



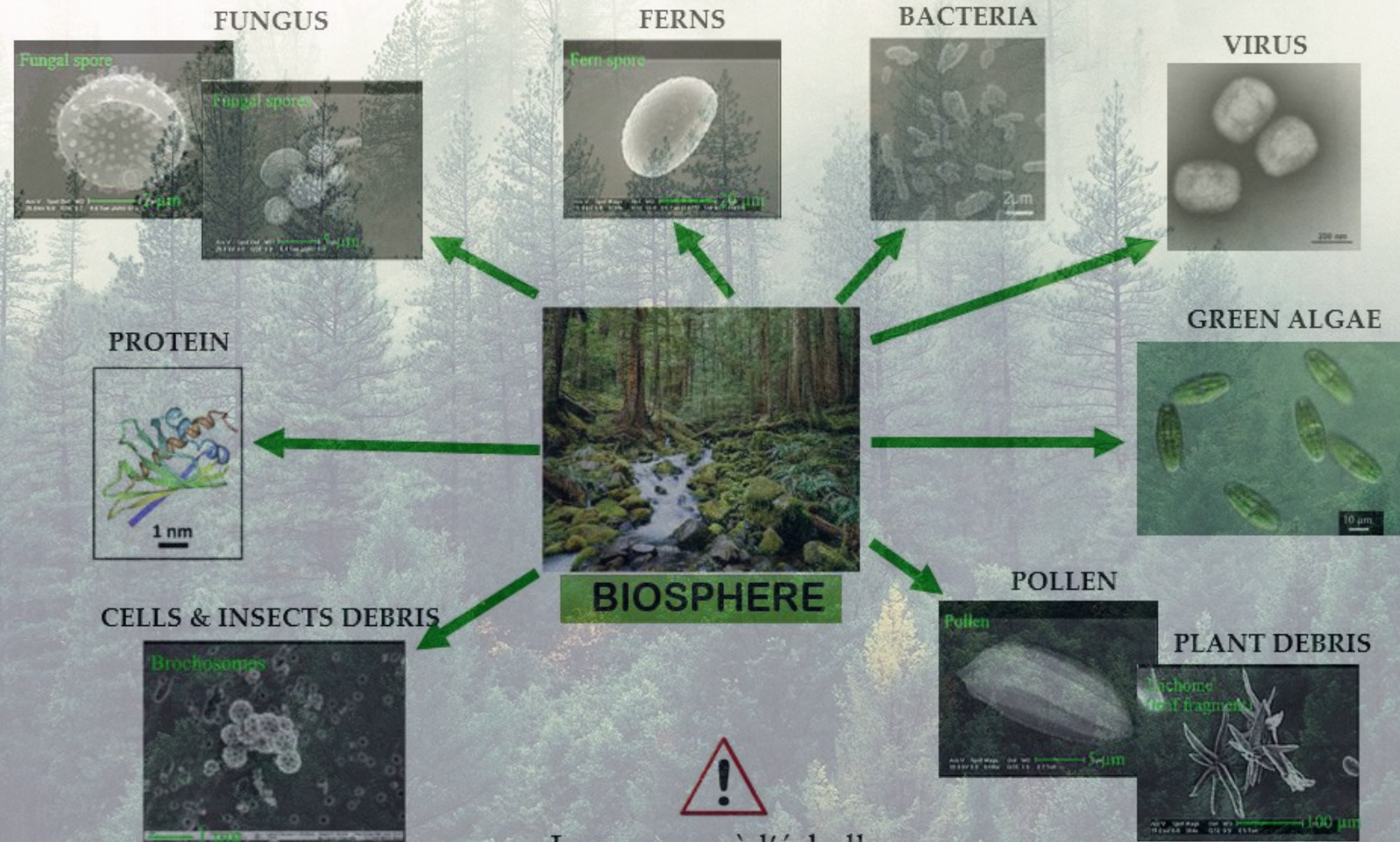
Alliance nationale
de **recherche**
pour **l'environnement**

BIOAEROSOLS IMPACTS SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

PRESENTE PAR GAELLE UZU, DR IRD,
INSTITUT DES GEOSCIENCES POUR L'ENVIRONNEMENT, GRENOBLE

Aérosols organiques d'origine biogénique primaire (PBOA) : définition

⇒ Particules biologiques émises directement par la biosphère dans l'atmosphère



Images pas à l'échelle

Martin et al., 2010

UNE GRANDE VARIÉTÉ DE TAILLES, FORMES ET OBJETS
QUELS IMPACTS POUR CES OBJETS DE NATURE DIFFÉRENTE ?



