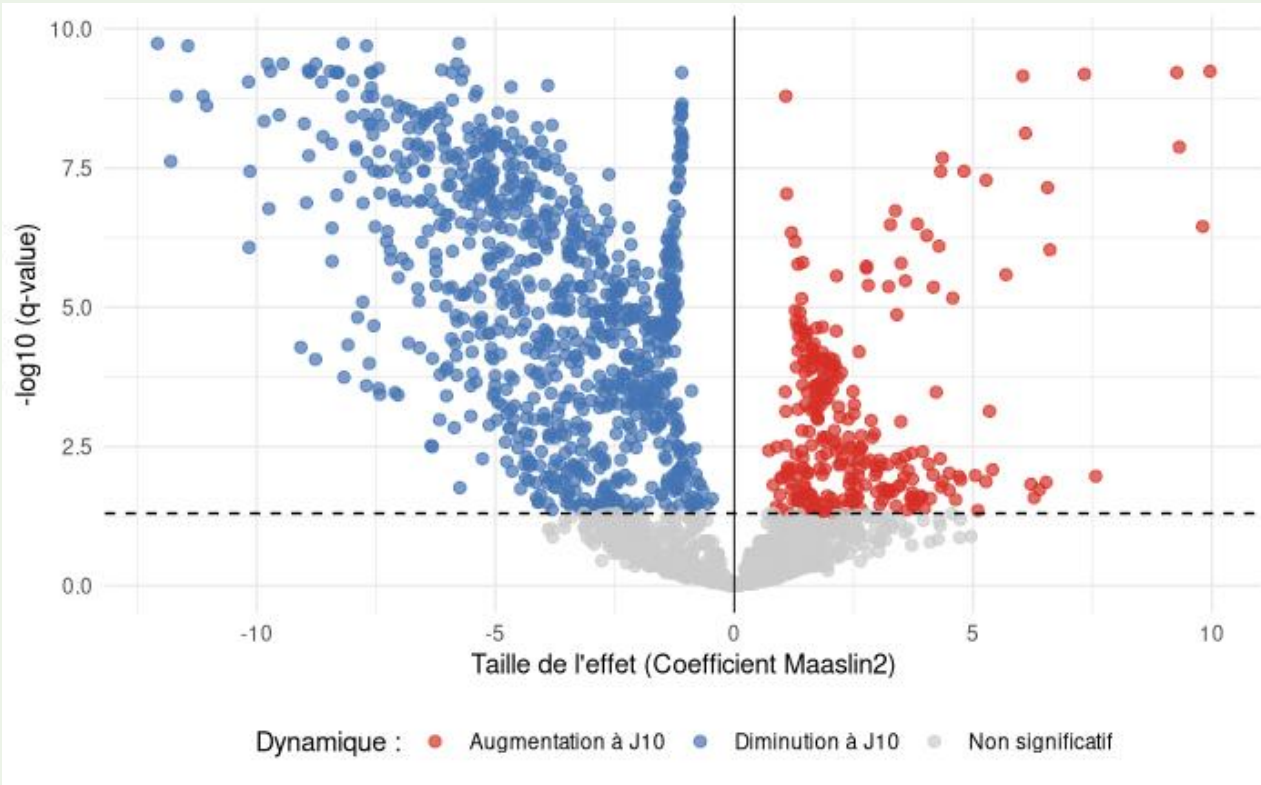
# Références

- Cammack, J. A., & Tomberlin, J. K. (2017). The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.)(Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, 8(2), 56.
- Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS one*, 10(12), e0144601.
- Gouvernement du Canada (2026). Index des notices sur les substances médicamenteuses par nom. Repéré à : <https://inspection.canada.ca/fr/sante-animaux/aliments-du-betail/documents-incorporer-renvoi/recueil-notices-substances-medicatrices/nom>

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe Ctrl)

