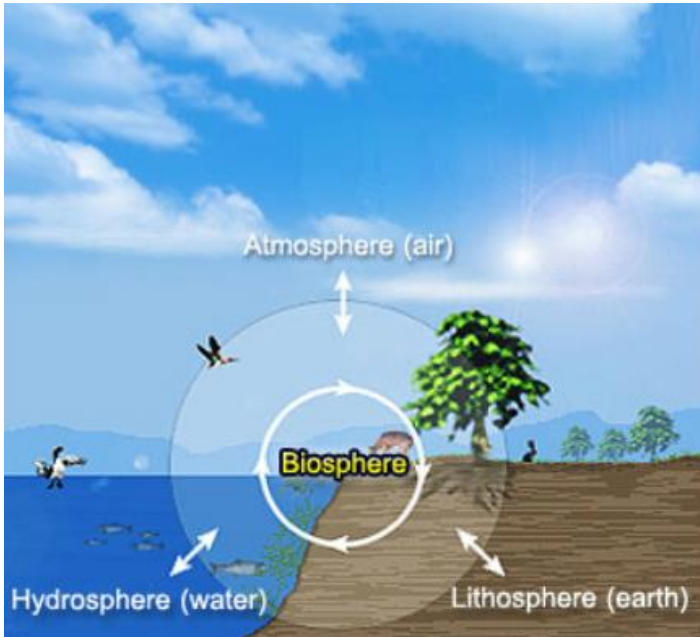


BIOSFERA



Tutti gli organismi viventi e gli habitat in cui essi vivono



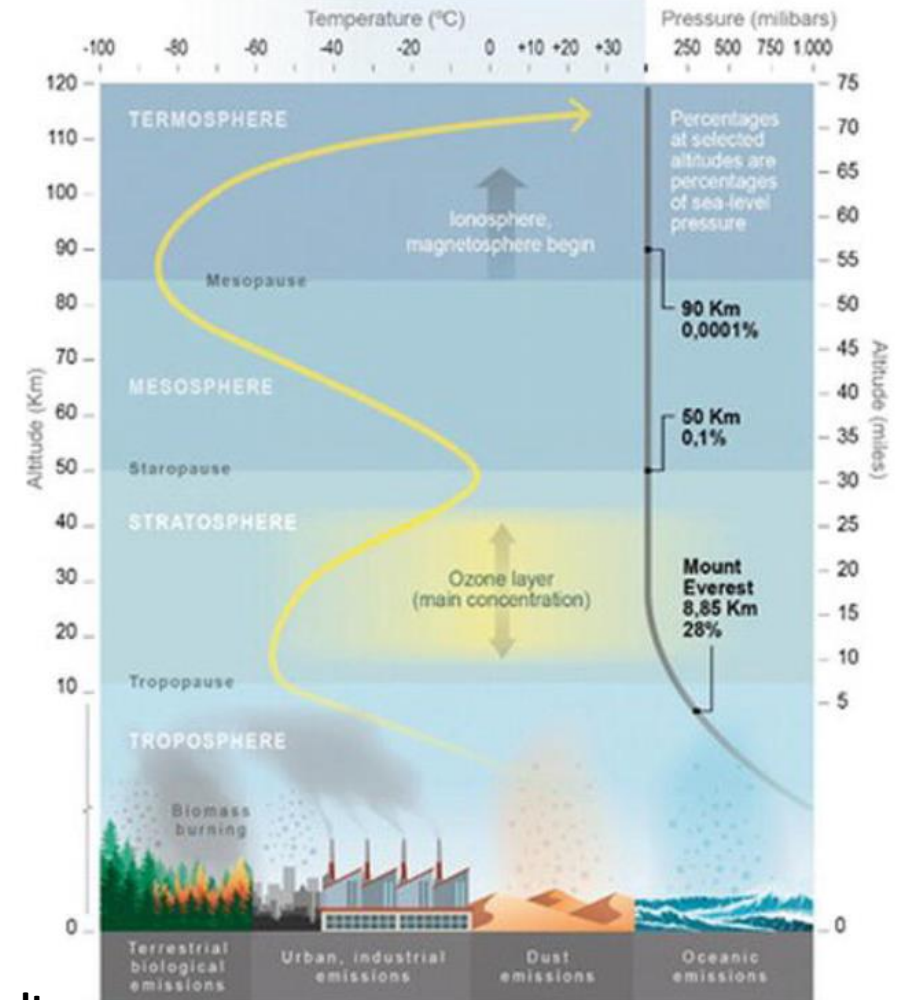
Atmosfera
Litosfera
Idrosfera

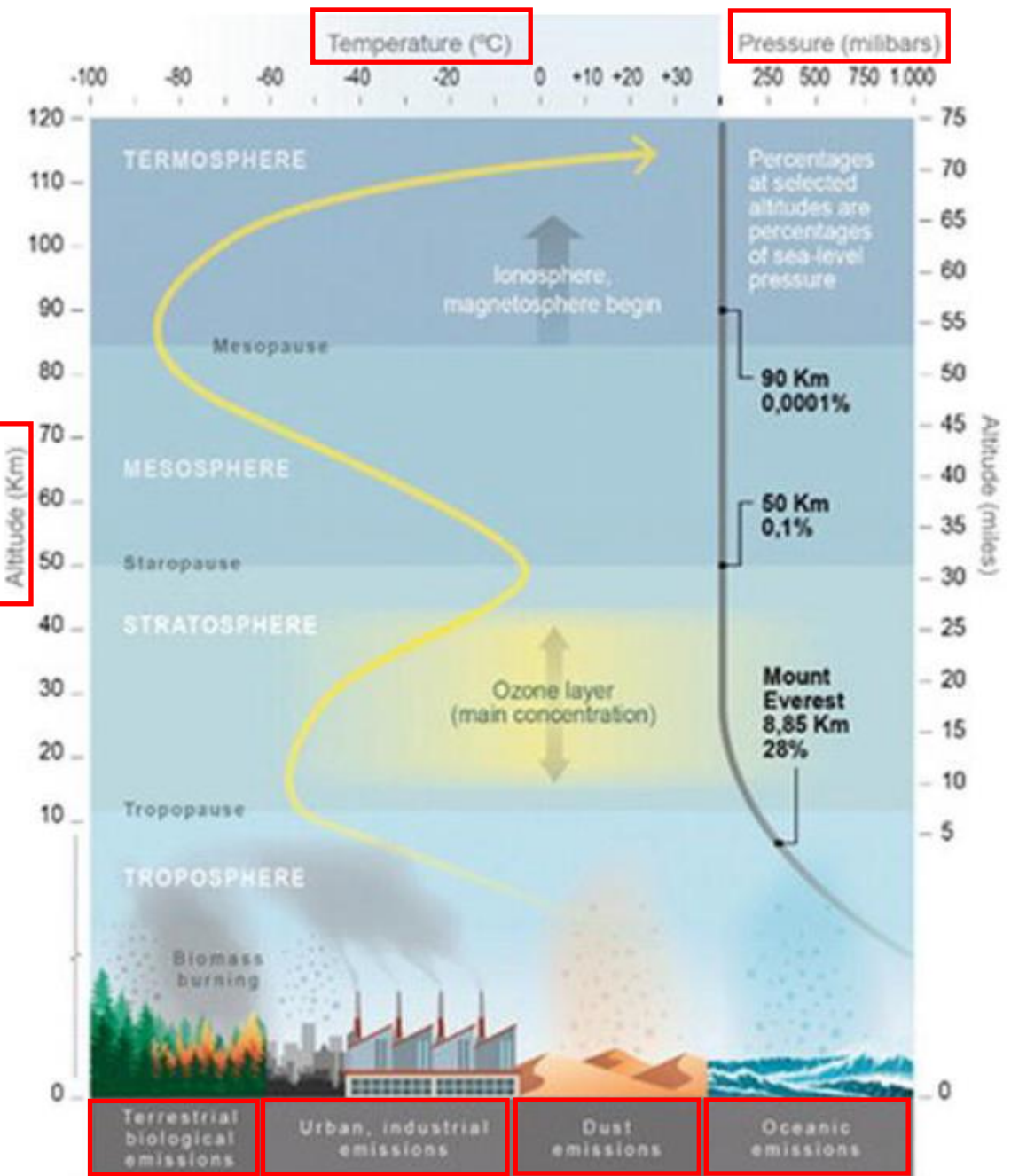
ATMOSFERA

- **Esofera** (oltre 700 Km)
- **Termosfera** (80-700 Km)
- **Mesosfera** (50-80 Km)
- **Stratosfera** (20-50 Km)
- **Troposfera** (0-20 Km)

Troposfera

- È lo strato più basso dell'atmosfera terrestre e con la più alta concentrazione dei vari gas.
- Ha uno spessore di ~10-20 km.
- La temperatura media a livello del suolo è di ~15°C.
- La temperatura, salendo verso l'alto, diminuisce secondo un **gradiente termico verticale di 0,6 °C ogni 100 metri**.
- Rappresenta lo strato dove hanno origine i principali fenomeni atmosferici (vento, formazione delle nuvole, precipitazioni).





L'atmosfera è un **ambiente estremo** in cui gli organismi sono soggetti anche a **condizioni estreme** legate a diversi fattori:

- Altitudine,
- Temperatura,
- Pressione,
- Umidità,
- Radiazioni,