AGENDA

A- IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

1-COLONISATION

2- PATHOGÈNES DES VEGETAUX

B- IMPACTS SANITAIRES

1-PROPRIETES ET EXPOSITION

2-TRANSMISSION

3-DANS LE SYSTEME
RESPIRATOIRE

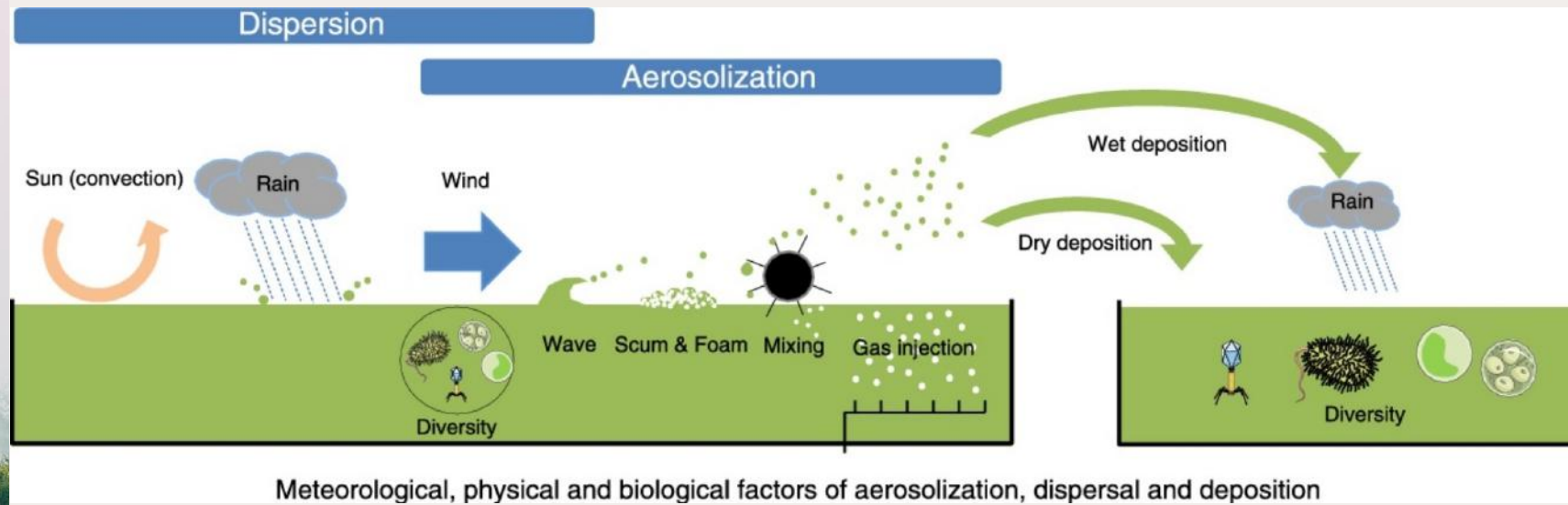
4-MALADIES



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX



1. COLONISATION DES MILIEUX



- expression potentielle de la fonction écologique
- gènes de résistance

2 - Pathogènes des végétaux

2. MALADIES CRYPTOGRAMIQUES

les maladies cryptogamiques affectent pratiquement toutes les cultures et peuvent toucher toutes les parties de la plante

- les **feuilles** : mildiou, l'oïdium, l'anthracnose, la fumagine, la rouille, la cloque, des tâches primaires de tavelure...
- les **fruits** sont touchés par la moniliose, la tavelure, les pourritures grises,
- les **racines** des céréales peuvent être affectées par le piétin verse,
- les graines des céréales sont également vulnérables,
- le chancre attaque les **troncs** des arbres fruitiers,
- les maladies fongiques peuvent aussi causer la pourriture (ou fonte) **des semis**.

1. PATHOGENES DES CULTURES: 2 EXEMPLES



Helminthosporiose de l'orge

Pyrenophora teres (ascomycètes)
développe à la surface du grain,
puis attaque la plante par les
feuilles.



Carie du blé

Tilletia caries (basidiomycètes)

La carie est le plus souvent transmise par la semence suite à la présence de **spores** en surface, dans le sillon ou sur la brosse (grains « boutés »). Elle se transmet également par le sol où les spores peuvent s'y conserver pendant environ 5 ans ou plus en conditions sèches.

PERTES DE RENDEMENTS

The background of the slide is a photograph of a dense evergreen forest. The trees in the foreground are sharp and dark green, while the forest in the background is shrouded in a thick, white mist or fog, creating a sense of depth and atmosphere. On the right side of the image, there is a large, dark, irregular silhouette that resembles a torn piece of paper or a shadow, adding a graphic element to the composition.