Communauté bactérienne du substrat entre les contrôles du jour 0 et 10

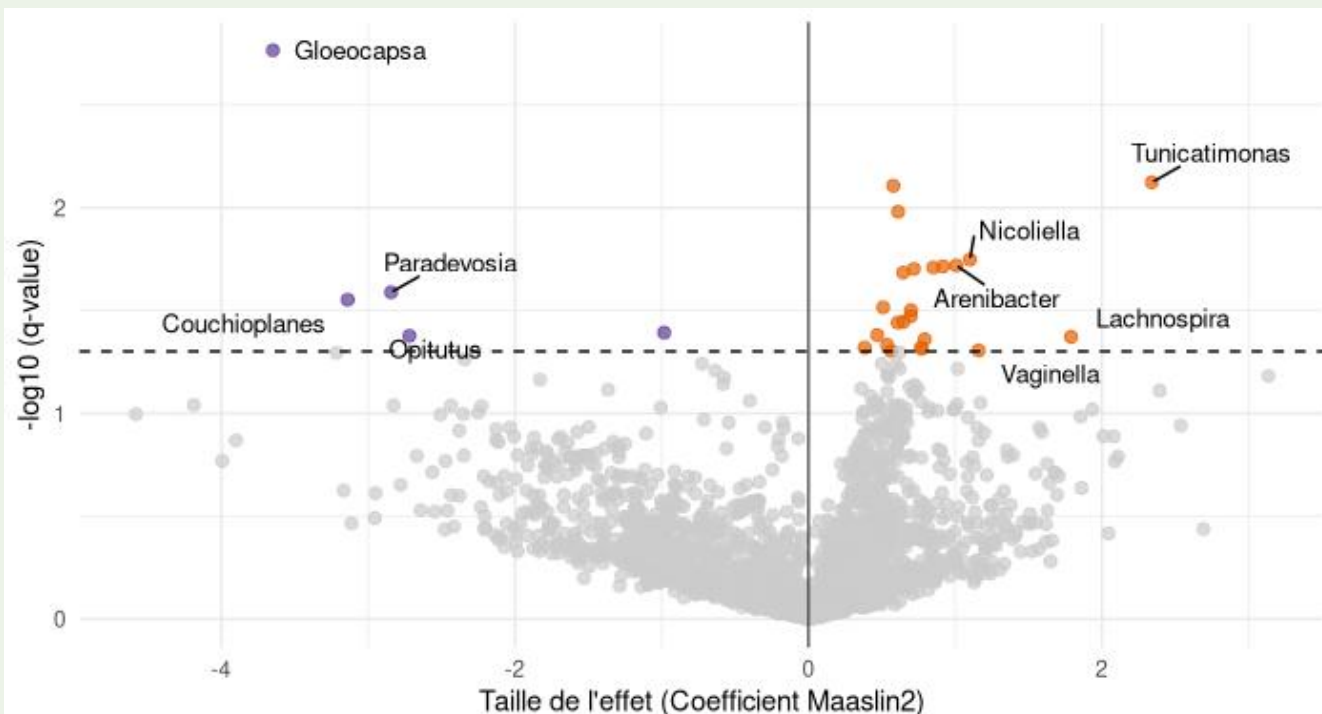


- Changement drastique dans la communauté entre J0 et J10
- Évolution naturelle du substrat

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe Ctrl)