- Disponibilità di nutrienti,
- ...

ATMOSFERA

Veicolo di inquinanti di diversa natura e di diversa origine.
 Emissioni biologiche terrestri
 Emissioni antropiche
 Tempeste di sabbia
 Emissioni oceaniche

Mezzo fondamentale per il **trasporto** e la **diffusione di numerose forme di vita** sulla terra e per la partecipazione ad importanti fenomeni naturali (impollinazione).

Detriti organici, frammenti insetti, pollini, alghe, funghi (spore), batteri, virus.

I microrganismi non colonizzano stabilmente l'aria; essi vi giungono in seguito a **fenomeni meteo-climatici** che dall'**idrosfera** (corpi idrici) o dalla **litosfera** (suolo, piante, etc.) li trasportano nell'atmosfera.

I microrganismi possono essere trasportati tra i vari continenti attraverso **correnti atmosferiche** ad alta quota.

I microrganismi veicolati dall'atmosfera possono essere presenti come **cellule singole** (o **spore**) o **associati** ad

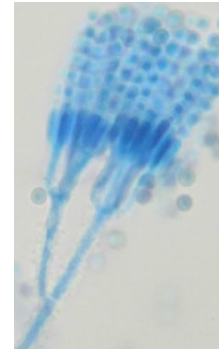
Particelle di polvere

Polline

Protozoi

Insetti

...