IMPACTS SANITAIRES

Propriétés qui conduisent à l'exposition

1-PROPRIETES BIOLOGIQUES

2 états possibles importants pour l'exposition:

viable (capable de se reproduire ou d'avoir un activité métabolique)

non viable (mort ou incapacité à se reproduire)

=> Pour être infectieux, un bioaérosol doit être viable

=> Par contre le caractère toxique ou allergique d'un bioaérosol peut être préservé même lorsqu'il est mort ou non viable

Dans l' environnement aérien, les particules viables ne sont pas stables et donc ces propriétés biologiques évoluent

- mutations (changement de génotype)
- sélection
- evolution constante avec apparition de nouvelles propriétés (bactéries résistantes , virus mutés...)

Propriétés qui conduisent à l'exposition

1-PROPRIETES PHYSIQUES

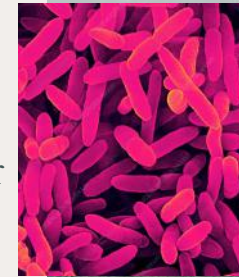
- dans **l'air**: Forme et taille déterminent leur dynamique
- dans le **milieu respiratoire**, le dépôt dépend de nombreuses propriétés
Taille, forme, densité, charge électrique, réactivité et composition chimique

Taille de $0.02\ \mu\text{m}$ à plusieurs centaines de μm et seules quelques particules sont de forme sphérique.

Pour caractériser les bioaérosols pour l'exposition, on utilise le diamètre aérodynamique (peut être très différent de la taille physique)

La bactérie Pseudomonas fluorescens : les bâtonnets font $0.7-0.8 \times 1.5-3\ \mu\text{m}$ pour un diamètre aérodynamique de $0.8\ \mu\text{m}$;

Les spores fongiques Aspergillus versicolor : les sphères ont un diamètre aérodynamique de $0.8\ \mu\text{m}$ équivalent à une dimension physique de $2-3.5\ \mu\text{m}$.



Propriétés qui conduisent à l'exposition

3-STABILITÉ ET VIABILITÉ DANS L'AIR

Stabilité: Les bioaérosols doivent rester suffisamment longtemps en suspension pour être inhalé.

Temps de demi-vie f (diamètre aero ²...)

> 100 µm : qq secondes

10µm : qq minutes

3-1 µm: qq heures

0.5µm, plusieurs jours

Viabilité: L'atmosphère est un milieu hostile pour la survie des bioaérosols. Les fines particules maintiennent cependant leur viabilité plus longtemps que les grosses.

Bacterium Legionella pneumophila < 15 minutes,

Escherichia coli et *Streptococcus faecalis* ~30-60 minutes,

Streptocoques <48 h, staphylocoques ~ 3 jours .

Virus SARS-CoV-2 : qq min à qq heures f(T, H)

Spores fongiques *Aspergillus* and *Penicillium* <12 years,

Allergènes d'acariens se décomposent en qq mois

C'est l'interrelation de ces 2 paramètres qui conduisent à des effets possibles pour la santé

Voies de transmission

Les voies de transmission varient en fonction des propriétés précédentes
du type de bioaérosol
en fonction de la viabilité