### Effet de lot sur la communauté bactérienne



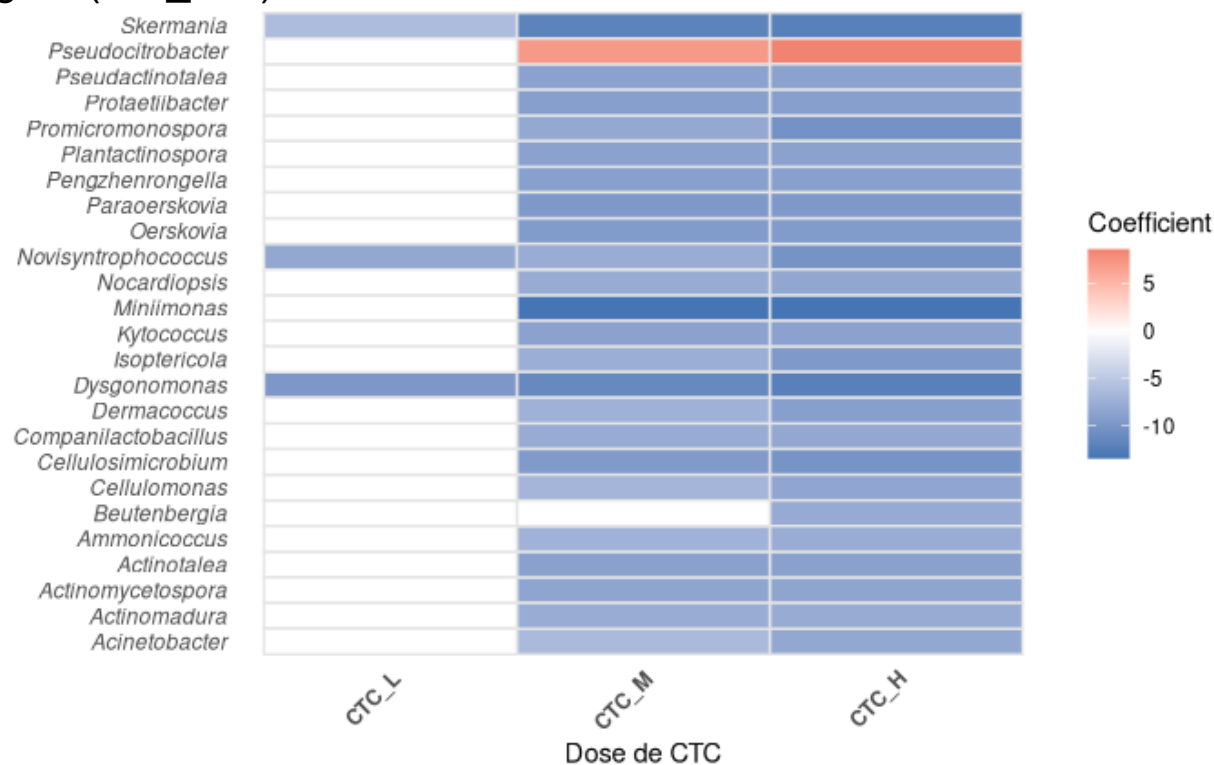
- Effet de lot mineur

- Concerne des genres ayant peu d'impact sur la digestion

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10, CTC)

25 genres bactériens les plus impactés par l'effet de la chlortétracycline, par rapport au contrôle négatif (Ctrl\_J10)