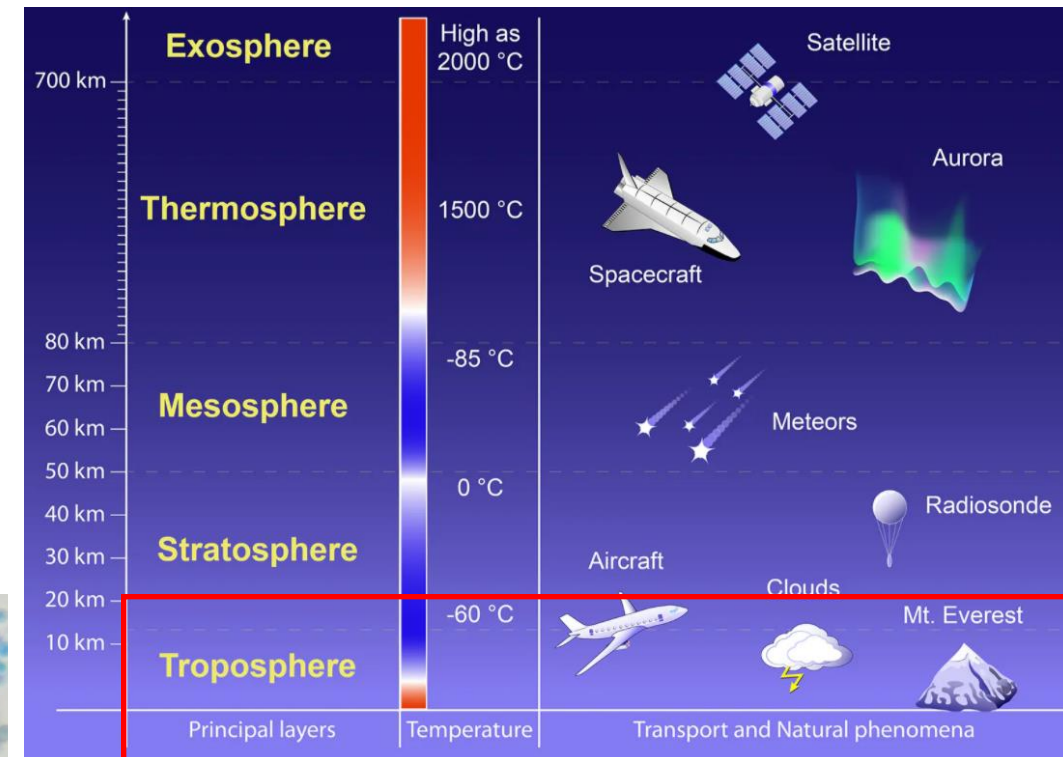
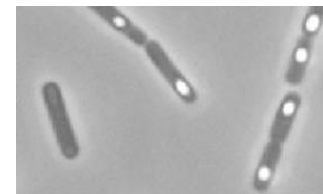
Sono stati isolati **microrganismi coltivabili** da un campione d'aria raccolto ad un'altitudine di 20.000 m.

Sono state enumerate, isolate e identificate 75 colonie:

- 4 colonie fungine (*Penicillium sp.*),
- 71 colonie batteriche (70 *Bacillus luciferensis*, 1 *Bacillus sphaericus*).

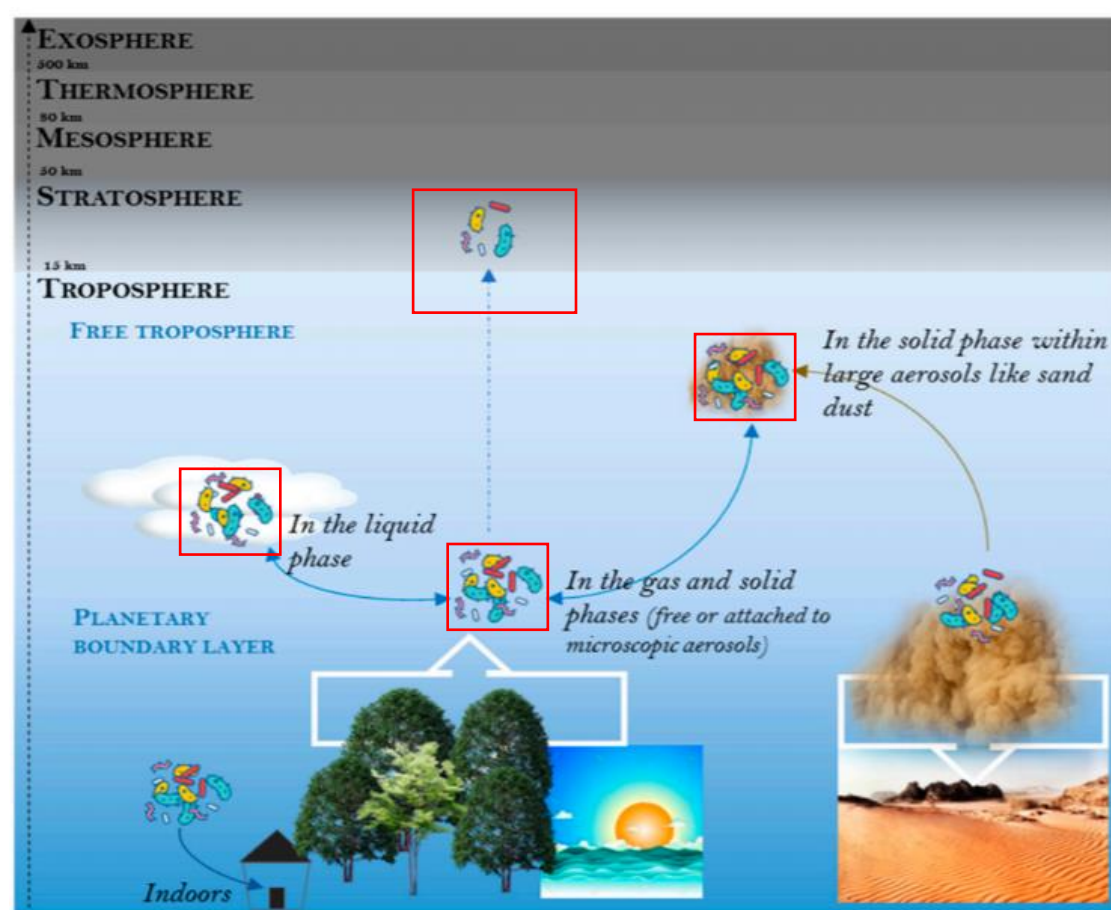
Gli isolati identificati erano funghi pigmentati o batteri sporigeni di origine terrestre.

