

# Évaluation des bioaérosols et des composés gazeux émis lors des compostages de résidus agroalimentaires et résidentiels

Geneviève Marchand



# Équipe de recherche

- ▶ Genevieve Marchand, IRSST
- ▶ Caroline Duchaine, CRIUCPQ, U. Laval
- ▶ Yves Bernard, CRIQ
- ▶ Yves Cloutier, IRSST
- ▶ Jacques Lavoie, IRSST
- ▶ Laetitia Bonifait, CRIUCPQ
- ▶ Marc Veillette, CRIUCPQ
- ▶ Éric Légaré, CRIQ
- ▶ Carole Pépin, IRSST
- ▶ Yves Beaudet, IRSST
- ▶ Daniel Pelchat, UQTR
- ▶ Hamza M'Bareche, CRIUCPQ, U. Laval
- ▶ Maude Talbot, CRIUCPQ, U. Laval
- ▶ e-Eve Dubuis, CRIUCPQ



CENTRE DE RECHERCHE



UNIVERSITÉ  
LAVAL

UQTR



Université du Québec  
à Trois-Rivières

# Introduction

## Gestion des matières résiduelles organiques (MO)

⇒ Priorités politiques et environnementales

### Plan d'action Québécois

Favorise le recyclage des MO soit par

Épandage sur le sol

Compostage

Biométhanisation



**Augmentation** des sites  
de compostages

**Augmentation** du nombre  
de travailleurs impliqués

# Contexte SST

## Compostage

Processus de **conversion et de valorisation**  
des matières organiques  
Décomposition **aérobie**

Action des  
microorganismes et  
production de gaz

**Exposition inhérente** des travailleurs

- Microorganismes
- Gaz



# Connaissances

Processus de **métabiose**

**Variations du microbiote** selon  
étape de transformation

**Variation des gaz** selon  
microbiote

Phase **thermophile**

*Aspergillus fumigatus*, *Legionella spp*, *Saccharopolyspora rectivirgula* et  
*Thermoactinomyces vulgaris*

**Concentrations élevées** de bioaérosols

Augmentation de la **fréquence des pathologies** respiratoires et  
cutanées

# Méconnaissance

Caractérisation du microbiote selon les étapes de transformation et le substrat (MO intrant)

Niveaux d'exposition aux agents microbiens et aux composés gazeux des travailleurs du milieu

Facteurs qui influencent l'exposition des travailleurs

- Paramètres de compostage

- Tâches de travail

# Objectifs

## Principal

Évaluer et comparer les **concentrations de gaz et de bioaérosols** présentes lors du compostage de trois matières organiques différentes afin d'en estimer les risques à la santé

## Spécifiques

Confirmer la présence de **microorganismes pathogènes** (*Mycobacterium spp*, *Legionella spp* et *Aspergillus fumigatus*) et investiguer leur utilisation comme **marqueurs de risques**

Documenter les paramètres de compostage et les méthodes de travail qui entraînent des **variations d'émissions** de contaminants dans l'air

# Matières organiques résiduelles

Fumier ferme bovin laitier rcins



# Contaminants de l'air

## Détection moléculaire

- *Mycobacterium spp*
- *S. rectivirgula*
- *Legionella sp*
- *Legionella pneumophila*
- *Aspergillus fumigatus*



## Biodiversité

- Séquençage deuxième génération (NGS) et métagénomique

## Particules microbiennes et totales

- UV-APS
- 5 L/min  
1 min



## Poussières totales (PNCA)

2 L/min  
120 min



## Endotoxines

9 L/min  
120 min



## Flore cultivable

- Bactéries mésophiles
- Moisissures mésophiles
- Thermo-actinomycètes
- *Aspergillus fumigatus*