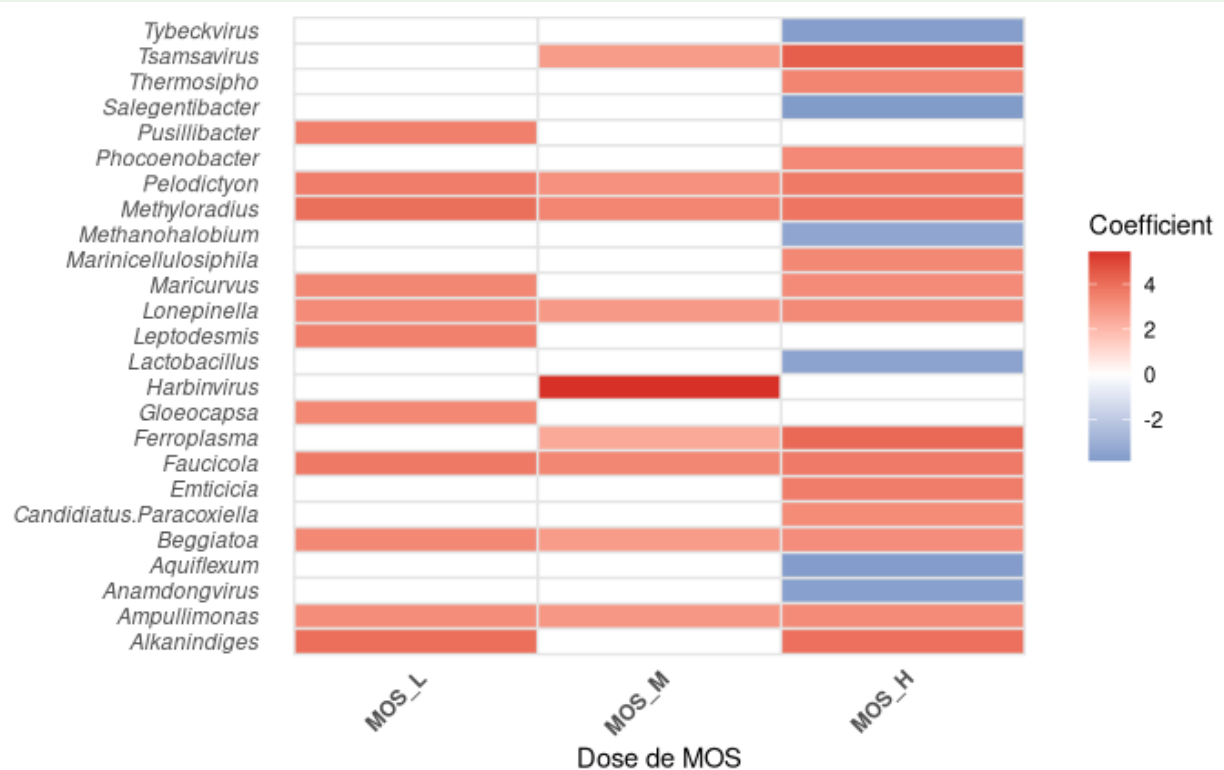


- Réponse **dose-dépendante**,  
faible réaction à basse  
concentration

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10, MOS)

25 genres bactériens les plus impactés par le monensin, par rapport au contrôle négatif (Ctrl\_J10)