Lo studio dimostra che la presenza di microrganismi vitali nella parte alta della troposfera potrebbe non essere un evento raro.



Microrganismi vitali sono stati isolati da campioni di prelevati anche a 20000 m di altezza.

Altri studi hanno dimostrato che molti dei microrganismi presenti nell'atmosfera appartengono a **specie sporigene** o con **meccanismi di adattamento** idonei a conferire resistenza a condizioni estreme.



Nicchie che scambiano microrganismi con l'atmosfera in diverse condizioni fisico-chimiche.

I microrganismi presenti nell'aria, **batteri** (*Bacteria, Archaea*) e **funghi**, sono di particolare interesse in quanto rappresentano **cellule viventi, (potenzialmente) metabolicamente attive**, ed abbastanza leggere da essere sollevate in alto nell'atmosfera e trasportate dalle correnti d'aria.

Aerosol → particelle sospese nell'aria (polvere, cenere, metalli pesanti, ossidi di zolfo, composti organici, ...).

Microbiologia dell'atmosfera → **bioaerosol**

Termine coniato negli anni 30' da F.C. Meier, per descrivere un progetto che riguardava studi sulla **vita nell'aria**.

AEROBIOLOGIA (AEROMICROBIOLOGIA)

Area di ricerca in crescita che si occupa dello studio degli **aerosol di origine biologica (bioaerosol)** sospesi nell'atmosfera, considerando sia l'aria degli **ambienti confinati (indoor)** che i diversi **strati atmosferici (outdoor)**.

I **bioaerosol** sono costituiti da materiale di origine biologica rilasciati dagli ambienti terrestri ed acquatici (marini): **microrganismi (virus, batteri, funghi, alghe, protozoi)**, **detriti vegetali, pollini e secrezioni biologiche** (sottoprodotti del metabolismo microbico, enzimi, tossine, ...).

I bioaerosol vengono emessi (a diversi tassi di emissione) principalmente da **ambienti marini** (oceani), da **superfici terrestri naturali** (foreste, deserti, ecc.) e da **aree urbanizzate** (città, aree industriali, campi agricoli, impianti di trattamento acque reflue, etc.).

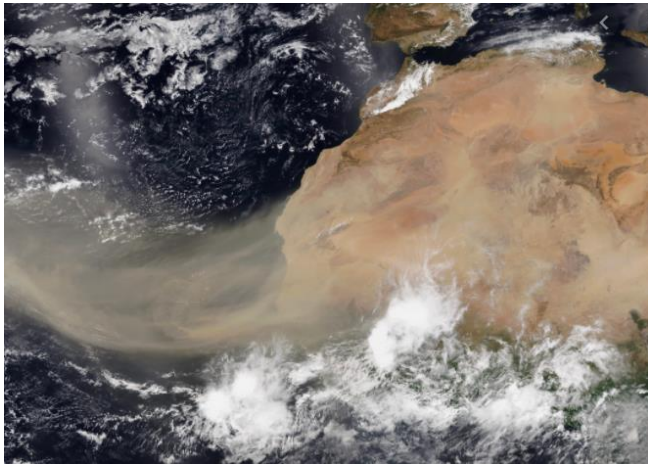
Le concentrazioni microbiche variano in funzione dell'altitudine.

Sembra che le **concentrazioni microbiche** nell'aria tendano a diminuire procedendo dalla troposfera inferiore, alla troposfera superiore (~15 Km), fino alla stratosfera; tuttavia, il tasso di declino non è noto.

Studi che hanno preso in considerazione il **gradiente verticale della concentrazione microbica** suggeriscono che **i flussi delle cellule microbiche sono rivolti verso l'alto nell'atmosfera.**

Il flusso cellulare microbico verso il basso, proveniente dalla stratosfera e dalla troposfera alta, potrebbe essere quantitativamente minore e, quindi, avere un basso impatto su composizione e concentrazione microbica della bassa troposfera.

Eventi meteorologici estremi (eruzioni vulcaniche, uragani e tempeste di sabbia) possono alterare pesantemente questi flussi.



i **microrganismi** associati a particelle di grandi dimensioni (**polvere di sabbia macroscopica**), potrebbero essere sollevati in alto nella troposfera, viaggiare lungo masse d'aria per migliaia di chilometri e poi ridepositarsi sulla superficie terrestre (gravità, precipitazioni).



Il **flusso verso il basso** delle particelle più grandi con i microrganismi adesi, che sono stati trasportati attraverso la troposfera superiore, potrebbe alterare la struttura delle **comunità microbiche aerodisperse** dell'area sottostante sia quantitativamente (aumento concentrazioni microbiche) che qualitativamente.

In funzione delle diverse **condizioni climatiche** e **topografiche** è possibile riscontrare nell'atmosfera **bioparticelle** di diversa natura:

Virus
Batteri
Funghi (spore)
...

Fattori che influenzano
concentrazione, vitalità e
distribuzione dei microrganismi.

Nell'atmosfera, si stabiliscono delle **interazioni dinamiche** tra **componenti chimo-fisiche** e **componenti biologiche**.

