

CAUSERIE FROMAGÈRE

14 novembre 23

De 14h00-15h30

**Impacts et complexité des bioaérosols :
cas pratiques sur nos fermes laitières**

**Caroline Duchaine, PhD, titulaire de la chaire de
recherche du Canada sur les bioaérosols
Université Laval**



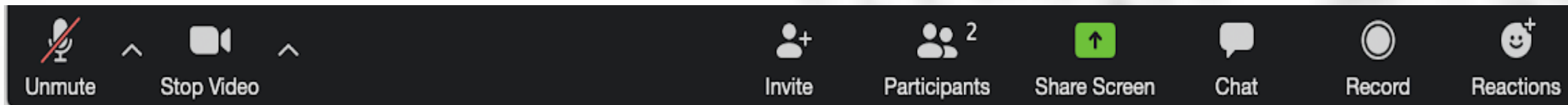
UNIVERSITÉ
LAVAL



CEFR



CONSIGNES



Fermer votre micro et votre caméra en cours de diffusion



Clavarder ICI



Lever la main ICI

Impacts et complexité des bioaérosols : cas pratiques sur nos fermes laitières

Professeure Caroline Duchaine

Chaire de recherche du Canada sur les bioaérosols



CAUSERIE
FROMAGÈRE

14 novembre 23



CENTRE DE RECHERCHE
INSTITUT UNIVERSITAIRE
DE CARDIOLOGIE
ET DE PNEUMOLOGIE
DE QUÉBEC



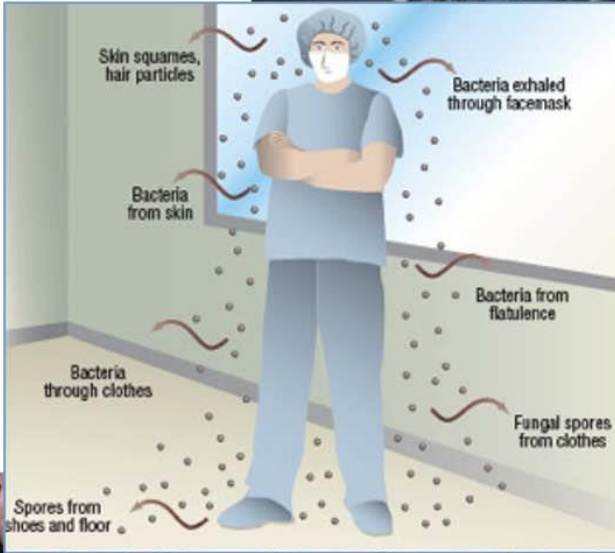
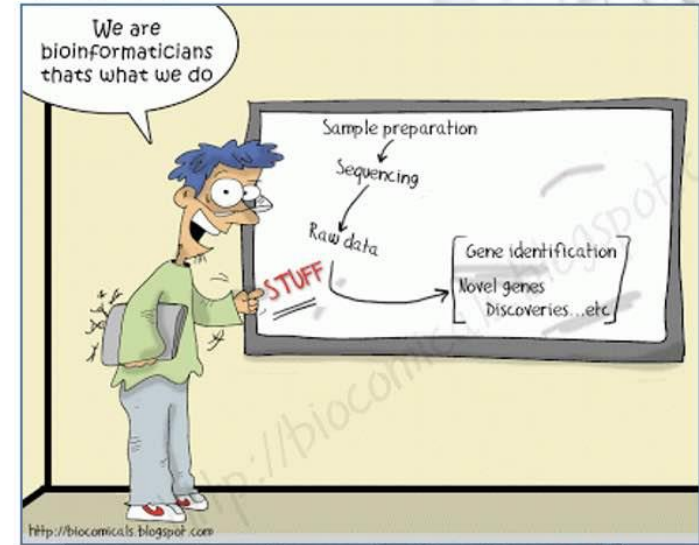
UNIVERSITÉ
LAVAL

Plan de la présentation

- Généralités sur les bioaérosols
- Échantillonnage de l'air
- Exposition en agriculture
- Effets sur la santé humaine et indicateurs d'exposition
- Les fermes laitières au Québec
- Le poumon du fermier
- Pause
- Maladies associées aux élevages laitiers
- Niveaux d'exposition
- Exemples de problèmes de l'industrie alimentaire
- Contrôle des bioaérosols en industrie



Canada Research Chair on Bioaerosols



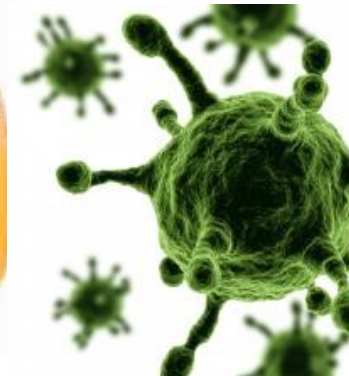
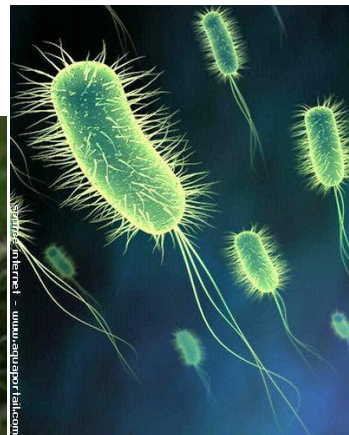
MS2			
ARN sb			
Norovirus Poliovirus Rhinovirus Fièvre aphteuse	Influenza	Poliovirus Parvovirus	Adénovirus



ulaval.

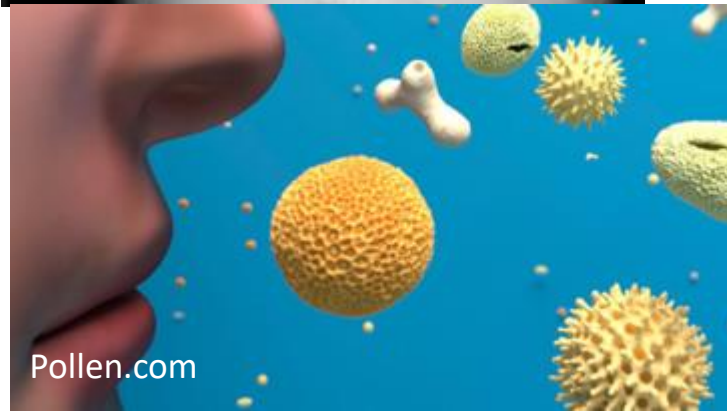
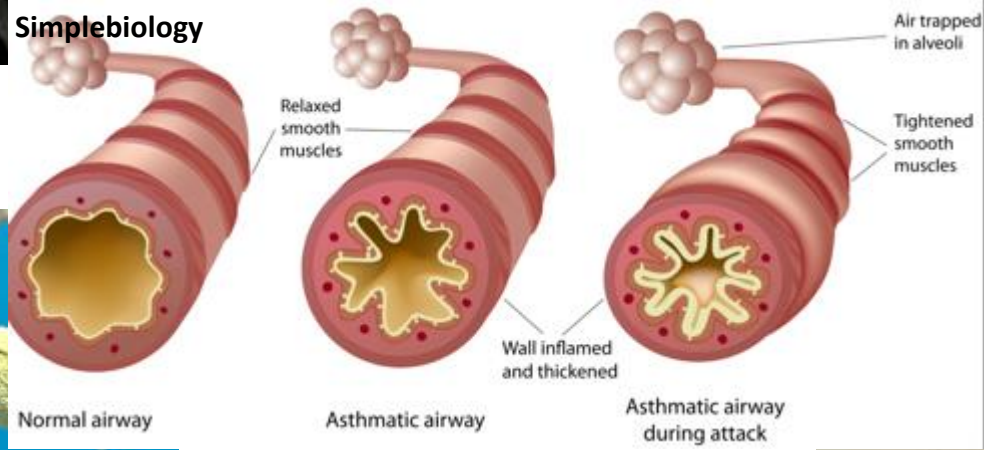
Composition des bioaérosols

- Les bioaérosols peuvent comprendre:
 - Des microorganismes entiers
 - Des portions structurales de ces mêmes microorganismes
 - Des toxines produites par ces microorganismes
 - Des produits biologiques provenant de d'autres organismes vivants
- Les effets sur la santé consécutifs à un contact peuvent être de nature différente





Simplebiology



Pollen.com



diamondenv.wordpress.com

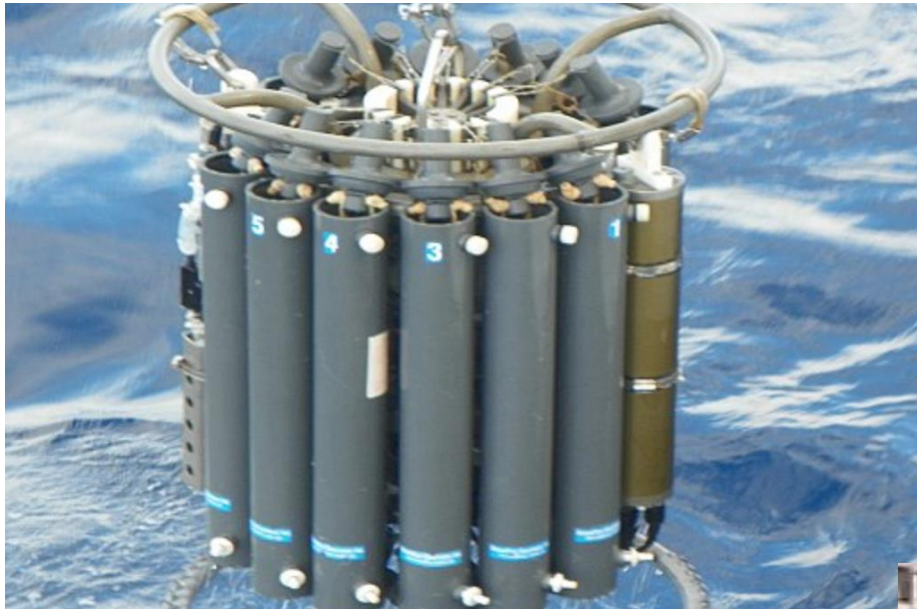


Wikipedia



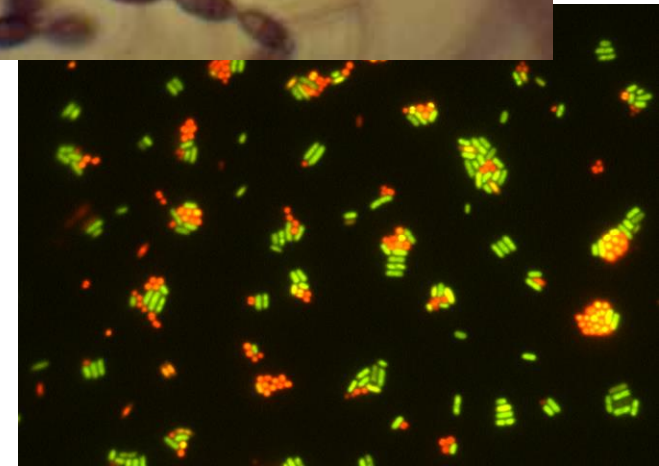
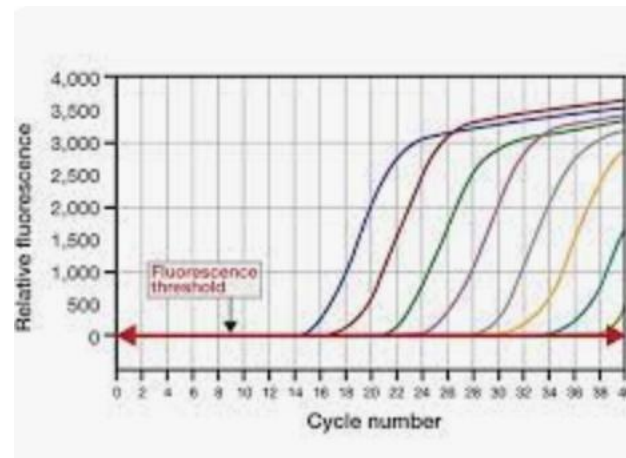
Legionellaprevention.com