28,3 L/min  
2 min

## COV totaux



## Gaz

- CO<sub>2</sub>
- CO
- H<sub>2</sub>S
- NO
- NO<sub>2</sub>

- N<sub>2</sub>O
- NH<sub>3</sub>



# Suivi du compost

Teneur en eau

Teneur en matière organique

Teneur en azote total

Rapport C/N

Masse volumique apparente

pH

Température

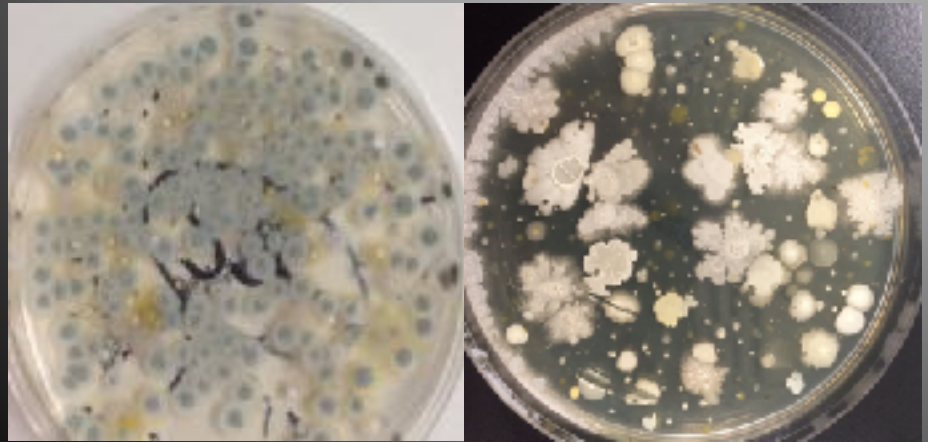
Teneur en O<sub>2</sub>

Débit d'aération

Cédule de brassage

# Résultats

» Cultivable et endotoxine



# Bactéries

► UFC/m<sup>3</sup> d'air

1,80E+05

Niveau recommandé

10 000 UFC/m<sup>3</sup>

1,35E+05

9,00E+04

4,50E+04

0,00E+00

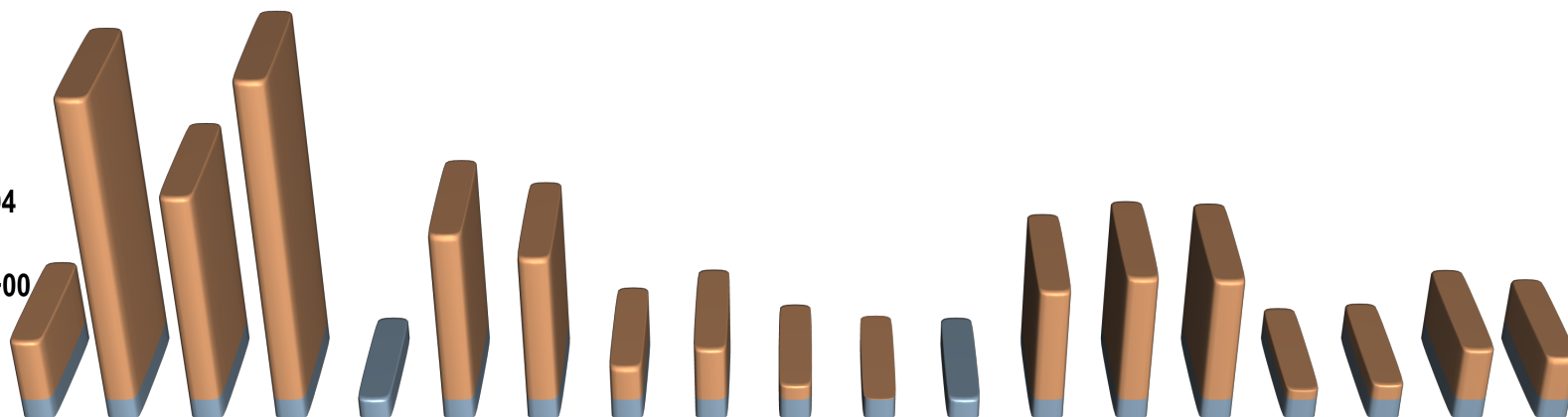
SSO

Manure

Deadstock

Fumier

Carcasses et placentas



# Moisissures

► UFC/m<sup>3</sup> d'air

**3,00E+05**

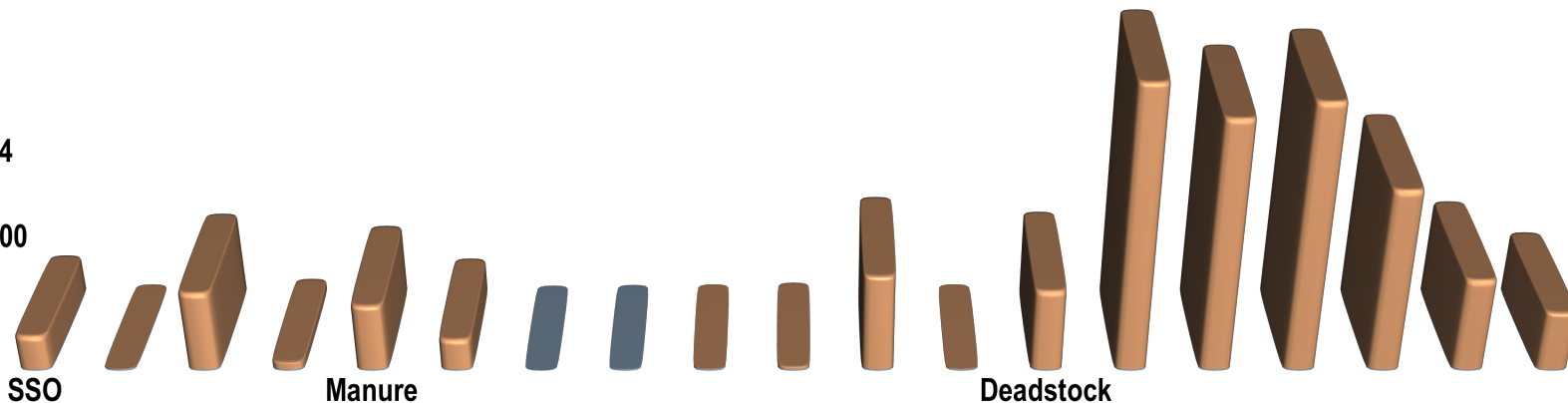
**Niveau recommandé**  
**1 000 UFC/m<sup>3</sup>**