Concentrazioni microbiche riscontrate,
di solito, nell'atmosfera

50-1500 cellule microbiche/m³



circa la metà funghi (spore)

Temperatura (estremamente bassa o alta)
pH

Umidità

Ossigeno

Radiazione solare (alti livelli di radiazioni UV)

Pressione

Precipitazioni

Intensità e direzioni dei venti (disidratazione)

Inversioni stagionali ed atmosferiche

Luogo (rurale, urbano, industriale, costiero)

Sorgente di emissione (naturale, antropica)

Periodo del giorno

Periodo dell'anno

Grado di inquinamento atmosferico

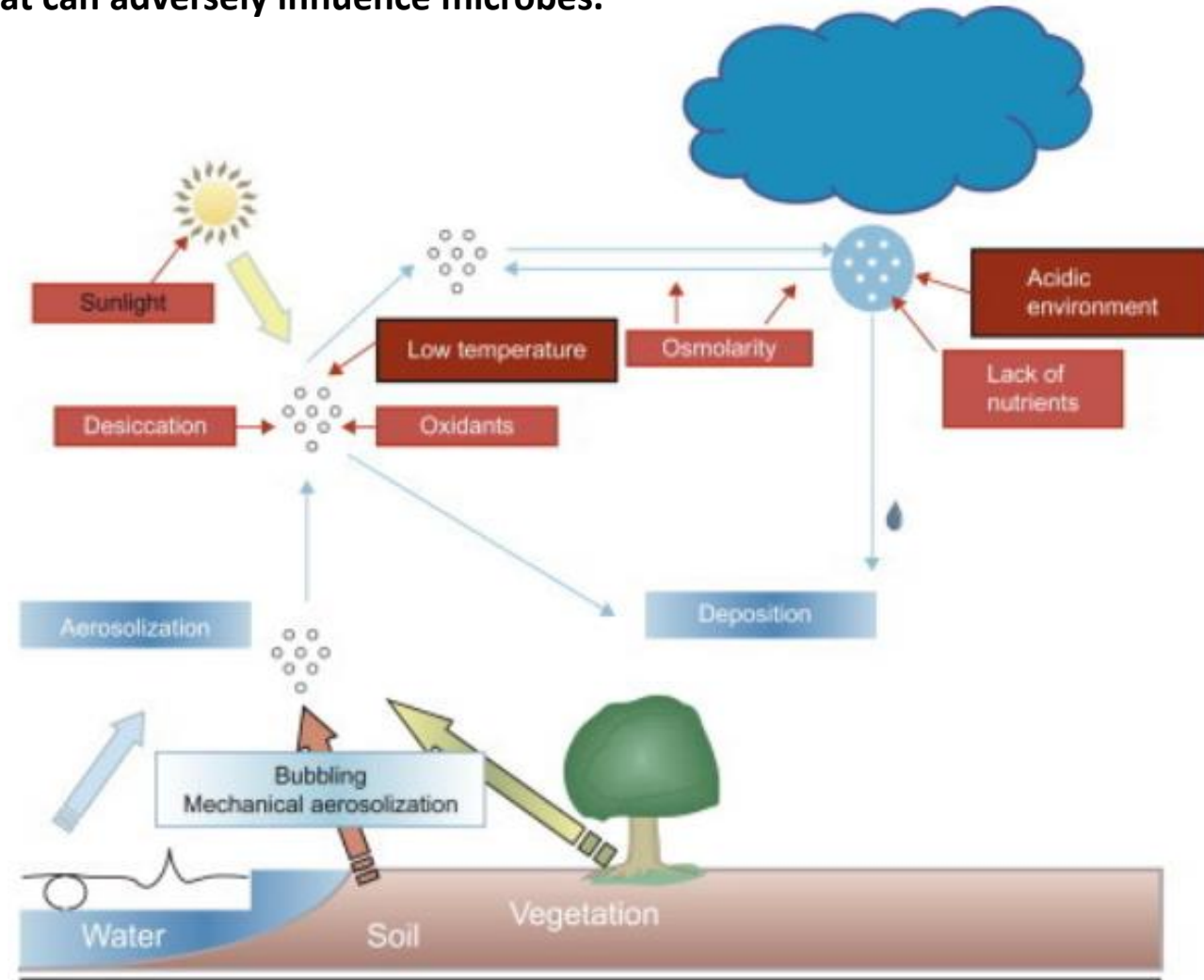
Chimica atmosferica (radicali dell'ossigeno, etc.)

...

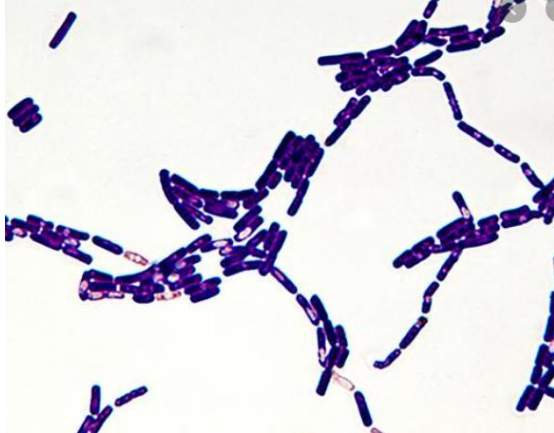
I microrganismi presenti nell'aria
possono influenzare

- **clima,**
- **cicli biogeochimici,**
- **salute delle popolazioni,**
- ...

Cloud environmental factors that can adversely influence microbes.



BATTERI NELL'ATMOSFERA



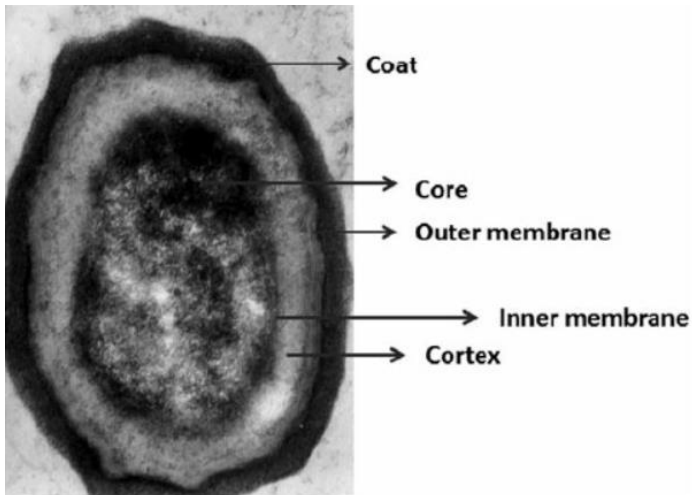
L'atmosfera rappresenta un ambiente inadatto alla sopravvivenza o alla crescita dei batteri.