ioaerosols.ulaval.ca



Échantillonnage de l'air

- Concentration du contenu de l'air sur ou dans une matrice
- Traitement des échantillons: toutes les approches disponibles
 - Culture
 - Biologie moléculaire
 - Microscopie
 - Immunologie
 - Cytométrie en flux



Échantillonneurs d'air

FILTRATION



Cassette 37mm
cut-off diameter
15 μ m

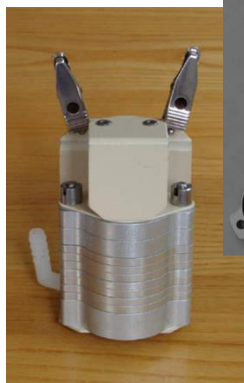


IOM cassettes
cut-off diameter 100 μ m



SASS3100 electret

IMPACTION INERTIELLE



Marple impactor
 d_{50} de 21 à 0,5 μ m



Slit-to-agar
impactor



AGI-30
impinger

IMPACTION TANGENTIELLE



Coriolis μ
 $d_{50} < 0,5\mu$ m



SKC
biosampler
 d_{50} 0,3 μ m

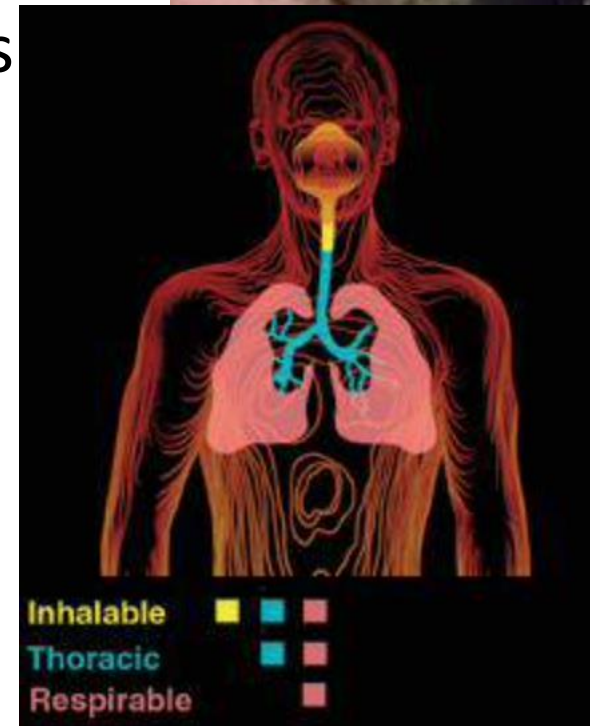


NIOSH air
sampler
 d_{50} 2,1 μ m -
0,41 μ m



Échantillonnage personnel

- Estimation de l'exposition
- Corrige pour les diverses tâches
- Long terme (4-6 heures)
- Comparaison avec les valeurs limites proposées



Échantillonnage stationnaire



- Comparaisons selon les régions et gestion
- Étude des approches de mitigation
- Aperçu ponctuel
- Doit bien définir les conditions
 - Situation normale
 - Activités
 - Taux de ventilation, données ambiantes, paramètres du bâtiment
- Peut sous-estimer l'exposition du travailleur

Quantification des poussières

- DustTrak™ DRX
- PM10, PM4, PM2.5, PM1 et poussières totales (mg/m³)
 - Détection de concentrations entre 0,001 et 150 mg/m³
 - Particules entre 0,1 et 15 µm



Exposition en agriculture



- Hautes concentrations
- Nature : varie selon le type d'élevage
- Produits laitiers : moisissures
- Porc : bactéries et archées
- Diversité
 - Moisissures, bactéries, endotoxines, virus, Archaea
- Exposition variable
 - De quelques heures/semaine à temps plein



Santé respiratoire en agriculture: quels sont les indicateurs?

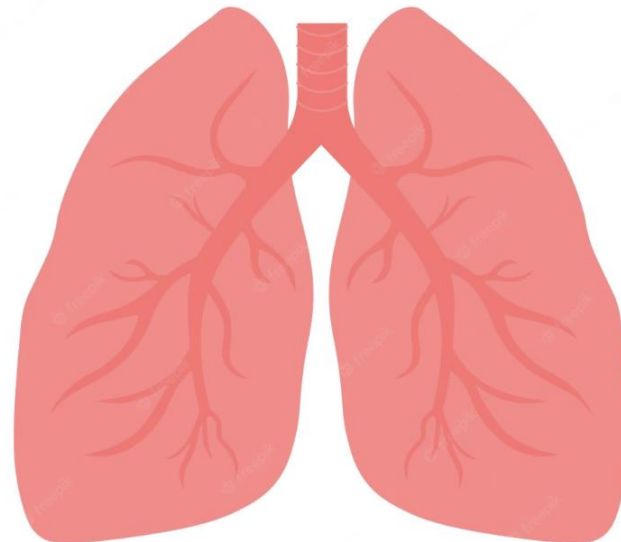
Expositions multiples

- Poussières
- Gaz, odeurs
- Agents infectieux
- Composés toxiques
- Composés immunogènes
- Allergènes
- Pesticides

Maladies respiratoires associées

- Asthme
- Alvéolite allergique extrinsèque
- Bronchite chronique
- MPOC
- Cancer
- Rhinite allergique
- STEPO (mytotoxicose)
- Syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA)
- Infections respiratoires

Variabilité génétique



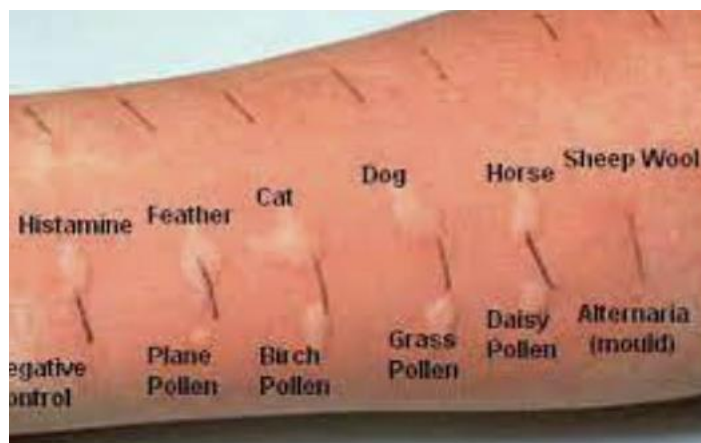
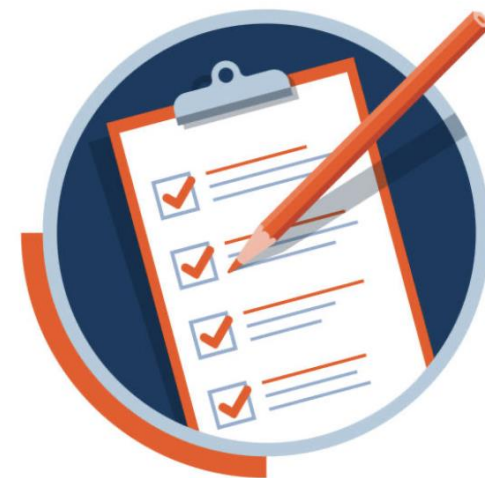
Situations à risque

- Bâtiments mal ventilés, espaces confinés
 - Silos, élevages en hiver
- Activités émettrices de contaminants dans l'air
 - Mouvements des animaux
 - Utilisation de machinerie pour distribuer la litière
 - Entretien et manipulation des fumiers/lisiers
- Conditions favorables
 - Croissance microbienne
 - Humidité dans le bâtiment
 - Maladies animales
 - Utilisation de litière, substrat organique, eau

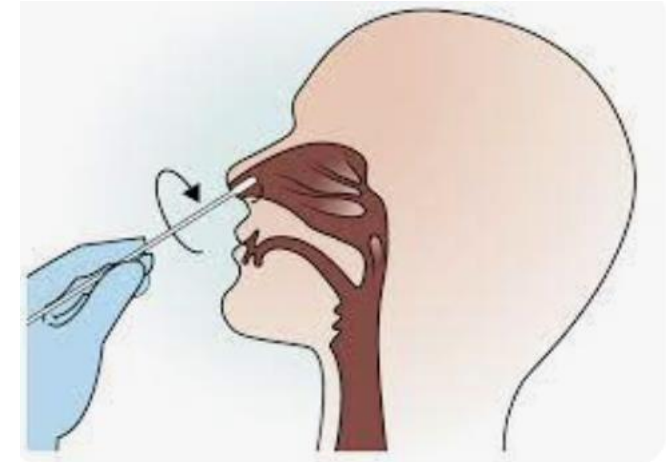


Devis d'étude santé respiratoire occupationnelle

- Questionnaire
 - Standardisé par l'ATS
 - Questions couvrant symptômes et indicateurs de santé respiratoire
- Fonctions respiratoires
 - VEMS/FVC
 - Obstructif (MPOC)/restrictif (asthme)
- Tests d'allergie cutanée
 - Allergènes en milieu de travail (poules, cochons, vaches, graminées,...)
- Prise de sang
 - Cytokines inflammatoires
 - IgG sériques