**2,25E+05**

1,50E+05

**7,50E+04**

0,00E+00

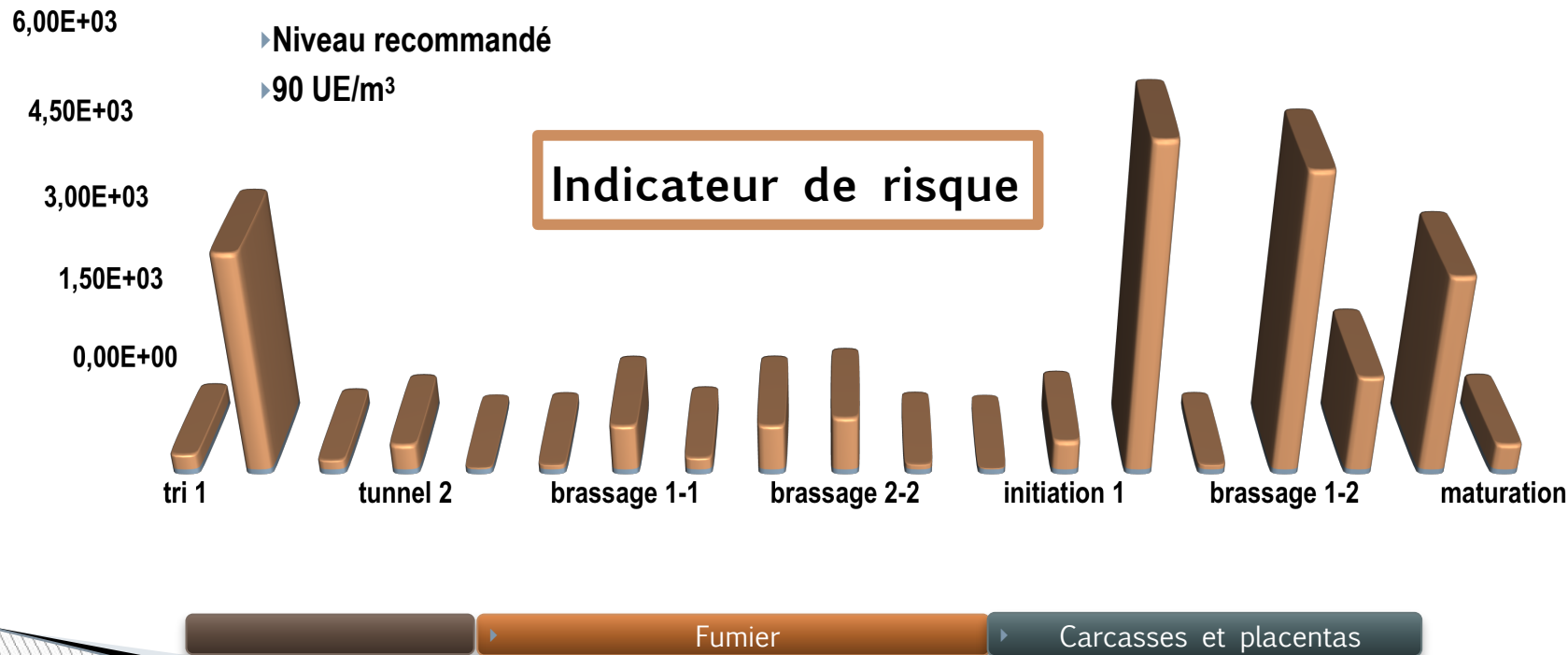


# Domestique

# Fumier

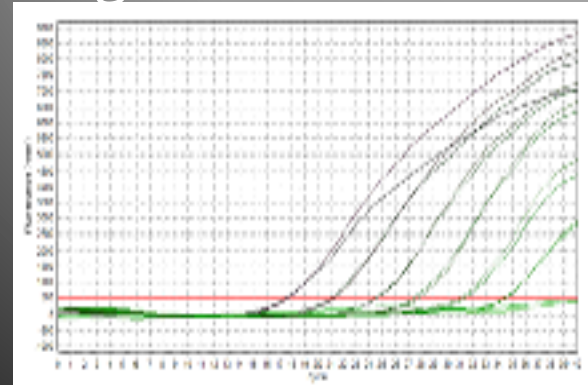
## Carcasses et placentas

# Endotoxine

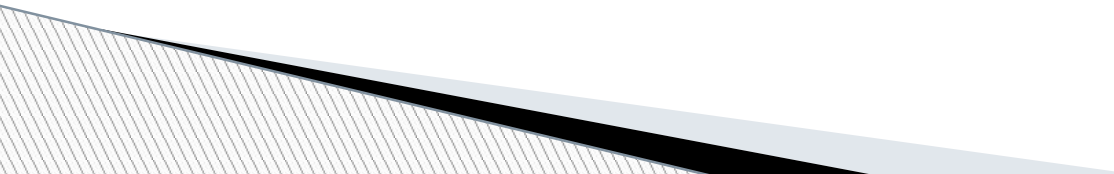


# Résultats

- » Indicateurs de risque microbien
- Détection biologie moléculaire

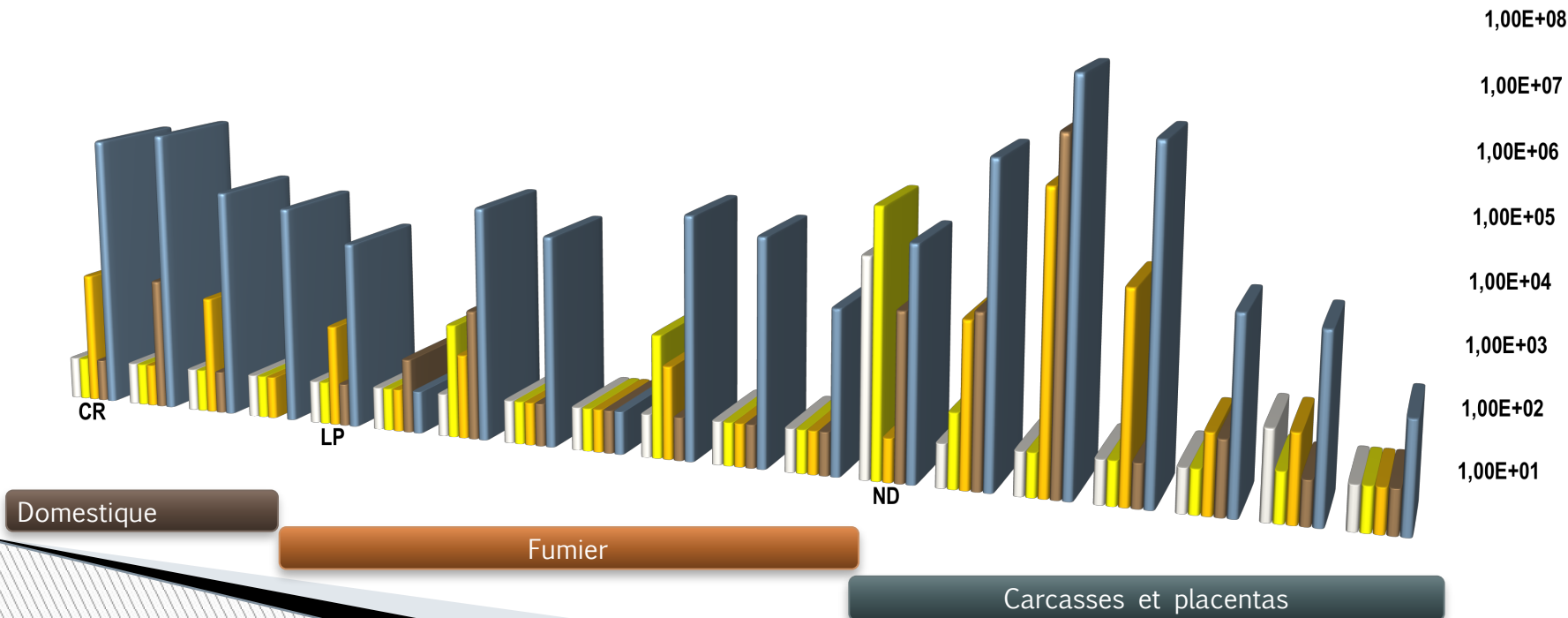