È stata riscontrata una **fluttuazione giornaliera ed annuale** delle concentrazioni batteriche, legata soprattutto al riscaldamento (**ciclo solare**).

- Radiazioni solari ultraviolette
- Temperature sfavorevoli
- Inquinanti chimici
- Carenza di acqua
- Scarsità di nutrienti
- ...

Dei batteri presenti nell'atmosfera circa l'80% è rappresentato da **Gram positivi**

↓
40% **Bacillus** (sporigeno)



Con le attuali tecniche di **microbiologia colturale** si riesce a coltivare solo una piccola parte (~1%) dei batteri vitali effettivamente presenti nell'ambiente.

↓
Sottostima delle reali concentrazioni microbiche

Mancanza di informazioni sul rapporto tra le diverse specie che costituiscono le comunità microbiche.

Tecniche di **biologia molecolare** aiutano nella definizione delle comunità microbiche presenti nelle diverse matrici ambientali.

Concentrazioni più alte (fino a 190.000 cellule/m³ di aria) sono state rilevate nelle ore più calde del giorno.

↓
La radiazione solare favorisce il rilascio di batteri dagli impianti e dalla superficie terrestre.

Non esistono dati omogenei sulla distribuzione delle diverse specie batteriche aerodisperse, in quanto fortemente condizionata da molti fattori (chimici, fisici, meteo-climatici, etc.).

Bacillus
Micrococcus
Corynebacterium
Actinomyces
Pseudomonas
Staphylococcus
Streptococcus
Neisseria
...

Sembrano predominare in tutte le zone di monitoraggio ed a tutte le altitudini.

I batteri possono sopravvivere in ambienti estremi:

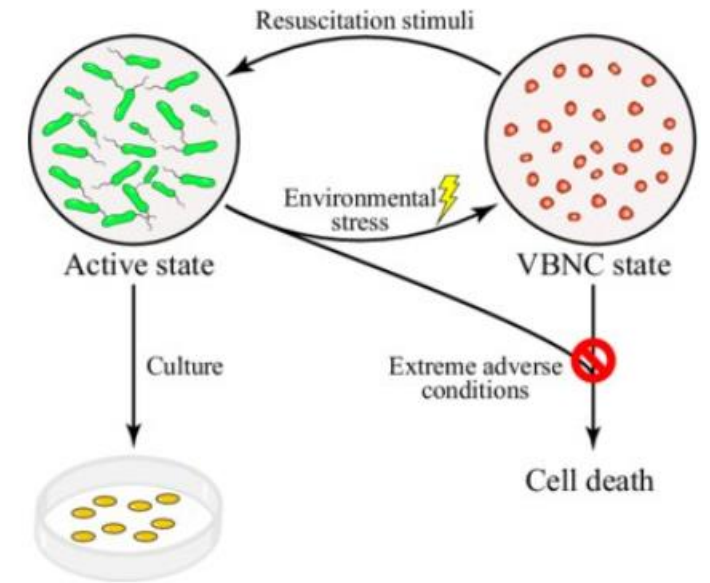
- formando spore
- formando strati mucosi
- entrando in uno stato dormiente non-sporulante (VBNC)
- ...

Wainwright et al. (2004). **Confirmation of the presence of viable but non-cultureable bacteria in the stratosphere.** *International Journal of Astrobiology* 3 (1): 1–3.

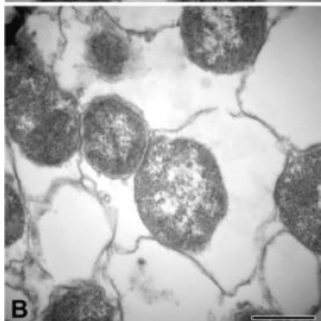
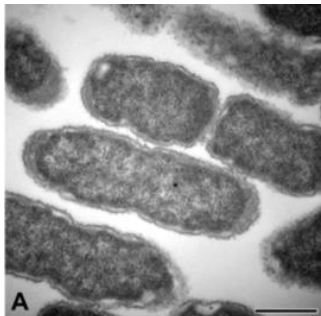
In microbiologia, la **COLTIVABILITÀ** è una proprietà fondamentale delle cellule batteriche.



La coltivazione in piastra (*plate count technique*) è uno dei metodi standard per la **conta** e l'**isolamento** dei batteri vitali (Buck, 1979; Talaro et al., 2002).



Lo **stato VBNC** (*viable but non-culturable*) è una strategia adattativa che consente ai batteri di sopravvivere temporaneamente a condizioni avverse.



I microrganismi utilizzano varie strategie per mantenere la vitalità nella stratosfera.

- È probabile che batteri e funghi Gram-positivi utilizzino la **sporulazione** come strategia di sopravvivenza, sebbene non sia ancora chiaro dove si formano le spore. Le endospore sopravvivono per lunghi periodi in uno stato criptobiotico.
- I batteri non sporigeni e alcuni *Archaea*, al contrario, possiedono spesso genomi ricchi di **G+C**, che possono aumentare la tolleranza e la sopravvivenza ai raggi UV.
- Diversi studi hanno confermato l'effetto negativo delle radiazioni UV sulla vitalità e le proprietà schermanti o riflettenti (protettive) della **polvere**.
- L'**aggregazione** e la formazione di **biofilm** possono proteggere l'interno di una comunità microbica, sacrificando le cellule degli strati esterni.
- Sono stati, inoltre, riscontrati efficienti sistemi di **riparazione del DNA**, **pigmenti fotoprotettivi** (carotenoidi e melanine) e **proteine da shock freddo** che svolgono ruoli importanti nella sopravvivenza stratosferica.