- Lavage bronchoalvéolaire
 - Cellules inflammatoires pulmonaires (macrophages, lymphocytes, neutrophiles)
- Écouvillonnage nasopharynx
- Lavage nasal
 - Cellules inflammatoires
- Débits de pointe
 - Avant et après quart de travail
 - Vitesse max du souffle forcé
- Test à la métacholine
 - Hyperréactivité bronchique
 - Réversibilité aux bronchodilatateurs
- Projets de recherche ou consultation avec MD de famille

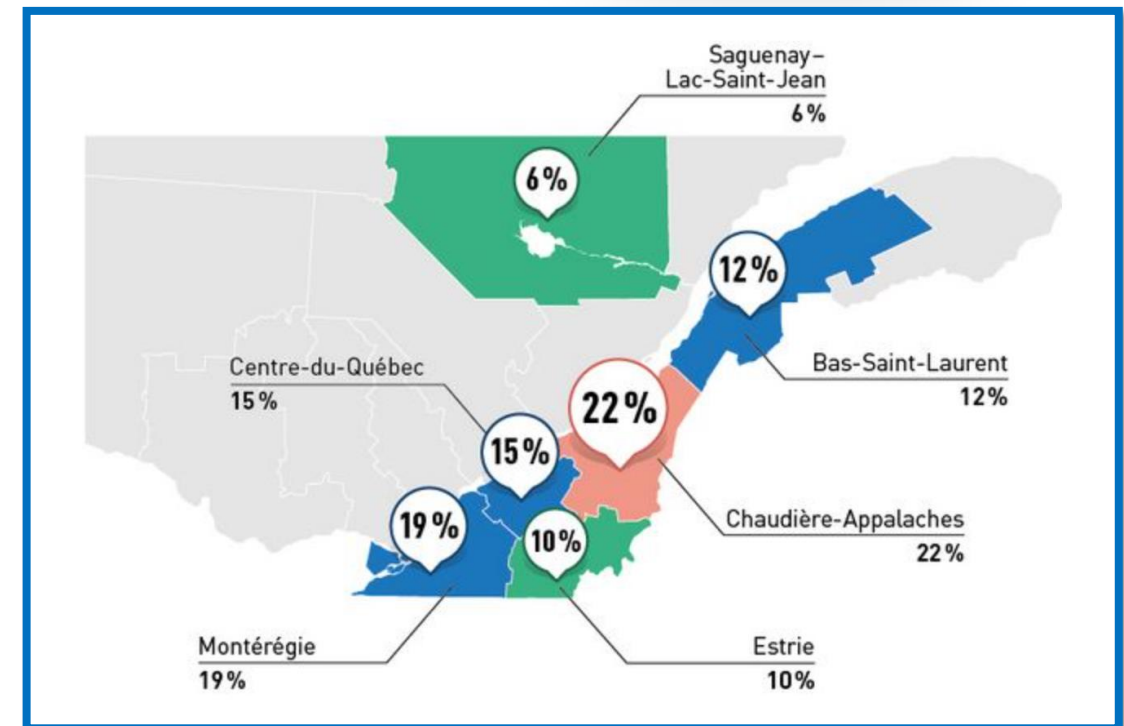


Fermes laitières au Québec



<https://www.mangeons-local.bzh/alimentation-de-la-vache-herbe-soja-mais/>

- 4 877 fermes dans le domaine laitier
 - 36 % de la production laitière canadienne (volume de lait)
 - 48 % des fermes laitières au Canada (plus petits bâtiments)
- Moyenne de 76 vaches/élevage
 - 9 300 litre/année/vache



Stabulation entravée

- Élevages conventionnels
- Vaches attachées
- Plus petits bâtiments
 - Plus vieux
- ~90% des fermes
laitières au Québec (Novalait et
MAPAQ)





Stabulation libre

- Élevages alternatifs
- Vaches libres de circuler (enclos avec logettes)
- Plus grands bâtiments (+ récents)
- ~10% des fermes laitières au Québec (Novalait et MAPAQ)
- Liée à une meilleure production de lait (Les producteurs de lait du Québec)

Les bioaérosols dans les fermes laitières

- Très complexes
 - Poussières
 - Bactéries
 - Moisissures
 - Allergènes
 - Endotoxines
 - Mycotoxines
- Sources variées
 - Fumier
 - Litière
 - Foin
 - Ensilage
 - Grains



Les producteurs laitiers et la santé respiratoire

- 9% à 17% avec problèmes respiratoires
- OR 2,5 asthme
- OR 1,8 bronchite chronique
- Changement dans les fonctions respiratoires (shift change)
- Situation au Québec??

Current Allergy and Asthma Reports (2023) 23:325–339

Current Allergy and Asthma Reports (2023) 23:325–339

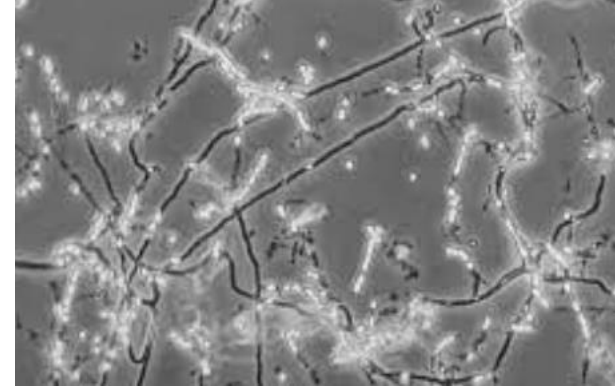
331

Table 2 Reported prevalence of fixed airways diseases among dairy workers from selected studies

Study	Health outcome	Year	Region	Sample size	Results (statistical significance bolded)
Eduard et al. [67]	COPD	2009	Norway	1183	OR 1.30 of developing COPD compared to crop farmers
Stoleski et al. [66]	COPD	2015	Macedonia	75	10.7% of dairy workers had COPD compared to 2.7% of office workers ($p = 0.023$)
Stoleski et al. [14]	COPD	2019	Macedonia	83	8.4% of dairy workers had COPD compared to 3.8% office workers ($p > 0.05$)
Marescaux et al. [68]	COPD	2016	Doubs, France	575	Prevalence of COPD of $12\% \pm 2.7\%$
Jouneau et al. [9]	COPD	2019	Brittany, France	1203	Prevalence of COPD of 1.3%
Babbott et al. [69]	Chronic bronchitis	1980	Vermont, USA	198	25% of dairy workers had chronic sputum production compared to 17% production/construction workers ($p < 0.05$)
Dalphin et al. [70]	Chronic bronchitis	1993	Doubs, France	5703	9.3% dairy workers had chronic bronchitis compared to 4.1% of general population (OR 19.5)
Huchon et al. [71]	Chronic bronchitis	1994	Western France	51	Significant differences in fits of coughing and chest tightness in dairy workers compared to general population
Chaudamanche et al. [11]	Chronic bronchitis	2003	Doubs, France	215	6.5% of dairy workers had chronic bronchitis compared to 0.9% of controls ($p < 0.025$)
Thaon et al. [16]	Chronic bronchitis	2011	Doubs, France	213	OR 4.66 of developing chronic bronchitis compared to controls
Eduard et al. [67]	Chronic bronchitis	2009	Norway	1183	6.4% of dairy workers reported chronic bronchitis compared to 4.4% of crop workers
Jenkins et al. [29]	Asthma	2005	New York, USA	1140	OR 1.54 of developing asthma compared to general population

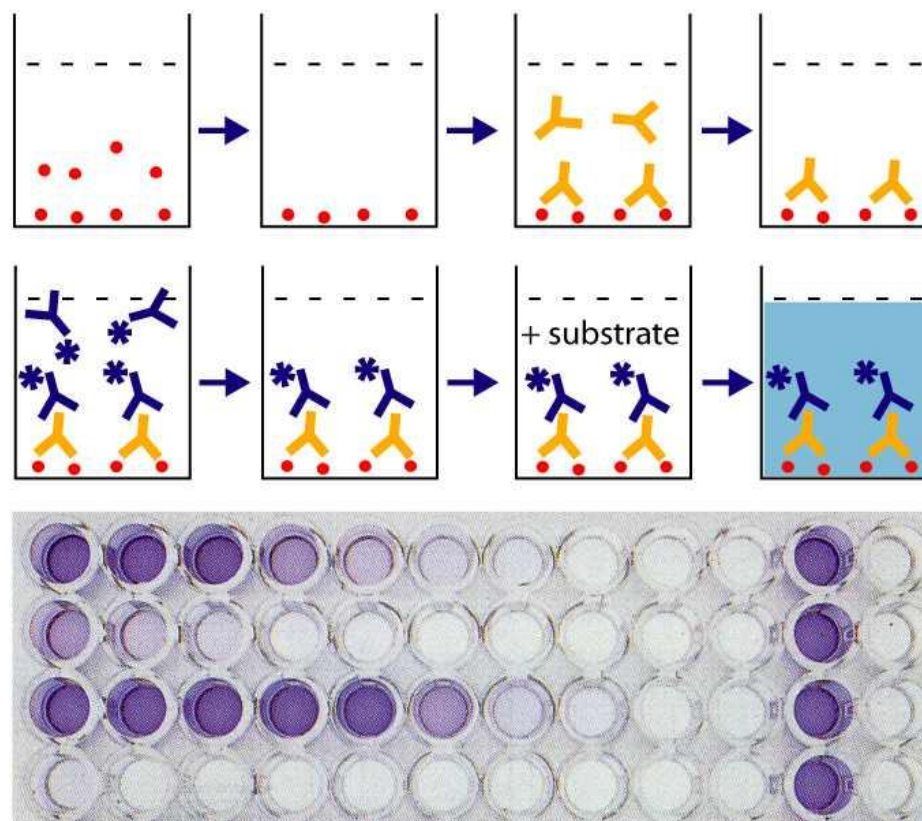
Poumon du fermier

- Maladie allergique généralement causée par l'inhalation de poussière de foin moisi
- *Saccharopolyspora rectivirgula*
- Aucun traitement disponible
- Dommages pulmonaires à long terme
 - Fibrose
 - Fonctions respiratoires réduites
- Prévalence varie selon les années
- Plupart du temps: on ne connaît pas l'agent responsable



IgG chez les producteurs laitiers

- ELISA :
- Indirecte
- Ag :
Lysat de SR
- Colorimétrique
avec anti-IgG
humain couplé
avec HRP



Ag :
SR

Ac jaune :
IgG sérum
travailleur

Ac bleu :
marqué

Source : <http://microvet.arizona.edu/>

S. Rectivirgula dans les bioaérosols

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION JOURNAL 60:89-95 (1999)