2 voies principales

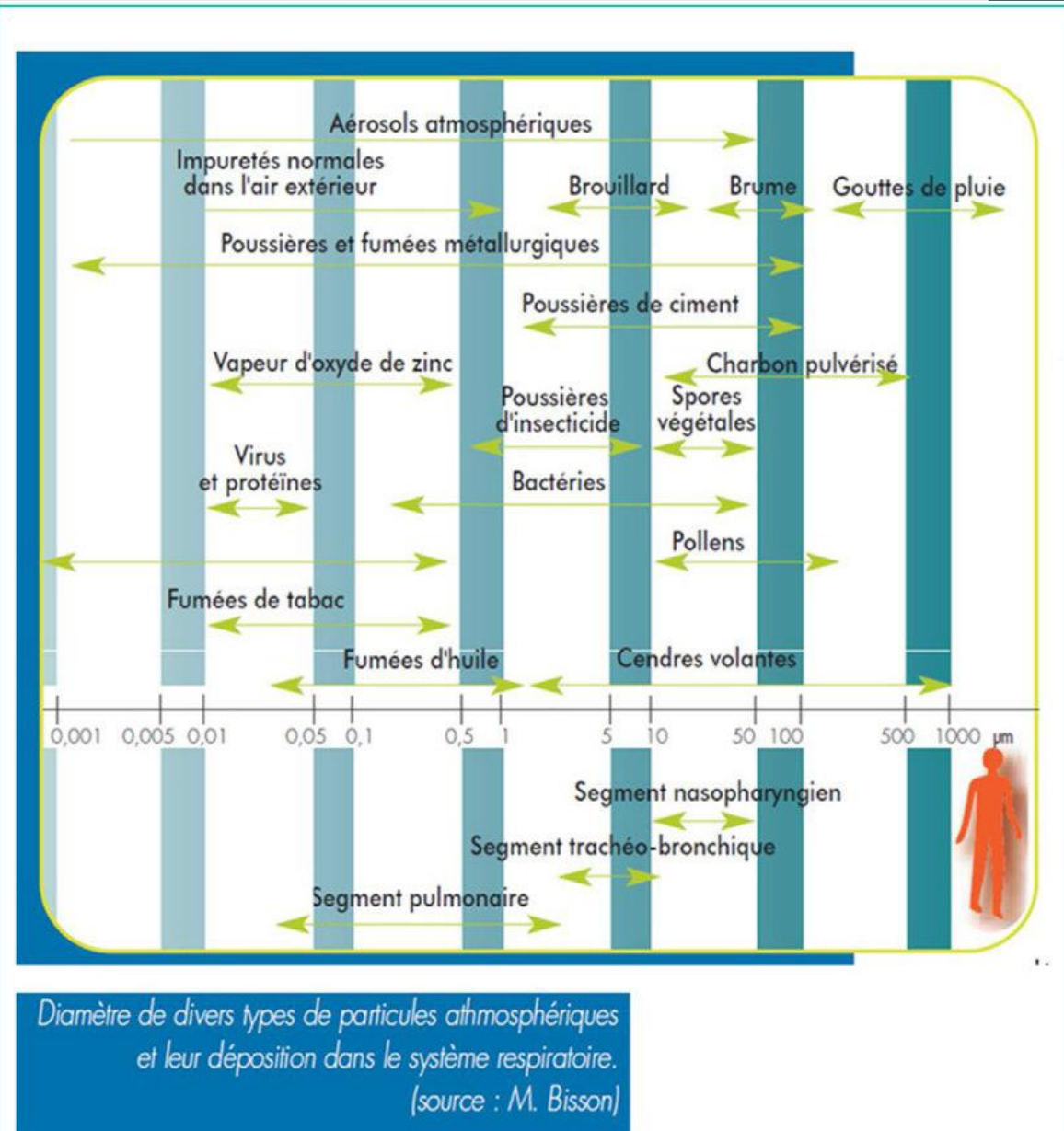
- naturelles : vent, aérosolisation depuis voie aqueuse
- à travers des interactions entre personnes et animaux

En air intérieur: poussières, animaux, mauvaise circulation d'air



DEPOT ET TAILLE

- PM $> 11 \mu\text{m}$ entrent difficilement
- Un bioaérosol fortement hygroscopique peut avoir un diam aero bcp + grand avec humidité air et du poumon
- la plupart des particules $> 10 \mu\text{m}$ et 80% des particules entre 5-10 μm restent dans la partie supérieure (impaction inertielle)
- Entre 0.5 et 5 μm : bronches , bronchioles et alvéoles (sedimentation + impaction)
- < 0.5 μm seulement de la diffusion (interaction entre surface et charge du bioaérosol)



Comportement
dans le
système
respiratoire

Comportement dans le système respiratoire

Les interactions entre les bioaérosols et les cellules humaines pulmonaires dépendent

- **du lieu** de leur déposition (slide précédente)
- **du temps de rétention** dans le système pulmonaire

Bioaérosols $> 10 \mu\text{m}$ (pollens, spores) : irritations nasales et oculaires

$5 < \text{Bioaérosols} < 10 \mu\text{m}$ (spores, agrégats) : obstruction, symptômes asthmatiques, (24h pour expectorer des particules qui ont rejoint les bronches)

Bioaérosols $< 5 \mu\text{m}$ (cellules bactériennes, ou agrégats avec poussières, nombreux spores indoor) : libération d'entotoxines, stress oxydatif et expression de médiateurs pro-inflammatoires, réaction allergique alvéolaire, maladies diverses

1-POLLENS

Multiples types d'allergies (rhinite, conjonctivite, asthme)
20% des enfants, 30 % des adultes en France

Saisons polliniques



- Crises **d'éternuement**,
- **nez qui gratte**, parfois bouché ou qui coule clair,



- **yeux rouges**, qui démangent ou qui larmoient,
- en association éventuelle avec une **respiration sifflante** ou une **toux**.

2-SPORES FONGIQUES

Surtout en milieu intérieur peu aérés (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*).

Une UFC « unités formant colonie » correspond à une colonie fongique.

- < 25 UFC/m³, la contamination est très faible
- < 100 UFC/m³, contamination faible
- < 500 UFC/m³, modérée
- < 2 000 UFC/m³, élevée
- > 2 000 UFC/m³, très élevée

► Effets allergiques

Rhinite, asthme, aspergillose bronchopulmonaire allergique (ABPA) et des pneumopathies d'hypersensibilité d'origine fongique...