DasSarma et al., 2018. Survival of microbes in Earth's stratosphere. Current Opinion in Microbiology, 43:24–30.

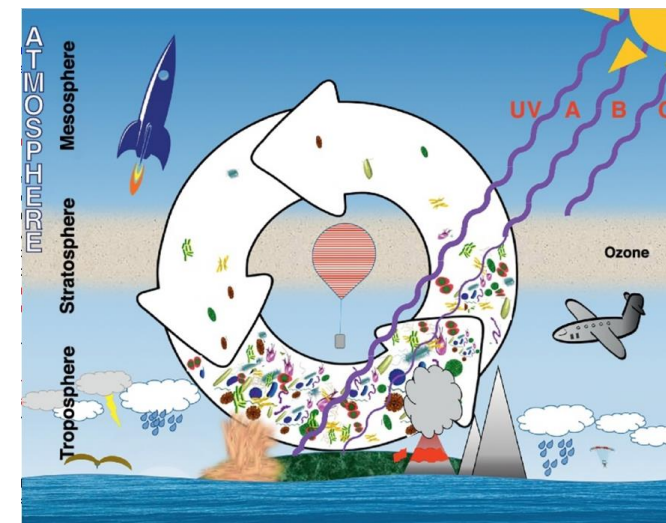
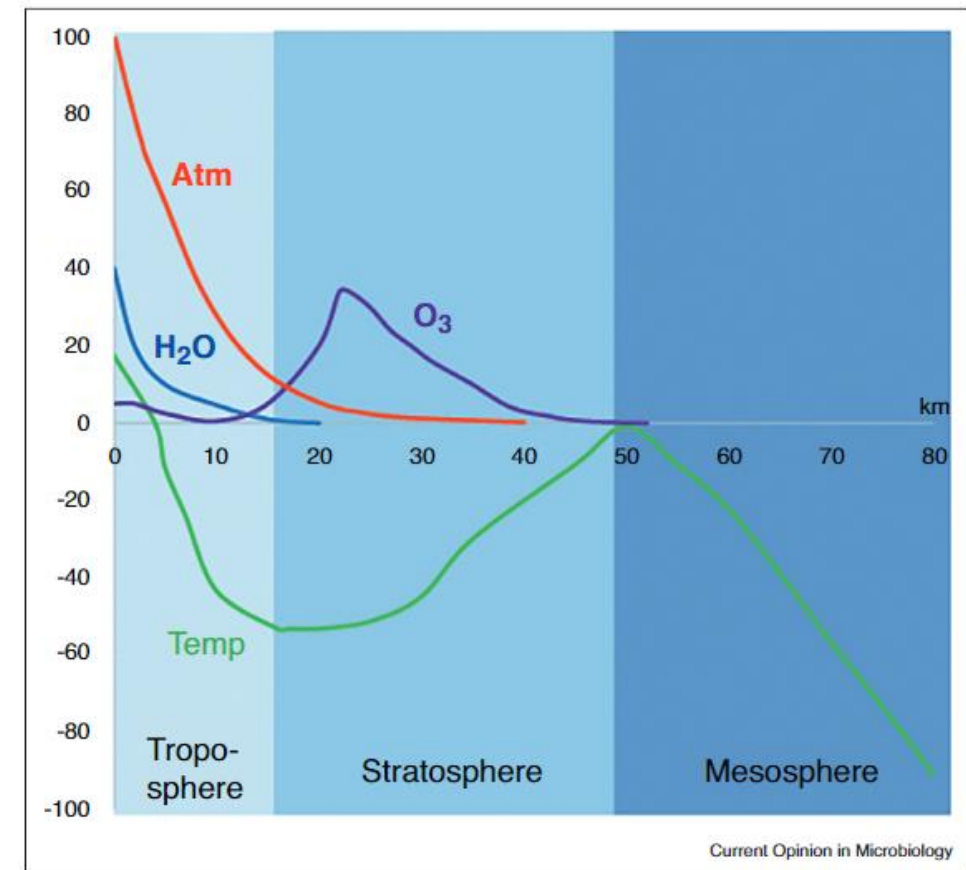


Table 1. Overview of microbes isolated from and/or tested in the stratosphere*.

Isolate name	Domain	Height (km ASL)	GC-composition*	Spore former?
<i>Actinobacteria</i>	Bacteria	18-29 ^l	Variable	Some
<i>Actinomyces</i> sp.	Bacteria	19 ^T	High	May form endospores
<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Eukarya	11-21 ^l , 48-77 ^l , 19-22 ^T	~ 50%	Yes
<i>Bacillus endophyticus</i> , <i>Bacillus luciferensis</i> , <i>Bacillus pumilus</i> SAFR-032, <i>Bacillus simplex</i> , <i>Bacillus (Lysinibacillus) sphaericus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Bacteria	20-77 ^l , 20-30 ^T	Low	Endospore forming
<i>Brachysporium</i> sp.	Eukarya	22 ^T	ND	Spore-forming
<i>Brevibacterium luteolum</i>	Bacteria	20 ^l	High	No
<i>Circinella muscae</i>	Eukarya	48-77 ^l	ND	Spore-forming
<i>Cladosporium</i> sp.	Eukarya	22 ^T	~ 50%	Spore-forming
<i>Deinococcus aetherius</i> , <i>Deinococcus aerius</i> TR0125	Bacteria	10-12 ^{l,T}	High	No
<i>Diplodia</i> sp.	Eukarya	22 ^T	High	ND
<i>Engyodontium albus</i>	Eukarya	41 ^l	ND	Spore-forming
<i>Escherichia coli</i>	Bacteria	40 ^T	~ 50%	No
<i>Eurotiomycetes</i> sp.	Eukarya	20 ^l	ND	ND
<i>Exophiala</i> sp. 15LV1	Eukarya	25-30 ^T	ND	ND
<i>Fusarium</i> sp.	Eukarya	19 ^T	~ 50%	ND
<i>Halobacterium</i> species NRC-1	Archaea	36 ^T	High	No
<i>Halorubrum lacusprofundi</i>	Archaea	36 ^T	High	No

DasSarma et al., 2020. Earth's Stratosphere and Microbial Life.