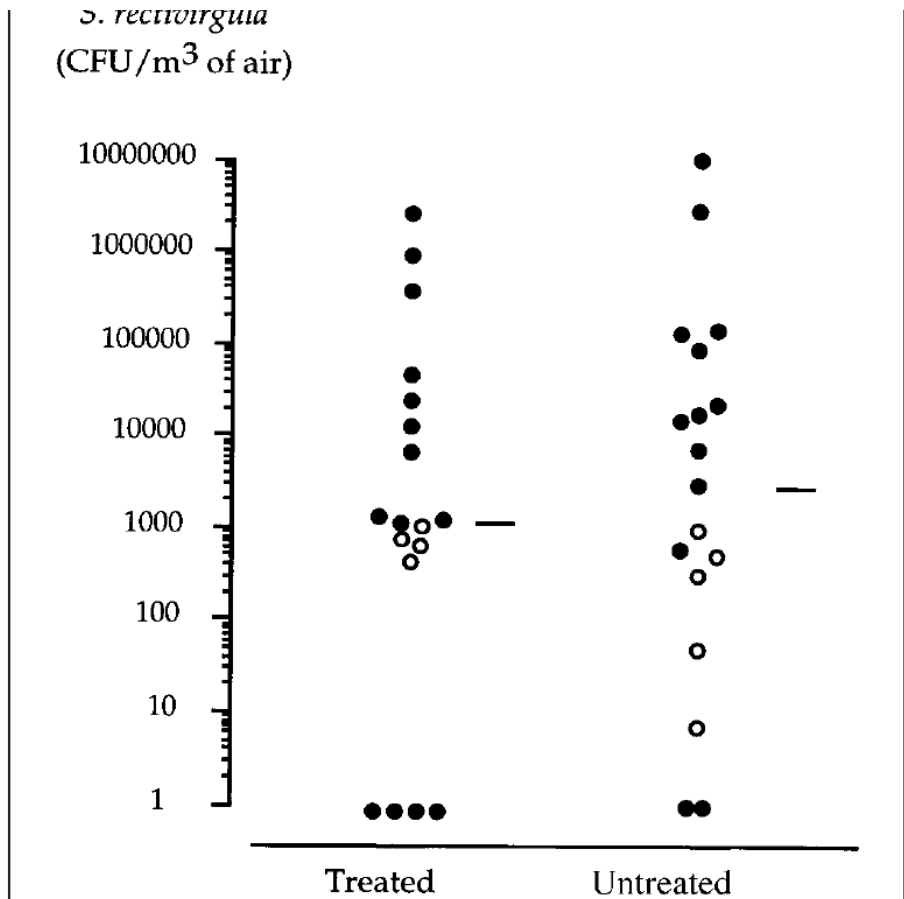


FIGURE 3. Culturable *S. rectivirgula* (CFU/m³) measured on *P. pentosaceus*-treated and untreated (control) farms (— = median; ○ = counts from Andersen sampler)

Appl. Environ. Microbiol. 2012, 78(9):3242. DOI: 10.1128/AEM.07661-11.

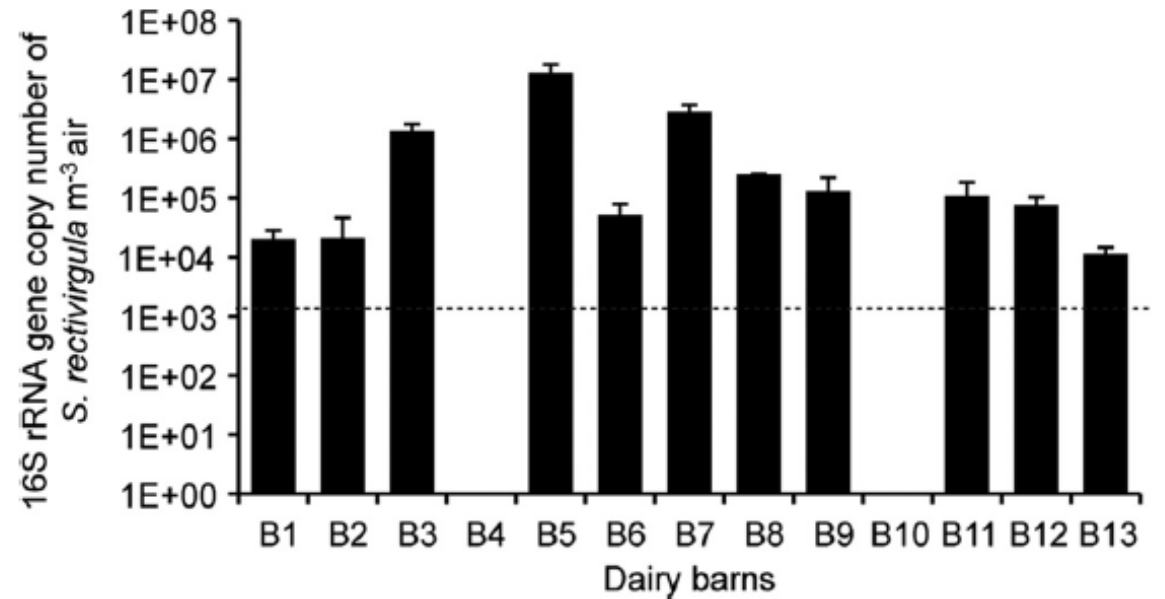


FIG 2 Airborne *S. rectivirgula* 16S rRNA gene concentrations from dairy barn samples (average ± SEM), as determined by quantitative PCR from the IOM air sampler ($n = 13$). The dotted line at 2×10^3 indicates the LOD of the PCR.

Pause-discussion



Activités productrices de bioaérosols dans l'air des élevages laitiers

- Activités d'épandage
 - Litière
 - Alimentation des vaches
- Activités de traite
- Rumination des vaches
- Taille des sabots des vaches
- Mouvements des vaches
 - **Stabulation libre**



<https://www.paysan-breton.fr/2018/05/cout-de-production-et-robot-de-traite/>



<https://www.mon-cultivar-elevage.com/content/un-robot-pour-le-paillage>

Maladies respiratoire non infectieuses dans les élevages laitiers

- Alvéolites allergiques extrinsèque
 - Bactéries, moisissures (CCHST)
 - Ex. : Poumon de fermier
 - *Saccharopolyspora rectivirgula* (Duchaine et al., 1999)
- STEPO (Syndrome toxique d'exposition aux poussières organiques)
- Byssinose
 - Endotoxines



<https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/reducing-protein-and-using-forage-legumes-in-dairy-diets/>

Maladies infectieuses liées aux élevages laitiers



- Zoonoses

- *Staphylococcus aureus* (Kalayu et al., 2020)
 - Mammites (infections des pis) et infections opportunistes
- *Klebsiella pneumoniae* (Wu et al., 2022)
 - Mammites et pneumonies
- *Coxiella burnetii* (Turcotte et al., 2021)
 - Avortement chez la vache et fièvre Q

- Bactéries liées aux intoxications alimentaires

- *Listeria monocytogenes* (Castro et al., 2018)
- *Escherichia coli* (Lambertini et al., 2015)
- *Enterococcus spp.* (Jackson et al., 2011)
- *Clostridium perfringens* (Fohler et al., 2016)
- *Staphylococcus aureus* (Kalayu et al., 2020)

- Aspergillose

- *Aspergillus fumigatus* (Haugland et al., 2004)



Limites d'exposition aux contaminants de l'air suggérées (quart de travail)

- Poussières organiques totales : 10 mg/m³ d'air (Loi sur la santé et sécurité du travail)
 - Poussière totale: 2,4 mg/m³ (Dutch Expert Committee on Occupational Safety)
- Fractions de poussières organiques respirables (PM4 et moins) : 5 mg/m³ d'air (Occupational Safety and Health Administration)
- Endotoxines (suggérée) : 90 UE/ m³ d'air (Dutch Expert Committee on Occupational Safety)
- Bactéries totales (suggérée) : 10 000 UFC/m³ d'air (IRSST)
- Bactéries à Gram négatif (suggérée) : 1 000 UFC/m³ d'air (IRSST)

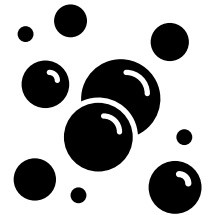


Table 1 Summary of dairy exposure assessments conducted over the last 10 years

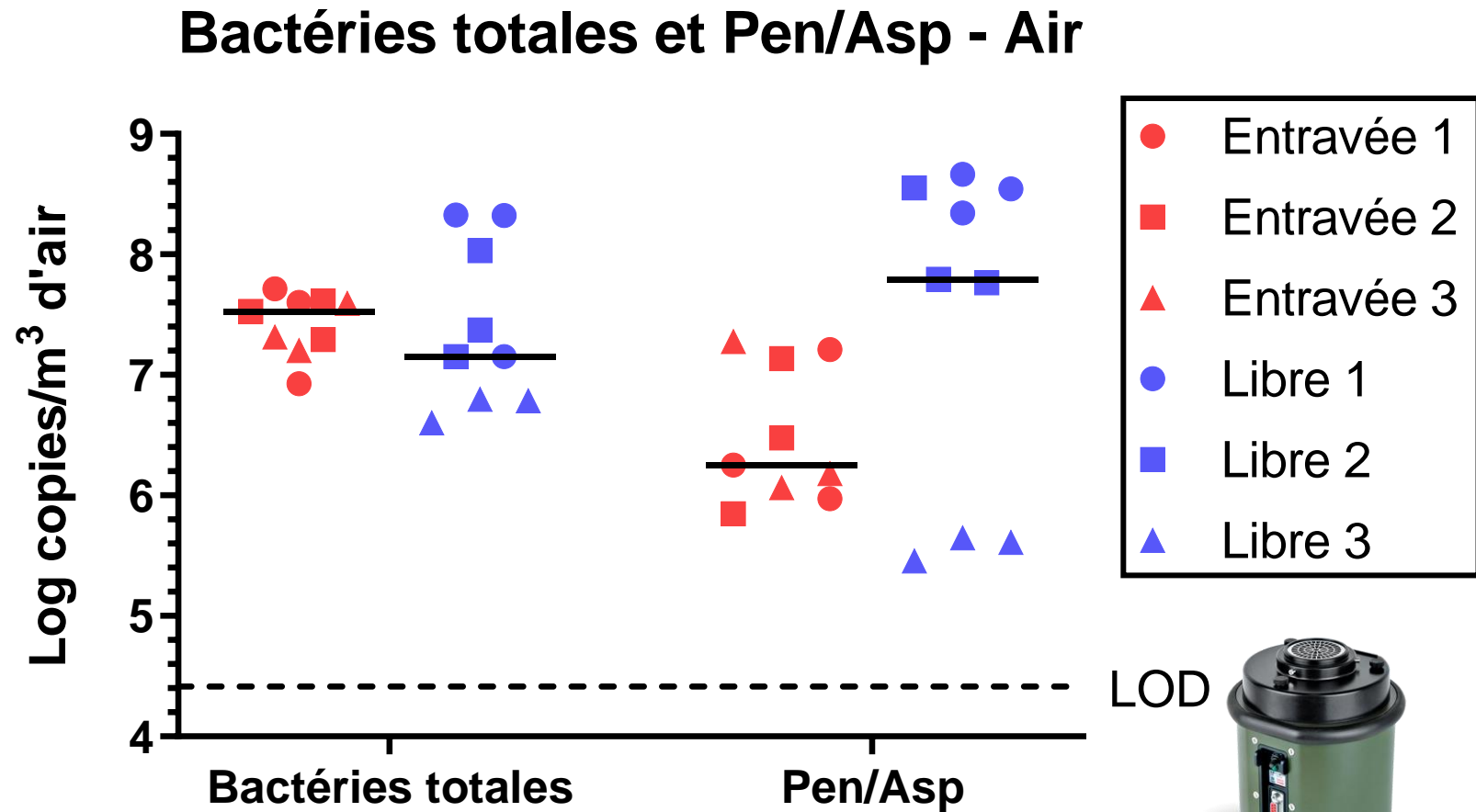
Study (year)	Location	Population	Inhalable dust	Endotoxin concentration
Erlandson et al. (2022) [19]	USA	50 samples from 10 dairy workers	GM: 0.43 mg/m ³ (range: 0.15 to 1.9)	GM: 1.86 EU/m ³
Martenies et al. (2020) [20]	USA	137 samples from 36 dairy workers	GM: 0.22 mg/m ³ (range: 0.01–3.81)	GM: 42.67 EU/m ³ (range: 0–1595)
Sauvé et al. (2020) [23•]	USA	4 samples of dairy workers selected from a larger study	GM: 2.30 mg/m ³	GM: 1368 EU/m ³
Davidson et al. (2018) [8]	USA	115 dairy workers	GM: 0.67 mg/m ³ (range: 0.02–6)	GM: 438 EU/m ³ (range: LOD to 4430)
Pfister et al. (2018) [24]	France	42 dairy farmers		Endotoxin in thoracic size fraction GM: 128 EU/m ³ (range: 2–8672)
Basinas et al. (2017) [21]	Ireland	7 dairy farmers from 7 different dairies	GM: 1.5 mg/m ³ (range: 0.5–4.1)	GM: 128 EU/m ³ (range: 26–900)
Nonnenmann et al. (2017) [13]	USA	62 dairy parlor workers	GM: 0.55 mg/m ³	GM: 118 EU/m ³