# Indicateurs microbiens ciblés

- ▶ *Aspergillus fumigatus*
  - ▶ *Mycobacterium spp*
  - ▶ *Legionella pneumophila*
  - ▶ *Legionella spp*
  - ▶ *S rectivirgula*
- 

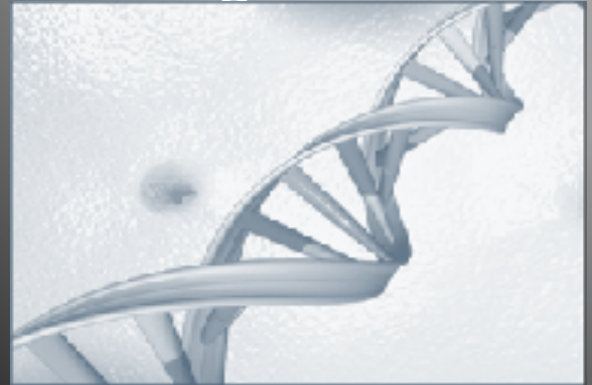
# Indicateurs de risque **proposés**

■ *Legionella pneumophila* (LegMip) ■ *Legionella* spp (LEG) ■ *Aspergillus fumigatus* et *Neosartoria fischeri* (Afumi) ■ *S rectivirgula* (Sac)  
■ *Mycobacterium* spp (pMyc)