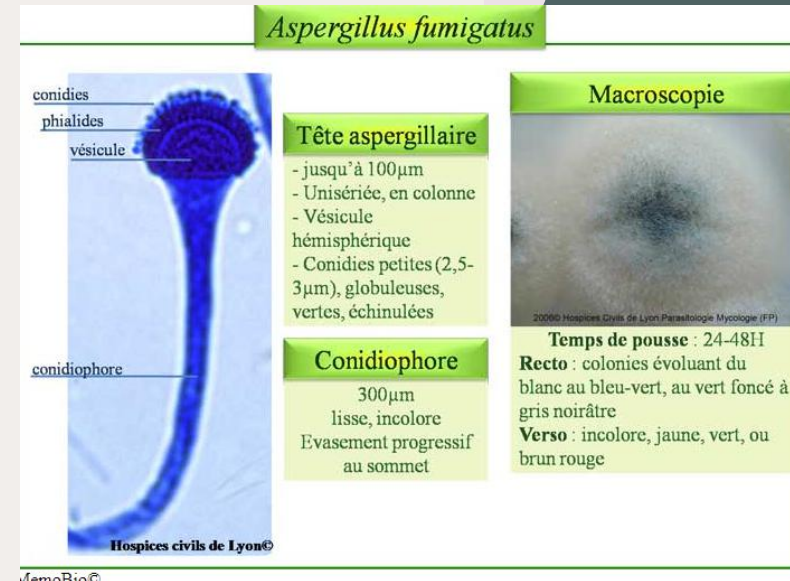
► Effets infectieux

Aspergillose chronique comme l'aspergillome pulmonaire ou l'aspergillose chronique fibrosante qui touchent quasi exclusivement les personnes immunodéprimées.

► Effets toxiques.

Certaines espèces de moisissures sécrètent des mycotoxines, qui sont responsables de mycotoxicoses, comme l'aflatoxine, la patuline, le rubratoxine....

e.g *Aspergillus flavus*, se développe sur les arachides moisies libère aflatoxine => hépatotoxique, 1er cause cancer foie en Afrique



3-BACTERIES

La légionellose

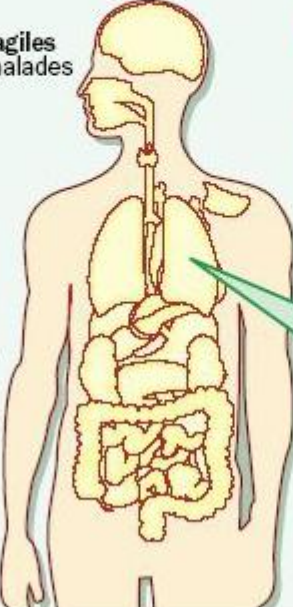
Qu'est-ce que c'est ?
Infection provoquée par une bactérie de l'eau : « la légionelle ». Elle apprécie les températures entre 35 et 40 °C.

Comment ?
Respiration d'eau contaminée diffusée sous forme d'aérosols ou de micro-gouttelettes (douches, climatisation...).

Qui ?
Personnes fragiles (personnes malades ou âgées)

Où ?
• A la maison : canalisations.
• En ville, dans l'air contenant la vapeur d'eau des dispositifs de climatisation et de refroidissement.
• Hôpitaux, hammams...

Quels symptômes ?
• Incubation : 2 à 10 jours.
• Semblables à une grippe (fièvre, toux sèche).
• Sensations de malaise.
• Douleurs abdominales (nausées, vomissements).
• Troubles psychiques.
• Infection des poumons mortelle dans 15 % des cas.



Legionella: Bacille Gram Négatif

Infection peut avoir 2 formes

- 1) « fièvre de Pontiac », ressemble à une grippe et jamais mortelle.
- 2) une forme pulmonaire, dite également « maladie du légionnaire », La bactérie se multiplie dans les alvéoles pulmonaires où elle provoque une pneumonie

et bien d'autres...

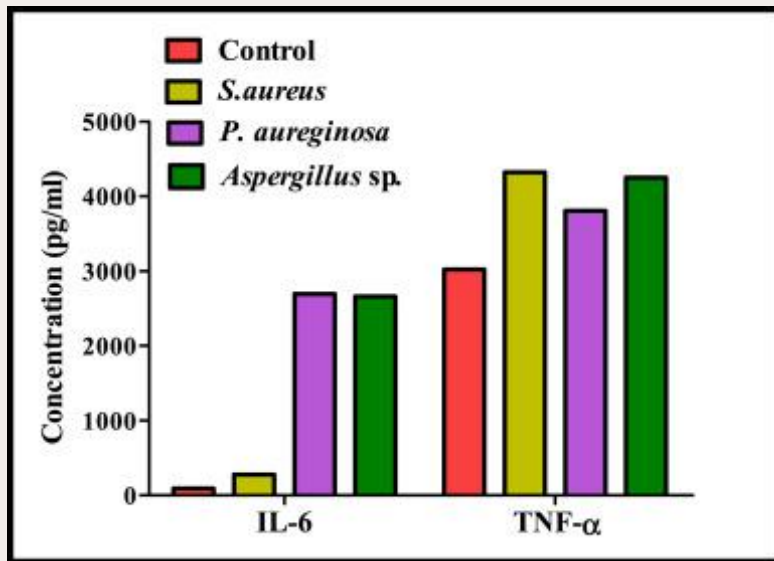
- Tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*) de personne à personne