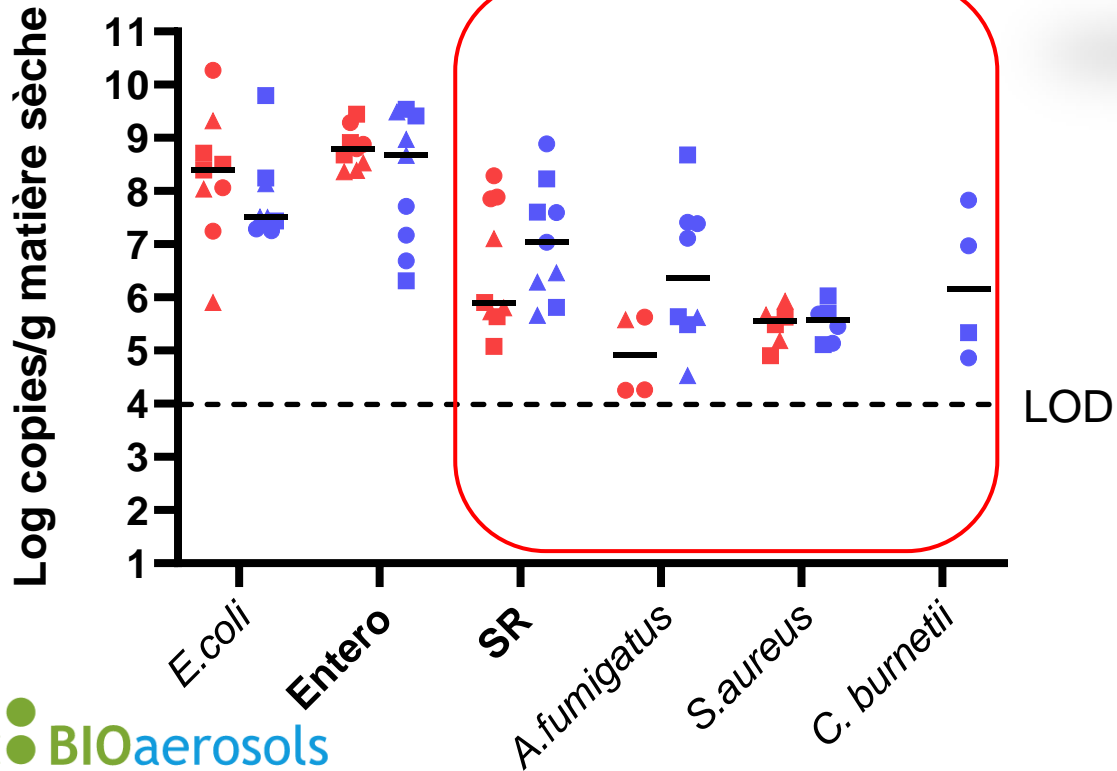
Bactéries totales et Pen/Asp - Air (1)

- Littérature :

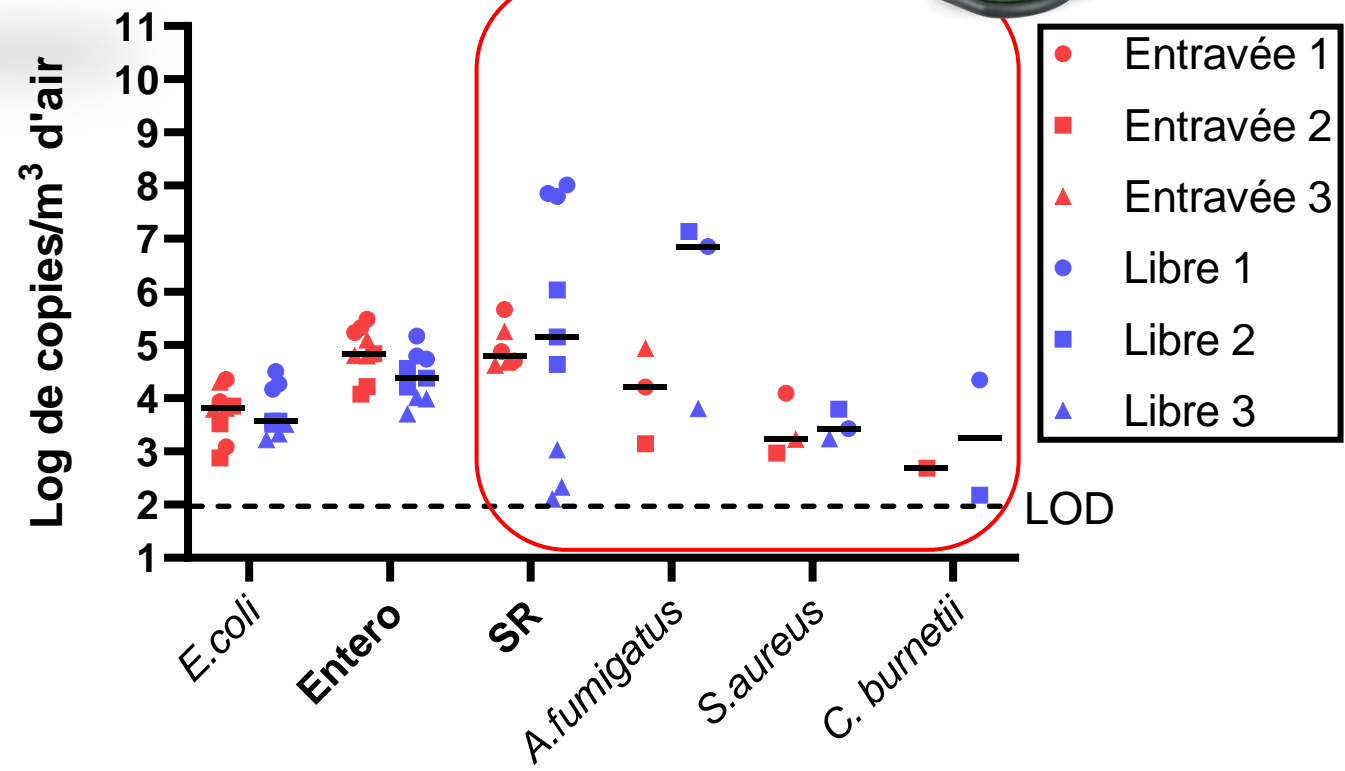
- Bactéries : 10^8 copies/m³ d'air (Lecours et al. 2012)
- Pen/Asp : 10^6 copies/m³ d'air (Mbareche et al. 2019)