# Résultats

- » Biodiversité microbienne
- Séquençage de 2<sup>e</sup> génération

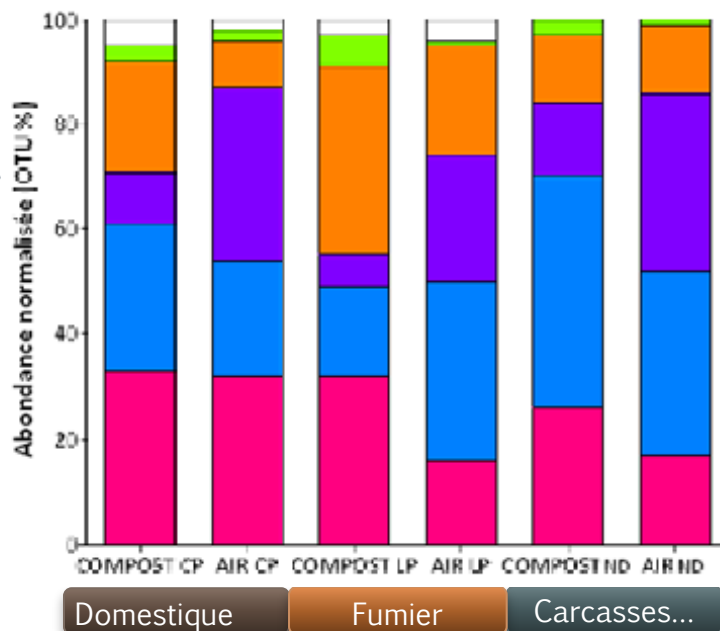


# Distribution Phylum

Air vs Compost

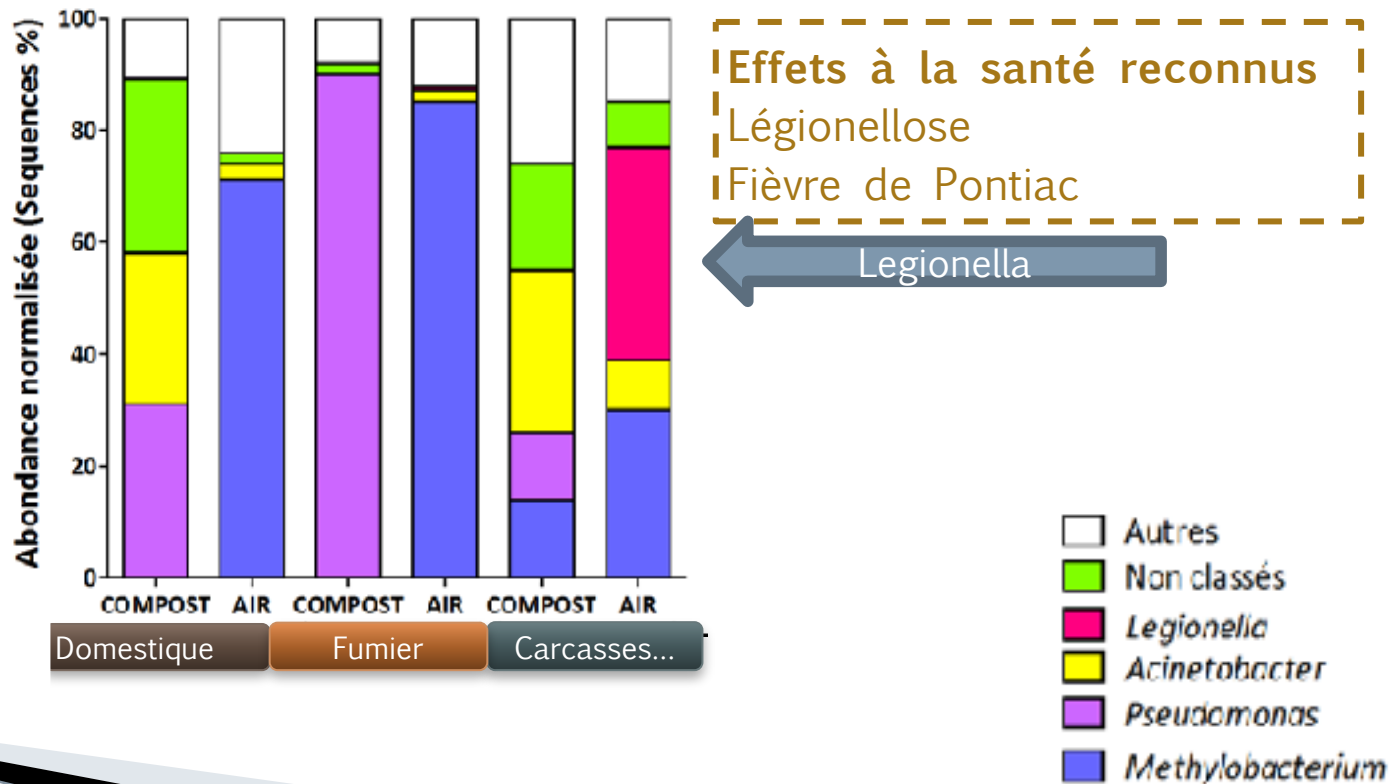
Actinobacteria

Aérosolisation  
préférentielle

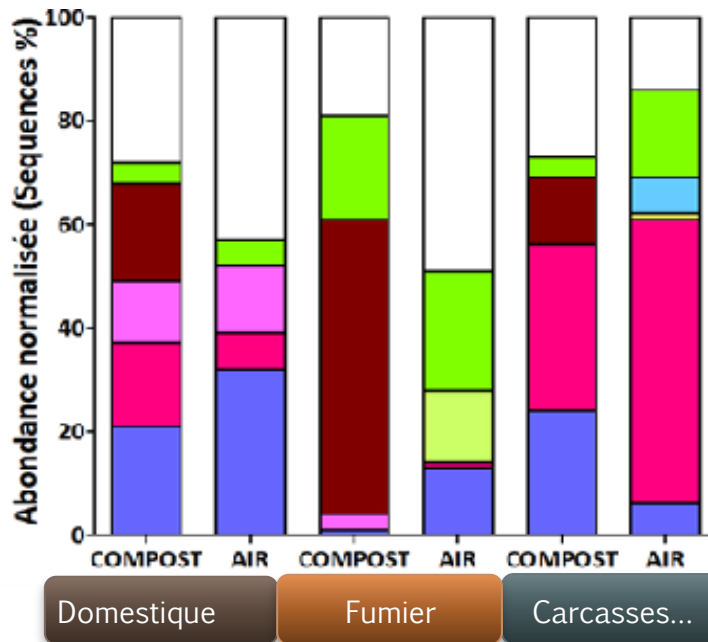


- Autres
- Non classés
- Bacteroidetes
- Actinobacteria
- Proteobacteria
- Firmicutes