- Coqueluche (*Bordetella pertussis*)

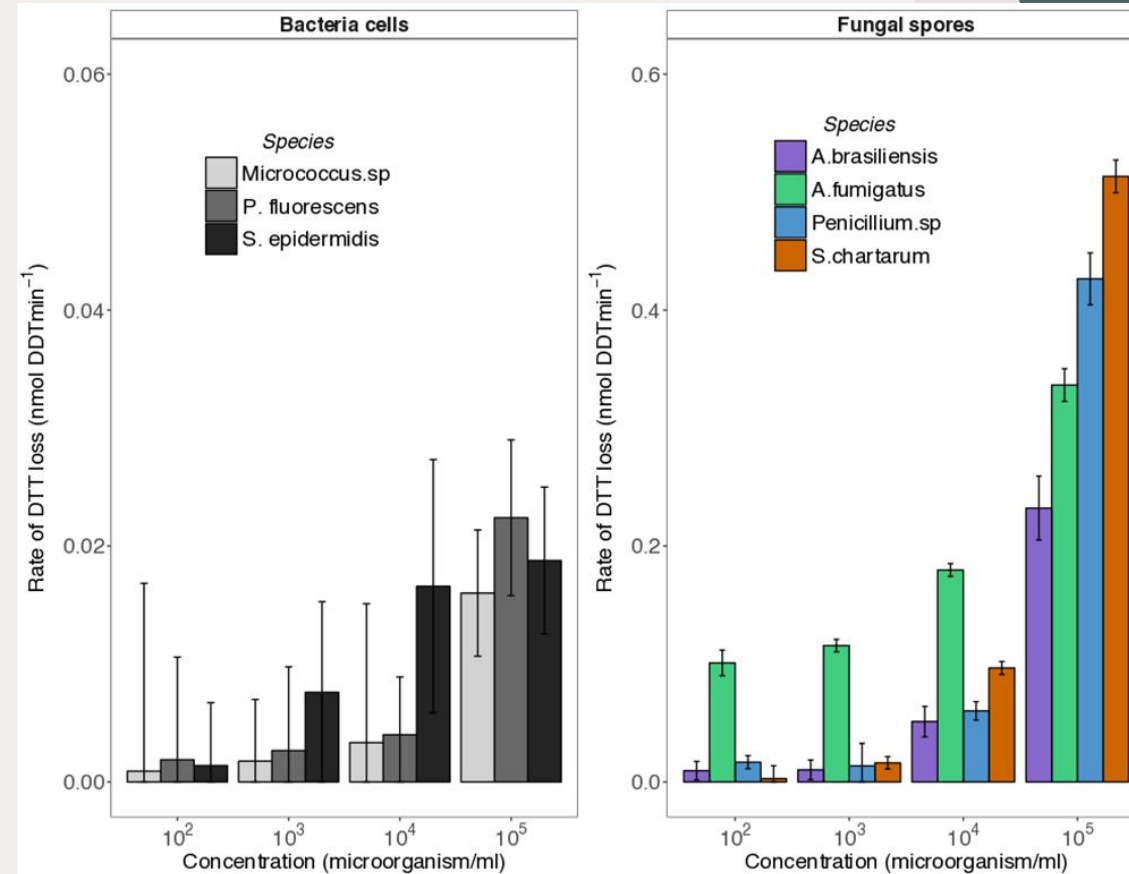
- Antrax (*Bacillus anthracis* spore) voie aérienne

- Brucellose (*Brucella* spp.) => animaux

MÉCANISMES BIOLOGIQUES POUR LES BACTÉRIES ET CHAMPIGNONS STRESS OXYDANT



Production de cytokines inflammatoires (IL-6 and TNF- α) par gram positive (*S. aureus*), gram negative bacterial (*P. aeruginosa*) and fungal (*Aspergillus sp.*) fractions of PM in alveolar macrophages Roy et al., 2020



Samake et al., 2017

- Tous les bioaérosols modèles testés possèdent un PO intrinsèque
- PO (spores fongiques) = 10 × PO (cellules bactériennes)

4-VIRUS

SARS-CoV-2, Grippe : contamination principale par aérosols et gouttelettes aéroportées par des personnes