qPCR spécifiques - litière souillée



qPCR spécifiques - Air

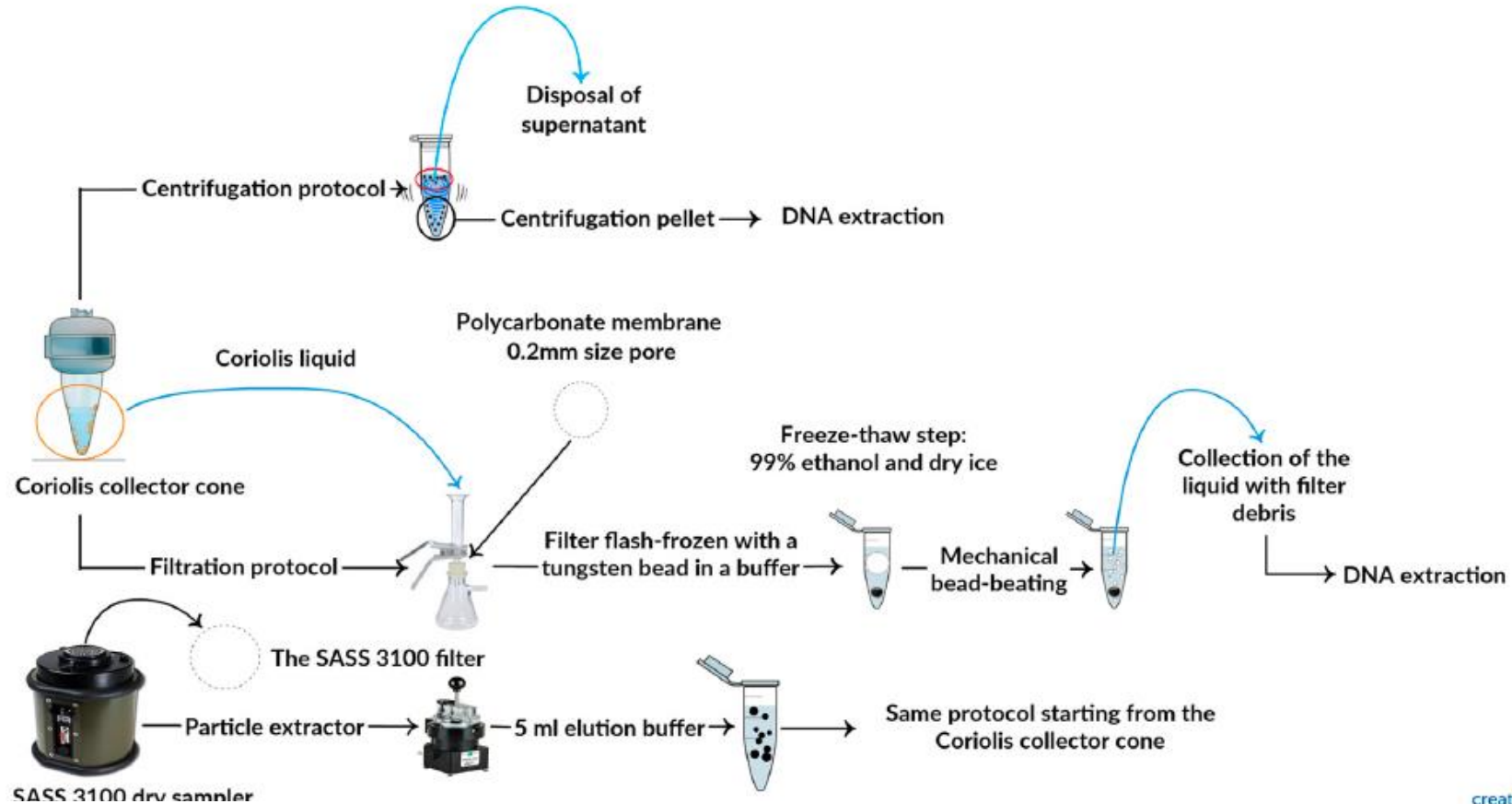


- Entravée 1
- Entravée 2
- ▲ Entravée 3
- Libre 1
- Libre 2
- ▲ Libre 3



Entero : *Enterococcus* spp. SR : *Saccharopolyspora rectivirgula*

Le défi des fermes laitières



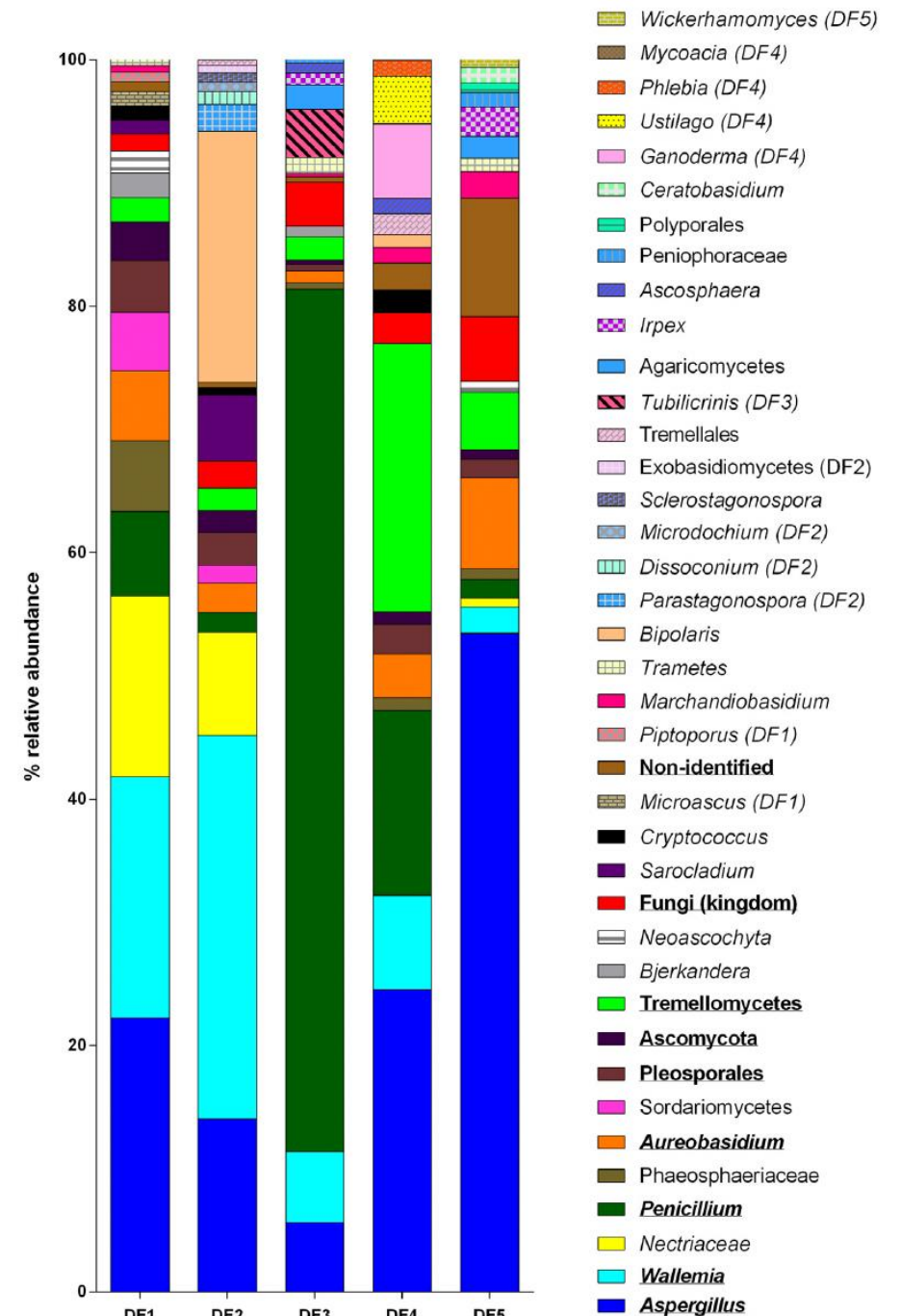
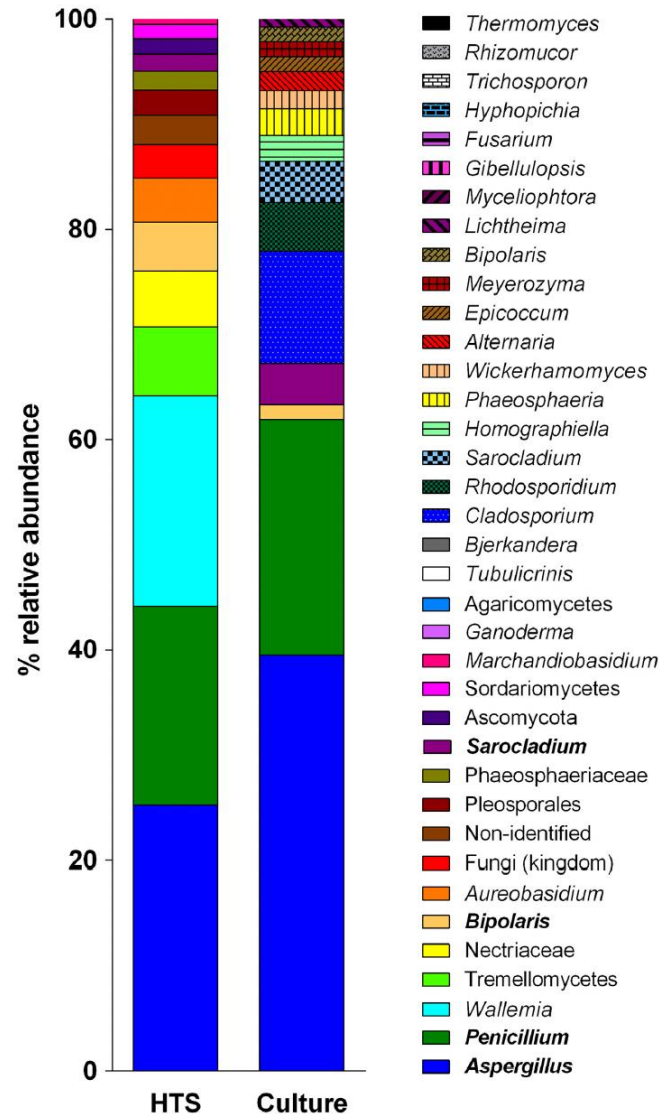
Recovery of Fungal Cells from Air Samples: a Tale of Loss and Gain

Hamza Mbareche,^{a,b} Marc Veillette,^a Wieke Teertstra,^c Willem Kegel,^d Guillaume J. Bilodeau,^e Han A. B. Wösten,^c

© Caroline Duchaine^{a,b}

Approches moléculaires

H. Mbareche et al. / Science of the Total Environment 653 (2019) 253–263



Exemples de problématiques associées aux bioaérosols en industries alimentaire

Deux grandes catégories de problématiques

- Bioaérosols associés aux procédés
 - Dégradation des substrats
 - Activités microbiennes
 - Contamination
- Bioaérosols associés à l'utilisation délibérée
 - Production de ferments
 - Production alimentaire
 - Fromage
 - Saucissons
 - Champignons

Aérosols viraux et industrie fromagère

TABLE 3. Airborne concentrations of 936 and c2 phages in a cheese factory

Sampling method	Result for:					
	936			c2		
	Positive/total assays ^a	Median concn (1st quartile/3rd quartile) ^b	LOD ^c	Positive/total assays ^a	Median concn (1st quartile/3rd quartile) ^b	LOD ^c
NIOSH sampler (stage 1)	12/12 (100)	5,346 (2,494/6,010)	10	10/12 (83)	162 (124/208)	50
NIOSH sampler (stage 2)	11/12 (92)	280 (159/449)	10	5/12 (42)	223 (139/465)	50
Coriolis sampler	43/52 (83)	580 (249/2,905)	62	32/52 (62)	1,848 (792/31,077)	318
PC filter	15/18 (83)	2,399 (1,372/3,483)	492	5/18 (28)	5,377 (3,562/5,595)	2,523
PTFE filter	14/18 (78)	1,538 (1,271/2,093)	492	5/18 (28)	3,378 (3,232/3,917)	2,523
BioSampler	1/18 (6)	27,903	6,986	3/18 (17)	51,750 (44,905/66,148)	35,821

^a Number of positive qPCR assays out of the total number of assays (percentage of positive samples shown in parentheses)

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Jan. 2011, p. 491–497

0099-2240/11/\$12.00 doi:10.1128/AEM.01391-10

Copyright © 2011, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

Vol. 77, No. 2

Detection of Airborne Lactococcal Bacteriophages in Cheese Manufacturing Plants[∇]

Daniel Verreault,^{1,2} Louis Gendron,^{1,2} Geneviève M. Rousseau,³ Marc Veillette,¹ Daniel Massé,⁴ William G. Lindsley,⁵ Sylvain Moineau,^{2,3} and Caroline Duchaine^{1,2*}

Très peu de données sur le rôle de l'air dans la dispersion des phages en usines

- Formation d'aérosols: propagation des phages
- Attention à la ventilation
- Technologies pour inactiver les phages : photocatalyse?