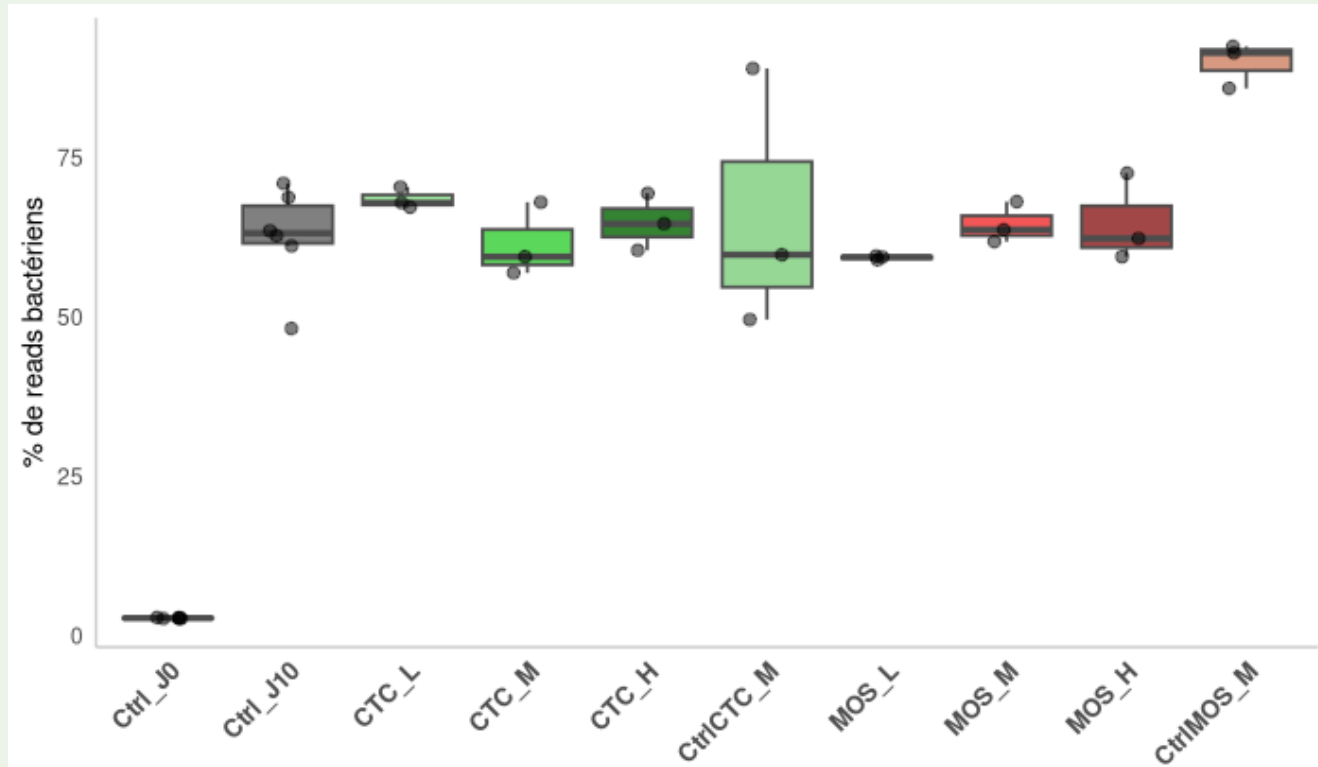


- Restructuration dès la faible dose

- Réponse non-linéaire

# Annexes — Données supplémentaires

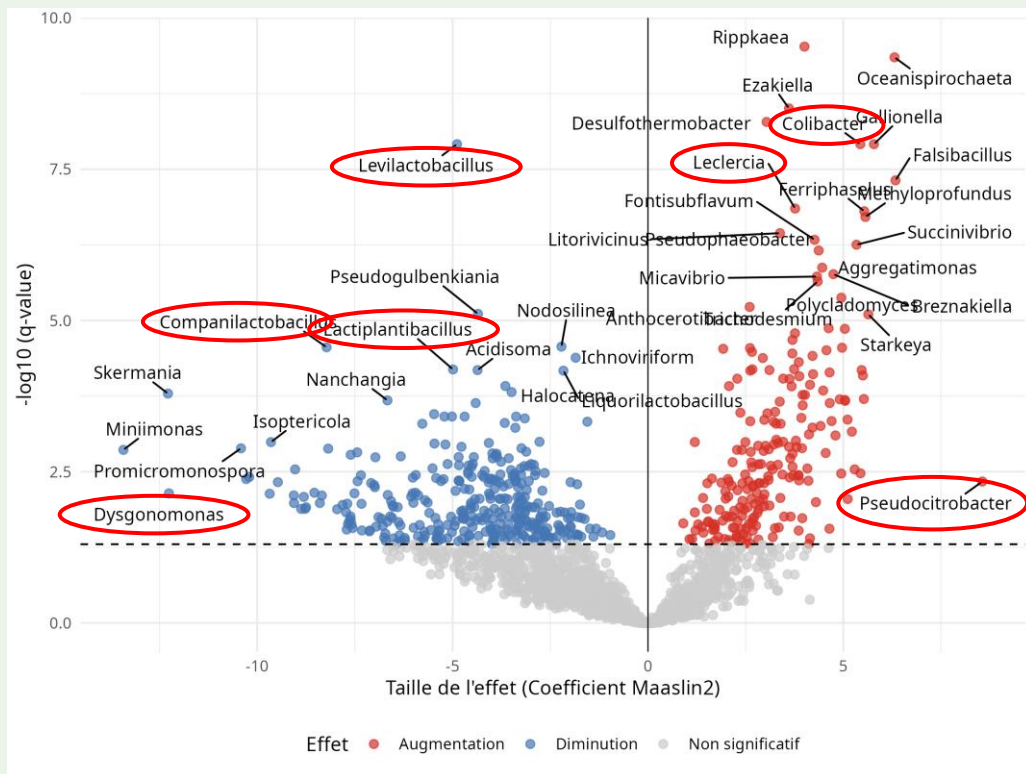
## Profondeur de read des traitements



# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10, CTC)

Communauté bactérienne de CTC\_H comparé au contrôle négatif (Ctrl\_J10)