# Distribution Proteobacteria



# Distribution Actinobacteria



Effets à la santé reconnus  
maladies respiratoires  
d'hypersensibilité

Saccharopolyspora

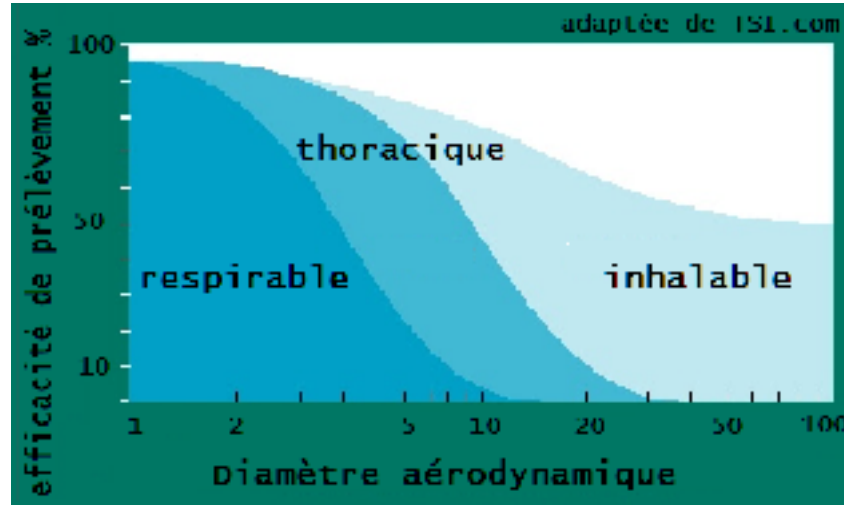
- Autres
- Non classés
- Mycobacterium
- Brevibacterium
- Propionibacterium
- Thermobifida
- Saccharomonaspora
- Saccharopolyspora
- Corynebacterium

# Résultats

» Particules et gaz



# Diamètre aérodynamique



Diamètre fractions respirable et thoracique

# Gaz et PNCA

|                  | Valeur d'exposition moyenne pondérée | Étendue des concentrations | Dépassement |
|------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|
| H <sub>2</sub> S | 10 ppm                               | ND à 0,08                  |             |
| CO               | 35 ppm                               | ND                         |             |
| CH <sub>4</sub>  | 1 %                                  | ND à 1                     | 1 %         |
| CO <sub>2</sub>  | 5000 ppm                             | 460 à 630                  |             |
| NH <sub>3</sub>  | 25 ppm                               | ND à 26                    | 11-26       |
| NO               | 25 ppm                               | ND à 0,7                   |             |
| NO <sub>2</sub>  | 3 ppm                                | ND à 3                     | 3           |
| N <sub>2</sub> O | 50 ppm                               | 0,6 à 1,9                  |             |
| COV              | Éthanol 1000                         | ND à 8,9                   |             |
| PNCA             | 10 mg/m <sup>3</sup>                 | 0,06 à 1,7                 |             |

Tous dans fumier

# Résultats

» Compost



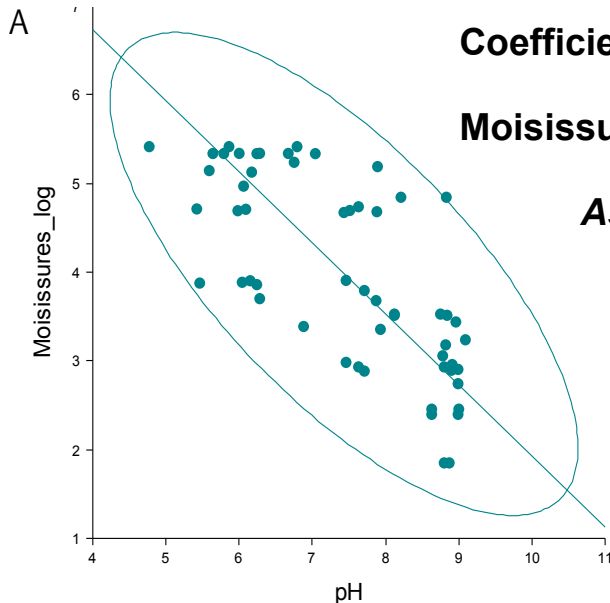
# Paramètres du compost

| Paramètre                                                             | Valeur optimum                     | Domestique                                     | Fumier                                  | Carcasses et placentas                  |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Température (°C)                                                      | 50 à 60                            | ~ 60<br>Entreposage : 20 à 30                  | ~ 60                                    | Lot 1: 53 à 59<br>Lot 2 : 43 à 64       |
| Oxygène O <sub>2</sub> (%)                                            | Supérieur à 5                      | Lot 1 : 13<br>Lot 2 : 5                        | ~ 5                                     | Lot 1 : 10 à 15<br>Lot 2 : ~ 15         |
| Masse volumique apparente base humide (kg/m <sup>3</sup> )            | Inférieur à 700                    | TEE trop élevée<br>zones déficiences d'oxygène |                                         |                                         |
| Teneur en eau base humide (%)                                         | 40 à 60                            | Lot 2 : ~ 45                                   | Lot 2 : ~ 70                            | 400                                     |
| Azote totale base sèche (%)                                           | -                                  | Lot 1 : 1 à 2<br>Lot 2 : 1,7 à 1,9             | Lot 1 : 1,5 à 3<br>Lot 2 : 2 à 3        | 3 à 4,5                                 |
| Rapport C/N                                                           | 25 à 35                            | Lot 1 : 14 à 25<br>Lot 2 : 15 à 17             | Lot 1 : 15 à 25<br>Lot 2 : 5 à 25       | 10 à 15                                 |
| pH                                                                    | 6 à 8                              | Lot 1 : 7,4<br>Lot 2 : 6,5                     | Lot 1 : 8 à 9<br>Lot 2 : ~ 9            | Lot 1 : 5,5 à 6<br>Lot 2 : 6 à 7        |
| Taux s'assimilation en O <sub>2</sub> (mg O <sub>2</sub> / kg m.o.-h) | Compost mature:<br>Inférieur à 400 | Lot1 : 3 000 à 5 000<br>Lot2: 3 500 à 4 800    | Lot1 : 800 à 5000<br>Lot2 : 500 à 1 000 | Lot 1 : ~ 2 000<br>Lot2 : 1 500 à 4 700 |