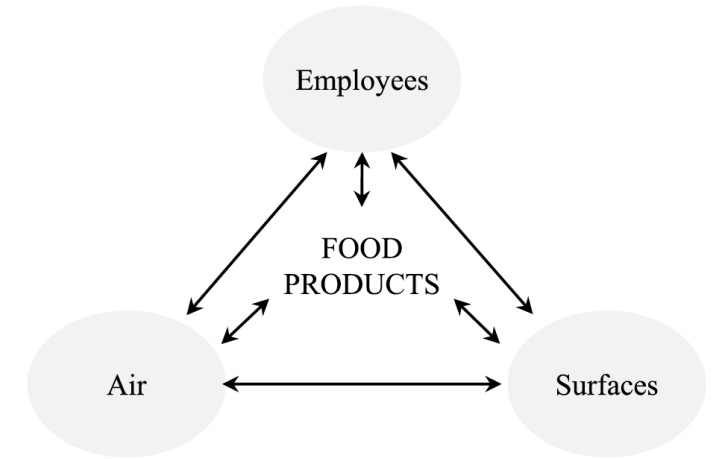
Bacteriophages in Food Fermentations: New Frontiers in a Continuous Arms Race

Julie E. Samson and Sylvain Moineau*

Annu. Rev. Food Sci. Technol. 2013. 4:347–68

Les bioaérosols dans l'industrie alimentaire

- Maladies
- Perte de produits
- Boissons, produits laitiers, produits cuisinés ou formules pour nourrissons
- Re-contamination par l'air possible après les dernières étapes de chauffage avant le remplissage ou l'emballage
- Dans les installations de production laitière, les opérations de séchage par pulvérisation et de broyage ont été signalées comme des moyens possibles de transfert microbien, rendant la dissémination des agents pathogènes par la ventilation probable

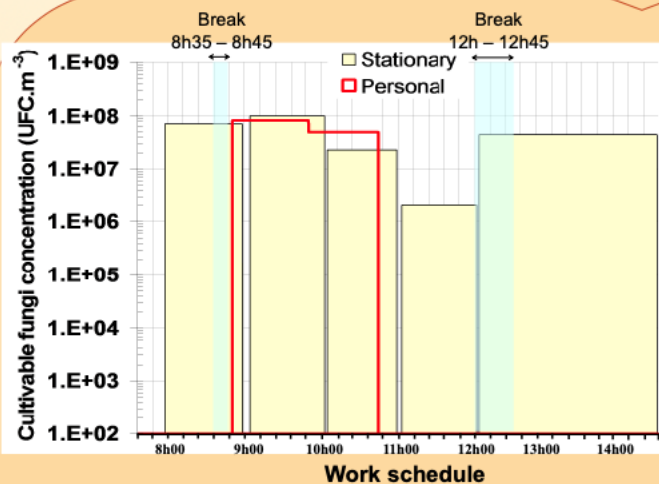
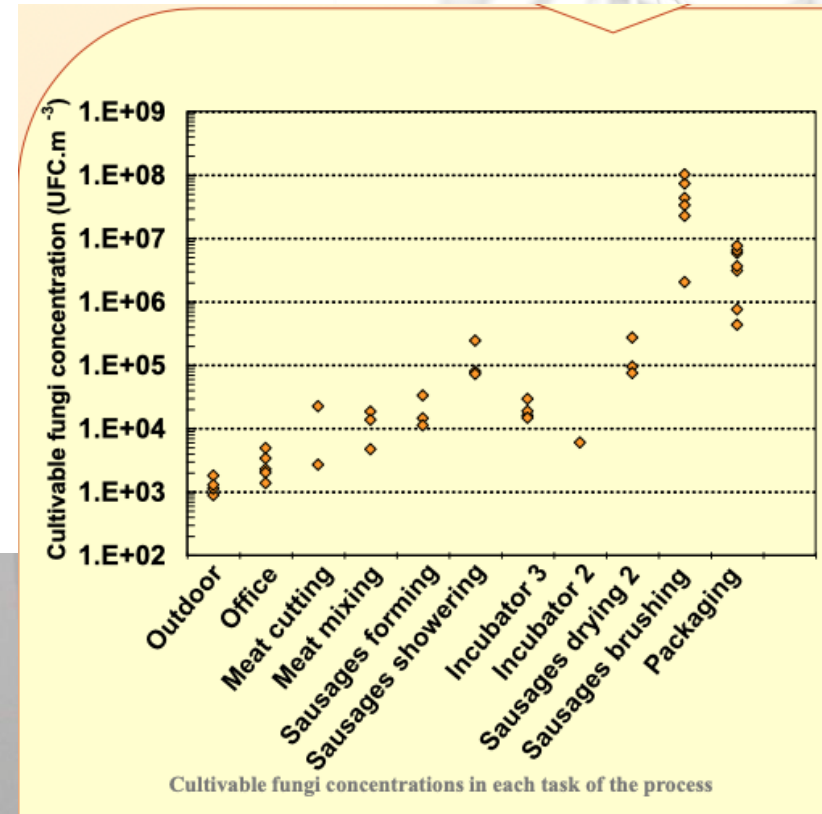


Milieu alimentaire

- Pathogènes: peuvent survivre dans l'air
- Moisissures et levures: peuvent réduire le temps de conservation
- 99% des particules dans l'air ne sédimenteront pas: besoin de filtrer l'air
- Approches de contrôle
 - Filtration de l'air
 - Pression positive aux zones à risques: courant d'air directionnel
 - Facteurs d'ambiance (HR et température)
 - UV, ozone, fumigation, plasma
- Biofilms peuvent se former et nuire au contrôle
- Chaque industrie devrait mesurer les bioaérosols
 - Programme de surveillance et plan de sécurité

Fabrication de saucissons

- INRS (France)
- Brossage: génère des bioaérosols de *P. nalgiovensis*
- Mesure de protections à appliquer



Cultivable fungi concentrations were ranged from 10^7 to 10^8 UFC.m⁻³ on a large part of the work duration.

In this work station, occupational exposure to fungal bioaerosols was very high and continuous during the work duration.

EMISSION OF BIOAEROSOLS DURING DRY-SAUSAGE PRODUCTION AND ASSOCIATED BIOLOGICAL RISKS

Philippe DUQUENNE, Xavier SIMON, Véronique KOEHLER, Guylaine GREFF, Colette LEBACLE

Problèmes chez les travailleurs de saucissons

- Les espèces de *Penicillium* ont un fort potentiel allergène
- Pneumonite d'hypersensibilité
- Toux chronique et asthme (Talleu et al. 2009)

Table 1 Symptom prevalence at work in exposed and non-exposed subjects. The global A-score is the sum of symptoms occurring after work: 1 point is attributed for each symptom reported (maximum 7). Result of A-score was expressed as mean \pm SEM

Extract		Exposed <i>n</i> = 59	Non-exposed <i>n</i> = 64	<i>P</i> value
Sausage mould	Immuno-electrophoresis	1.00 \pm 0.12	0.25 \pm 0.08	<i>P</i> = 0.02
	Electrosyneresis	1.09 \pm 0.31	0.28 \pm 0.07	<i>P</i> = 0.02
<i>Penicillium nalgiovense</i>	Immuno-electrophoresis	0.43 \pm 0.07	0.07 \pm 0.03	<i>P</i> = 0.01
	Electrosyneresis	1.77 \pm 0.23	0.33 \pm 0.10	<i>P</i> < 0.01

Symptom	Exposed <i>n</i> = 59	Non-exposed <i>n</i> = 64	<i>P</i> value
Cough	49.2%	28.1%	<i>P</i> = 0.02
Sputum	25.4%	17.2%	NS
Dyspnoea	40.7%	10.9%	<i>P</i> < 0.01
Wheezing	20.3%	10.9%	NS
Nasal obstruction	55.9%	29.7%	<i>P</i> = 0.04
Sneezing	61.0%	39.1%	<i>P</i> = 0.02
Headache	50.8%	29.7%	<i>P</i> = 0.02
A-score	3.03 \pm 0.21	1.65 \pm 0.16	<i>P</i> < 0.05

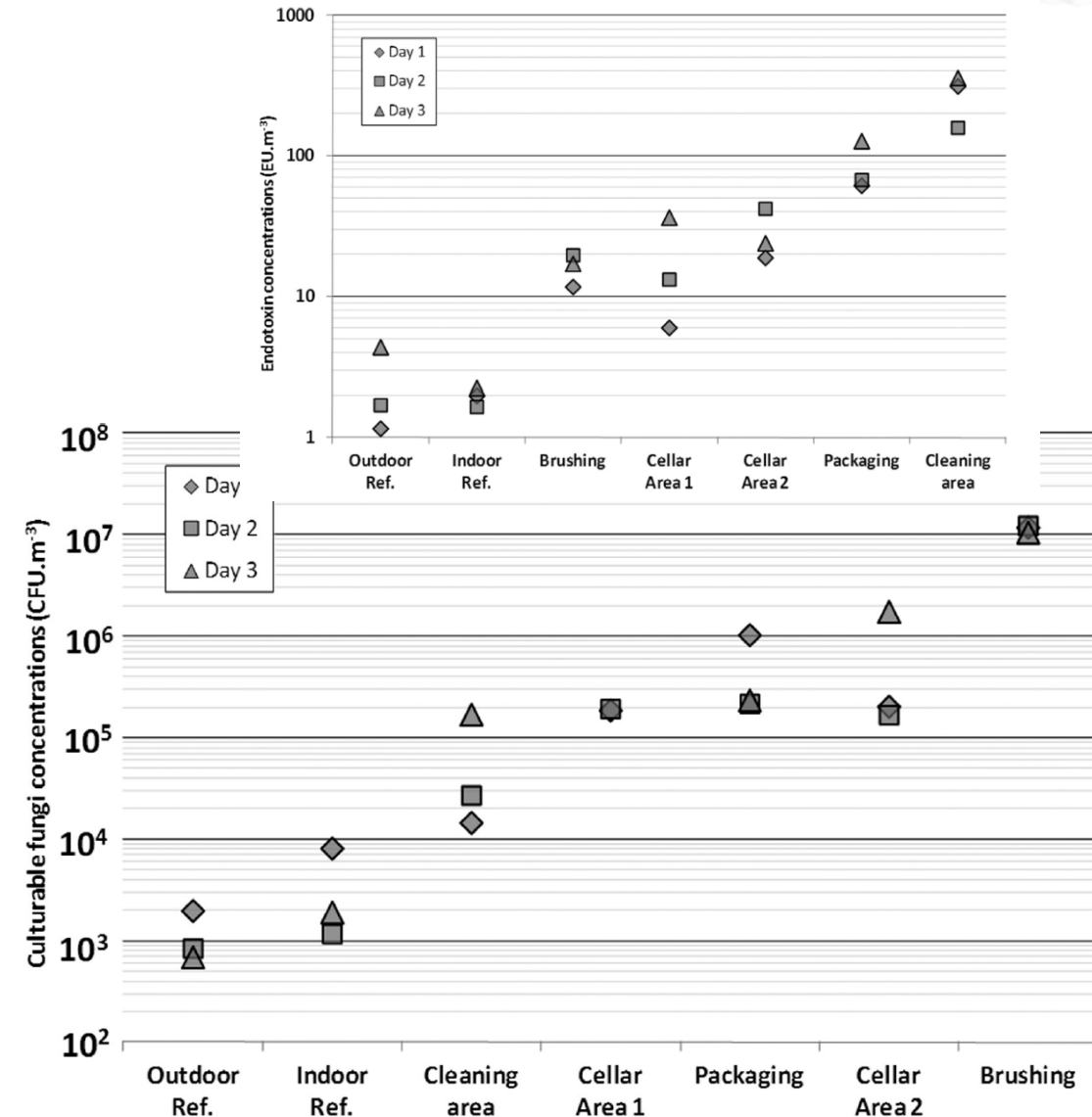
P. Rouzaud · J. M. Soulat · C. Trela · P. Fraysse
P. Recco · P. Carles · D. Lauque