- Élimination des taxons sensibles, libère une niche pour les opportunistes

- ↑ Genres potentiellement **pathogènes** et réservoirs d'**ARG** (*Pseudocitrobacter*, *Colibacter*, *Leclercia*)

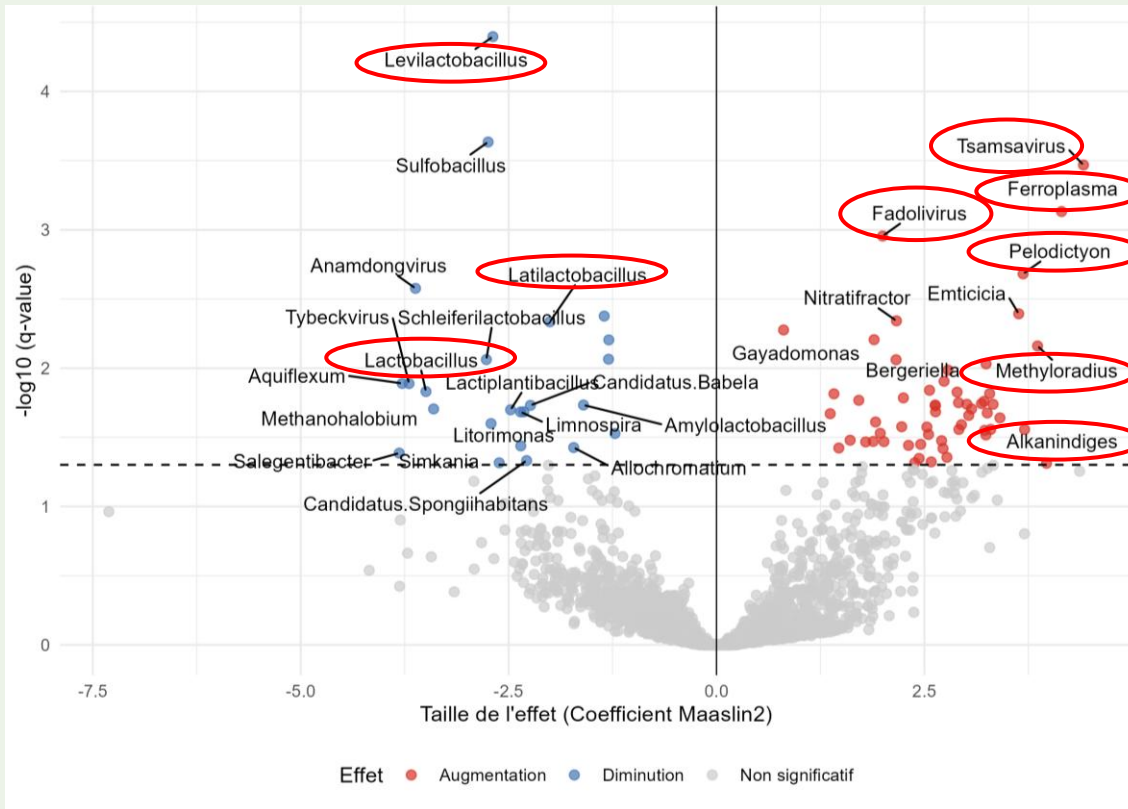
- ↓ Bactéries **lactiques**, diminution pH (*Companilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*)

- ↓ Bactéries importantes pour la **digestion**, dégradation fibres (*Dysgonomonas*)

# Axe 2 – Métagénomique

## Résultats (groupe J10, MOS)

Communauté bactérienne de MOS\_H comparé au contrôle négatif (Ctrl\_J10)



- Taille de l'effet moins importante que CTC (spécifique)

- ↓ Bactéries **lactiques**, diminution pH (Lactobacillus, *Levilactobacillus*, *Latilactobacillus*)

- ↑ Des genres **non habituels** du microbiote intestinal, potentiel artéfact (*Ferroplasma*, *Pelodictyon*, *Alkanindiges*, *Methyloadius*)

- ↑ **Bactériophages**, stress de la communauté, guerre virale (*Tsamsavirus*, *Fadolivirus*)