La transmission par voie aéroportée

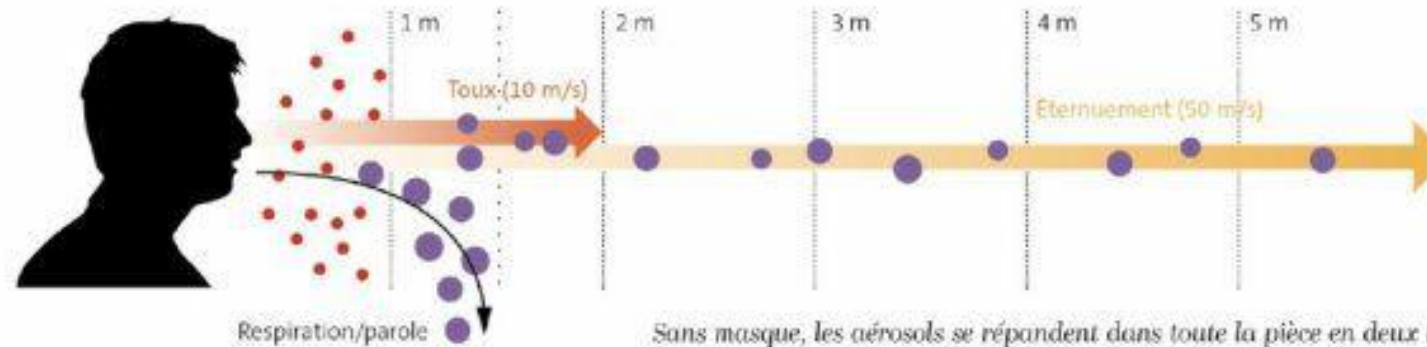
Source : Société de médecine

● Aérosols (micro-gouttelettes)

Ce sont des particules de moins de 100 microns de diamètre qui peuvent rester en suspension dans l'air. Les plus petites (< 10 microns) peuvent y rester plusieurs heures

● Postillons (grosses gouttelettes)

Particules supérieures à 100 microns qui, trop lourdes, tombent au sol en quelques secondes

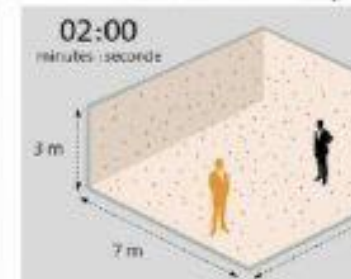
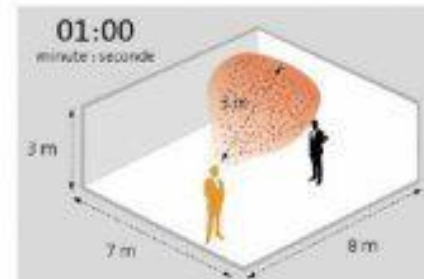
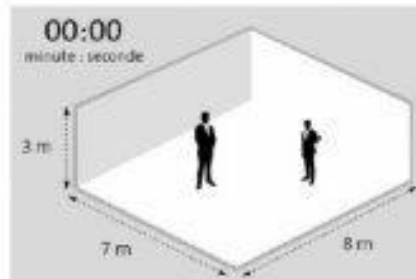