Taux d'assimilation en O<sub>2</sub>  
Aucune mesure avec compost mature

Rapport C/N non optimal  
Favorise émission d'ammoniaque  
surtout si le pH est alcalin.

# pH vs microorganismes



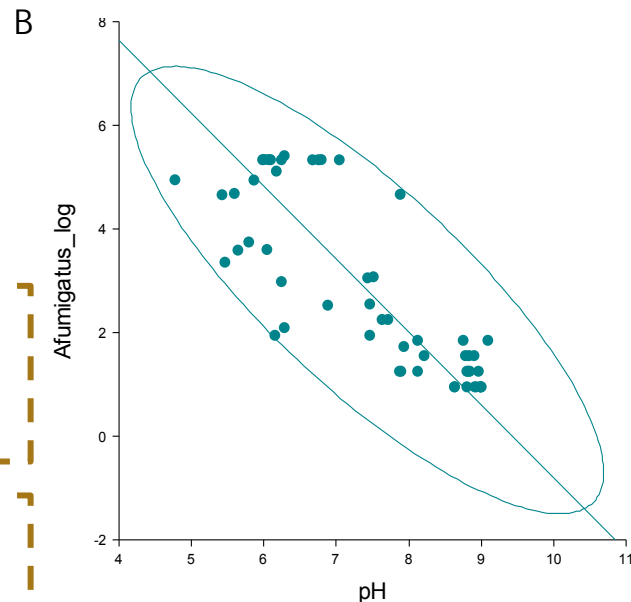
Coefficient de corrélation linéaire

Moississures (A) : -0,7215

*Aspergillus fumigatus* (B): -0,8148

Moississures  
favorisées par un pH acide  
ou produisent un pH acide...

Ammoniaque favorisé au pH  
alcalin



# Conclusion



# Microbiote

## Dépassement des recommandations

Bactéries

Moisissures

Endotoxines

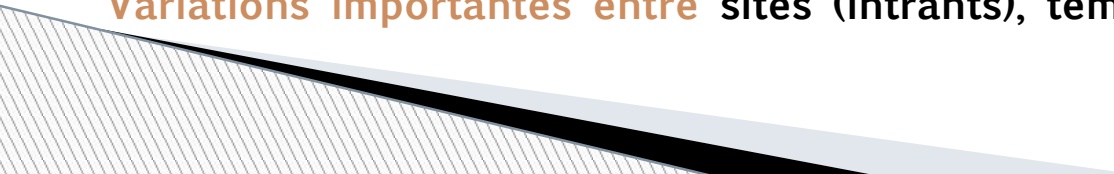
## Aérosolisation préférentielle d'*Actinobacteria*

Pathogènes confirmés dans les trois sites par les systèmes de détection

Potentiel intéressant pour évaluer le risque des travailleurs

*Legionella* proportion importante des proteobacteria au site carcasses et placentas

Variations importantes entre sites (intrants), temps, phase transformation



# Gaz et poussières

$\text{NH}_3$  :

**supérieur à la norme** au site du fumier

Autres gaz et PNCA :

**concentrations très faibles**

NMAD inférieur à  $10\mu\text{m}$  :

**>50 % plus petites que  $4,7\mu\text{m}$**

fraction respirable



# Portées et limites

Milieux ouverts avec des conditions de vent très variables compliquent l'échantillonnage

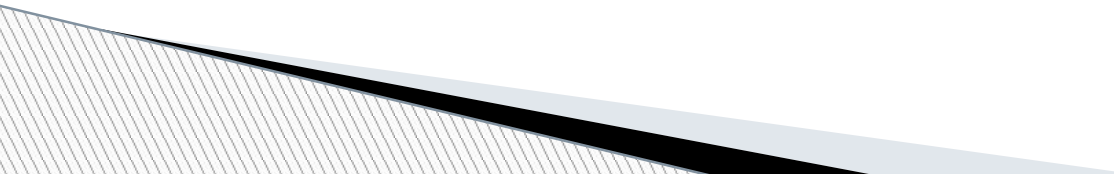
Seulement trois sites

Difficile de s'approcher des zones de travail



# Publications IRSST

Marchand, G., Bonifait, L., Veillette, M., Pépin, C., Beaudet, Y., Légaré, É., Lavoie, J., Duchaine, C., Bernard, Y., Cloutier, Y. (2017). *Évaluation des bioaérosols et des composés gazeux émis lors des compostages de résidus agroalimentaires et résidentiels* (Rapport n° R-960).  
Montréal, QC: IRSST.