Symptoms and serum precipitins in workers exposed to dry sausage mould: consequences of exposure to sausage mould

Problèmes chez les travailleurs du fromage

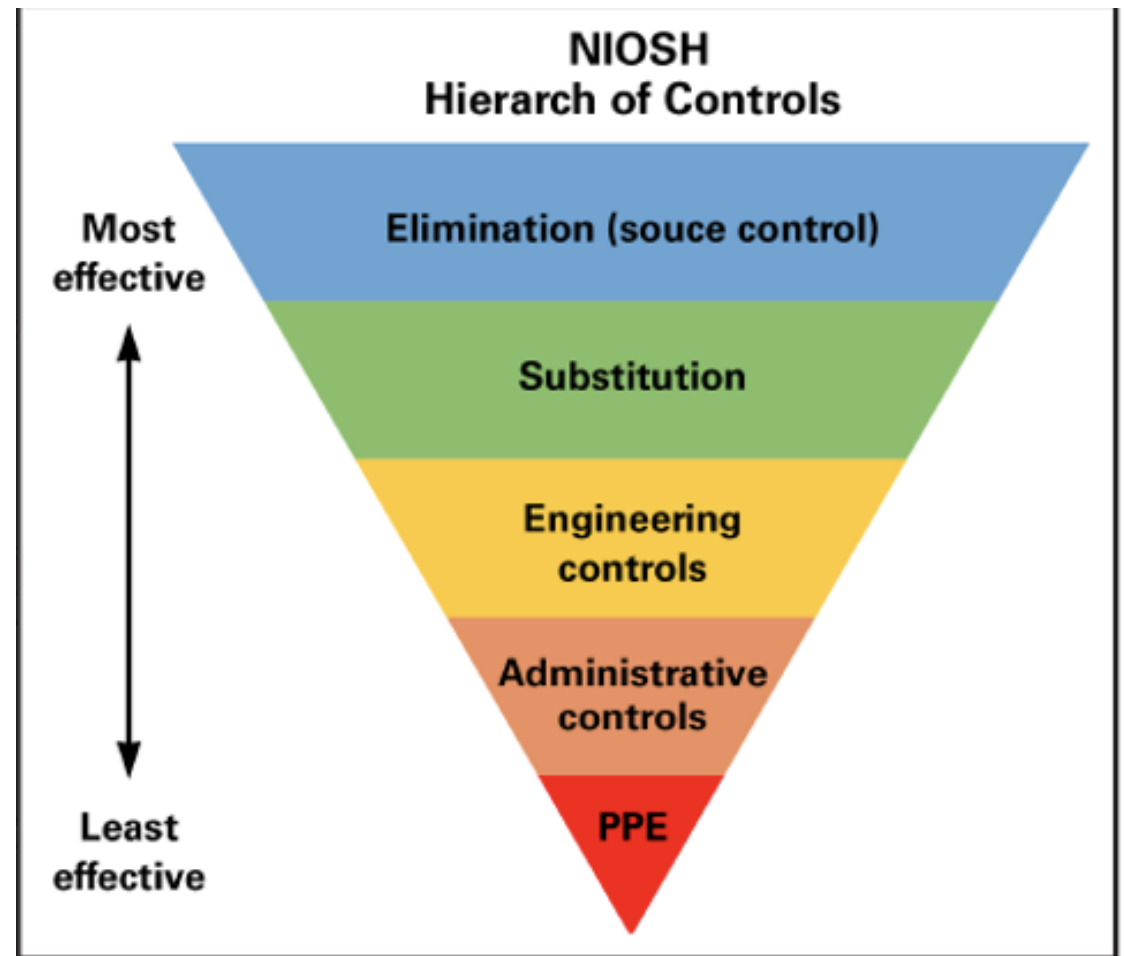
- Brossage: génération de bioaérosols de *Penicillium* et autres
- Allergies et toxines
- Environnement froid et humide: peut exacerber la réponse
- Pneumonite d'hypersensibilité (cheese washer lung)

Ann. Occup. Hyg., 2014, Vol. 58, No. 6, 677–692
doi:10.1093/annhyg/meu027



Contrôle des bioaérosols en agriculture

- Masques et protections respiratoires
 - Difficile en milieu agricole
 - Poussière
 - Confort
- Ventilation
 - Meilleure approche
- Huile de canola
- Précipitation électrostatique?
- Traitements de l'air
 - Inefficace pour les allergènes
- Contrôle maximal des procédés
 - Qualité du foin, des substrats
 - Équipement générateur de moins de poussières



Merci de votre attention!



CAUSERIE FROMAGÈRE

16 janvier 2024 de 14h00-15h30

Découpe à poids constant : la technologie au service de l'optimisation du fromage

Johnny Pimenta, responsable commercial filière fromage
BFR Systems

Développer le succès: maîtriser l'art de l'emballage du fromage

Richard Tremblay, directeur régional des ventes
Multivac Canada

CEFRQ



DANS LE CADRE DU PROGRAMME

LES CHANGEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES DU LAIT LORS DE SA TRANSFORMATION

CEFRQ



COMPLÉTÉ

1

Les bases de la
physico-chimie du lait

ETAPE

2

La filtration membranaire
et la standardisation du
lait

EN PRÉSENTIEL OU VIRTUEL

DANS LE CADRE DU PROGRAMME

LES CHANGEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES DU LAIT LORS DE SA TRANSFORMATION

CEFR



6-7 février 2024

ETAPE
2

La filtration membranaire et la standardisation du lait

Avec la collaboration de Bruno Ducharme,
Paralel Agroalimentaire inc.



Dr Yves Pouliot,
consultant et
chercheur
retraité,
Université Laval



Dr Julien
Chamberland,
professeur
adjoint,
Université Laval

EN PRÉSENTIEL OU EN VIRTUEL

L'utilisation des procédés de séparation par membranes connaît un essor important au sein des usines de fabrication fromagère en raison de leurs applications diversifiées et pour leur contribution à l'amélioration de l'éco-efficience des usines. Bien que la technologie derrière les séparations par membranes soit relativement simple, plusieurs questions en lien avec l'opération des systèmes, le design des procédés, leur optimisation et l'encrassement nécessitent une expertise spécifique.

D'une durée de **2 jours**, cette **seconde** étape de notre programme de formation en physico-chimie du lait est principalement axée sur la filtration membranaire et la standardisation du lait. L'activité débutera par une formation théorique suivi de 3 ateliers sur des problématiques associées à l'utilisation de systèmes membranaires (études de cas).

La théorie

1

Principes de base en séparation par membranes utilisés en industrie fromagère et présentation du guide d'utilisation des systèmes de filtration industriels
Durée : 3 h

Pour vous inscrire

[Format virtuel](#)

[Format présentiel](#)

Les ateliers

2

Prédire les performances, les bilans de matière et les coûts de procédés de séparation par membranes (3h)

La prédiction des performances et le calcul des coûts d'opération des procédés de séparation par membranes constituent des éléments-clé dans la décision d'investir dans cette technologie.

Cet atelier permettra aux participants de se familiariser avec de tels calculs.

- Principes de base sur le dimensionnement des systèmes
- Prédiction de la consommation d'eau et d'énergie

3

Maîtriser l'encrassement des membranes (3h)

Les phénomènes menant à l'encrassement à long terme des membranes sont complexes et différents selon les conditions opératoires, selon le fluide à traiter, et aussi selon les opérations de gestion et de lavage des systèmes de filtration. Les approches permettant de limiter l'encrassement des membranes et de maintenir leurs performances à long terme seront discutées à partir d'études de cas.

Cet atelier permettra aux participants de se développer une grille d'aide à la décision permettant de solutionner diverses problématiques d'encrassement.

4

Utilisation des concentrés issus des séparations membranaires en fromagerie (3h)

La composition et les propriétés fromagères des concentrés produits par séparations par membranes différeront selon que le lait aura été concentré par ultrafiltration ou microfiltration. De plus, un outil (de type feuille de calcul) pour la standardisation/enrichissement des laits de fromagerie sera utilisé lors exercices pratiques. D'autre part, chacune de ces séparations générera un coproduit (perméat) qui constituera une problématique en ce qui concerne son utilisation ou élimination (disposal). Les participants seront amenés à réfléchir sur ces questions à partir de cas pratiques.



DÉTAILS À VENIR

3

La coagulation du lait



- 20-21 mai 2024
- Formation pratique, en présentiel à l'Université Laval
- Formateur invité (à préciser) et Dr Julien Chamberland, Université Laval

ETAPE 3



bioaerosols.ulaval.ca

**METTRE EN
VALEUR LA
TYPICITÉ DU
FROMAGE AU LAIT
CRU...
SANS EMBÛCHES !**

CEFRQ



**APPRENDRE
CONTRIBUER
AGIR**

**28
FÉVRIER
2024**

EN PRÉSENTIEL OU VIRTUEL