Respiration/parole

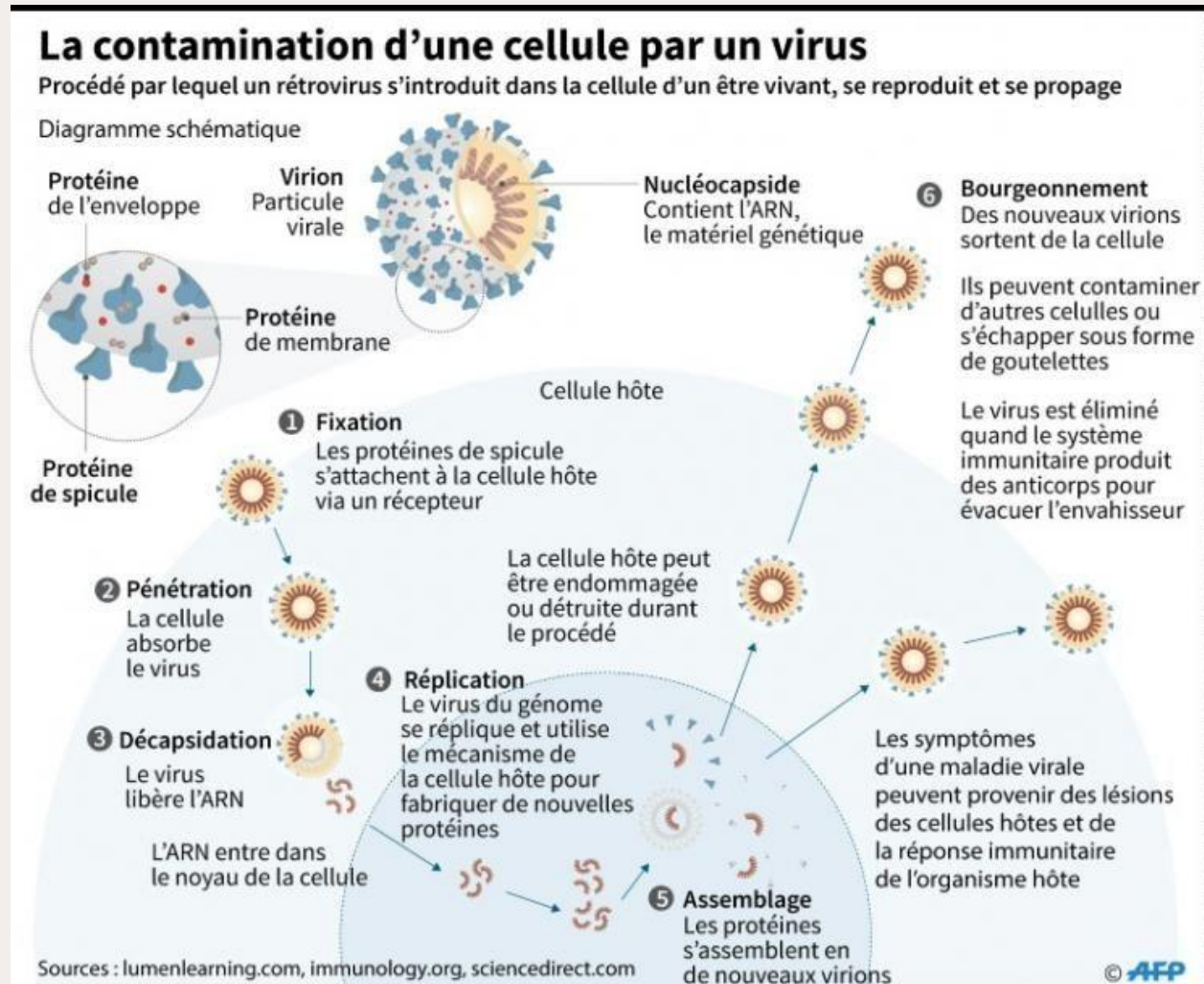
Sans masque, les aérosols se répandent dans toute la pièce en deux m

Source : université technique d

Dans une pièce fermée, les aérosols flottent dans l'air et se déplacent avec les courants d'air



MECANISME BIOLOGIQUE VIRUS



5-EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Concentrations élevées de bioaérosols dans l'environnement indoor/air ambiant

Elevage intensif (volaille, porcs)

Unités de compostage

Risques :

1) pour les travailleurs

ODTS (organic dust toxic syndrome e.g. humidifier fever) -

EEA (extrinsic allergic alveolitis e.g. farmer's lung) -

MMI (mucous membrane irritation) - bronchite chronique

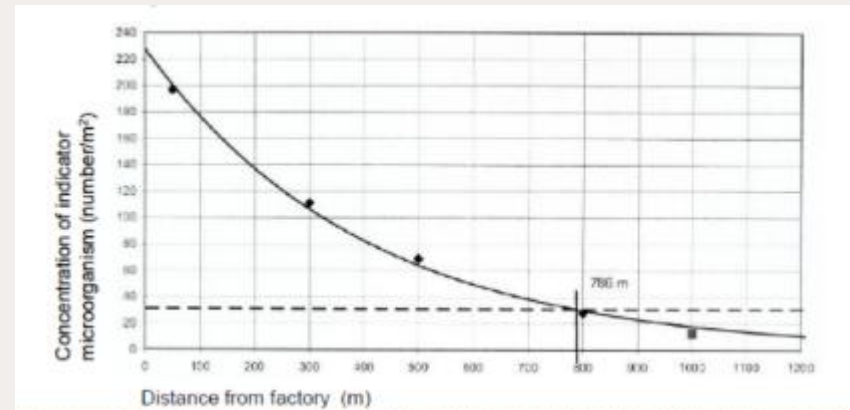
2) Etudes montrent risques pour résidents adjacents

3) Antibiotico- résistance pour les bactéries

=> pas de dose-réponse

(existe seulement pour H₂O)

pas de valeur limite exposition)



Se protéger

MOYENS DEPENDANT DE LA NATURE DES BIOAEROSOLS

Equipements de protection collectif ou personnels

Respirateurs, masques, gants, lavage main, changement vêtements

Antibiotiques pour bactéries

Vaccination virus

Désensibilisation pour les pollens

Traitements UV pour systèmes de ventilation

Systèmes de filtrations



MERCI

Pour votre écoute attentive