# Articles scientifiques

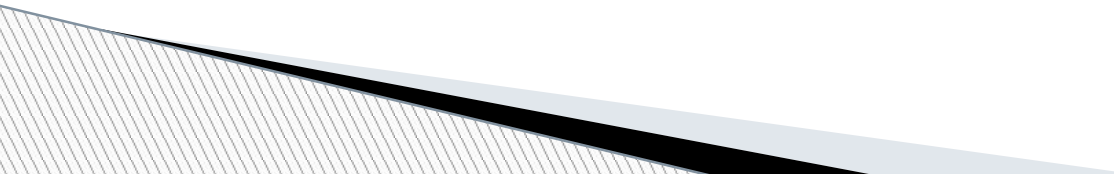
Veillette, M., Bonifait, L., MBareche, H., Marchand, G., Duchaine, C. (2018). Preferential aerosolization of Actinobacteria during handling of composting organic matter. *Journal of Aerosol Science*, 116, 83-91.

Bonifait, L., Marchand, G., Veillette, M., MBareche, H., Dupuis, M.-É., Pépin, C., Cloutier, Y., Bernard, Y., Duchaine, C. (2017). Workers' exposure to bioaerosols from three different types of facilities. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(10), 815-822.

MBareche, H., Veillette, M., Bonifait, L., Dupuis, M.-É., Bernard, Y., Marchand, G., Bilodeau, G. J., Duchaine, C. (2017). A next generation sequencing approach with a suitable bioinformatics workflow to study fungal diversity in bioaerosols released from two different types of composting plants. *Science of the Total Environment*, 601, 1306-1314.

# Communication Provinciale

Marchand, G., Cloutier, Y., Veillette M., Bonifait L., Bakhiyi B., Beaudet, Y., Pépin C. , Légaré É., Dubuis M.-È., MBareche H., Bernard Y., Zayed, J., Duchaine C., Lavoie, J. (2017). *Le compostage et la biométhanisation sont positifs pour l'environnement mais qu'en est-il pour les travailleurs?* Communication présentée au 39e Congrès annuel de l'AQHSST prévenir au quotidien, nouveaux enjeux, nouveaux défis, Victoriaville, QC.

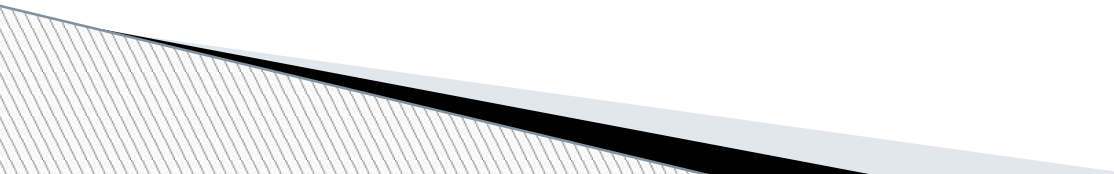


# Communications nationale

Marchand, G., Bernard, Y. (2016). *Evaluation of gaseous and bioaerosol emissions from compost facilities comparing three feedstocks: SSO, dairy manure and deadstock*. Communication présentée à 26<sup>th</sup> Annual National Organics Recycling & Compost Conference, Niagara falls.

MBareche, H., Bonifait, L., Veillette ,M., Bernard, Y., Marchand, G., Duchaine, C. (2015). *Preferential aerosolization of bacteria in the air of different composting plants*. Communication présentée à 4<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Occupational Health & Safety, Toronto.

MBareche, H., Bonifait, L., Veillette, M., Dupuis, M.-É., Lavoie, J., Cloutier, Y., Bernard, Y., Marchand, G., Duchaine, C. (2015). *Workers' exposure to bioaerosols from three different types of composting facilities*. Communication présentée à 4<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Occupational Health & Safety, Toronto.

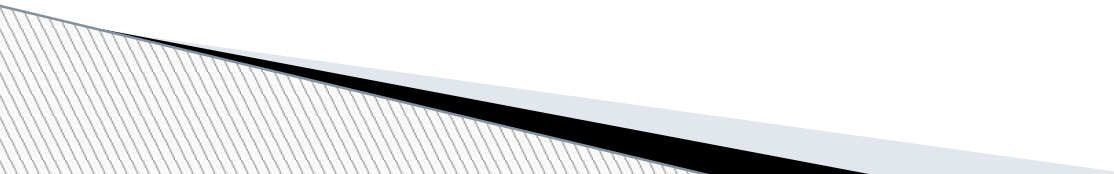


# Communication Internationale

Marchand, G., Cloutier, Y., Lavoie, J., Zayed, J., Bakhiyi, B., Bernard, Y., MBareche, H., Dupuis, M.-É., Veillette, M., Duchaine, C. (2017). *Use of microbial indicators to evaluate the microbiological occupational risk during organic waste treatment by composting and biomethanization*. Communication présentée à ASM Microbe 2017 Meeting, New-Orleans, LA.

MBareche, H., Veillette, M., Bonifait, L., Marchand, G., Lavoie, J., Bilodeau, G., Duchaine, C. (2016). *A next generation sequencing approach for the study of fungal diversity in bioaerosols*. Communication présentée à 4<sup>th</sup> Workplace and Indoor Aerosols Conference (Aerosols 2016), Barcelone, Spain.

Veillette, M., Bonifait, L., Marchand, G., Duchaine, C. (2016). *Bioaerosols exposure in indoor composting installations: Classical and molecular approaches and preferential aerosolization*. Communication présentée à 4<sup>th</sup> Workplace and Indoor Aerosols Conference (Aerosols 2016), Barcelone, Spain.





# Question?

Merci de votre attention >>