DOI: <https://doi.org/10.21775/cimb.038.197>

<i>Helminthosporium sativum</i>	Eukarya	22 ^T	ND	ND
<i>Hysterium</i> sp.	Eukarya	22 ^T	~ 50%	ND
<i>Macrosporium</i> sp.	Eukarya	11-21 ^l , 19 ^T	ND	ND
<i>Micrococcus albus</i>	Bacteria	48-77 ^l	High	No
<i>Monilia sitophila</i>	Eukarya	19 ^T	ND	ND
<i>Mycobacterium luteum</i>	Bacteria	48-77 ^l	ND	May form spores
<i>Naganishia (Cryptococcus) friedmannii</i> 16LV2	Eukarya	25-30 ^T	ND	ND
<i>Paenibacillus</i> sp.	Bacteria	12-35 ^l	~ 50%	Spore-forming
<i>Papulaspora anomala</i>	Eukarya	48-77 ^l	ND	ND
<i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> (formerly <i>notatum</i>), <i>Penicillium</i> sp.	Eukarya	11-77 ^l , 19 ^T	~50%	
<i>Pestalozzia</i> sp.	Eukarya	19 ^T	ND	ND
<i>Proteobacteria</i>	Bacteria	18-29 ^l	ND	ND
<i>Proteus mirabilis</i>	Bacteria	40 ^T	Low	No
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacteria	40 ^T	High	No
<i>Puccinia graminis</i>	Eukarya	19 ^T	Low	ND
<i>Rhizopus</i> sp.	Eukarya	11-21 ^l , 19 ^T , 22 ^T	Low	ND
<i>Salmonella enterica</i> Serovar <i>Typhimurium</i>	Bacteria	40 ^T	~50%	No
<i>Staphylococcus pasteurii</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> MRSA, <i>Staphylococcus aureus</i>	Bacteria	41 ^l , 40 ^T	Low	No



The importance of the viable but non-culturable state in human bacterial pathogens

Laam Li¹, Nilmini Mendis¹, Hana Trigui¹, James D. Oliver² and Sebastien P. Faucher^{1*}

It was shown that **cells enter the VBNC state as a response to an extensive list of both chemically and environmentally unfavorable conditions** (Oliver, 2010), including **nutrient starvation** (Cook and Bolster, 2007), **extreme temperatures** (Besnard et al., 2002), **incubation outside the pH or salinity ranges** that are permissive to cell growth (Cunningham et al., 2009), **elevated or lowered osmotic concentrations** (Asakura et al., 2008; Wong and Liu, 2008), **fluctuating oxygen concentrations** (Kana et al., 2008; ascher et al., 2000), **exposure to heavy metals** (Ghezzi and Steck, 1999; del Campo et al., 2009), **exposure to food preservatives** (Quirós et al., 2009), **Exposure to white light and UV irradiation** (Gourmelon et al., 1994).

In addition, **treatments normally assumed to be bactericidal** may instead result in the **induction of the VBNC state** in a subpopulation, including **pasteurization** of milk (Gunasekera et al., 2002), **chlorination** of wastewater (Oliver, 2005).

Questi stress potrebbero essere letali se la cellula non entrasse in questo stato di dormienza.

Stato VBNC (Viable But NonCulturable)

I batteri che si trovano nello stato “VBNC” non si moltiplicano sui comuni terreni di coltura, sui quali normalmente formano colonie.

Essi sono, tuttavia, vitali ed in grado, in opportune condizioni, di ripristinare in pieno le loro attività metaboliche.

A differenza delle spore, le cellule VBNC presentano una bassissima attività metabolica, ma, dopo la “*resuscitation*” risultano di nuovo coltivabili ed in grado di ripristinare anche il loro eventuale potere patogeno.

Molti batteri (G+ e G-), patogeni e non, possono entrare nello stato VBNC.

L'importanza di questo evento è meglio compreso se si considera che in medicina, in studi di bioramediation, nell'uso degli indici di contaminazione fecale ed in altri studi di microbiologia **la coltivabilità dei batteri viene spesso impiegata come unico indicatore di vitalità.**

Lo stato VBNC nei batteri patogeni pone seri problemi in termini di sicurezza in sanità pubblica

Questa condizione, probabilmente, allunga i tempi di sopravvivenza quando i microrganismi pervengono in ambienti sfavorevoli.

Le cellule VBNC di batteri patogeni, perdendo la capacità di crescere sui comuni terreni di coltura, sfuggono alle tecniche di isolamento convenzionali.

Lo stato VBNC è una condizione reversibile: i batteri, quando pervengono in un ambiente di nuovo favorevole, possono riacquistare pienamente

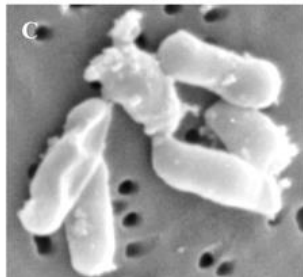
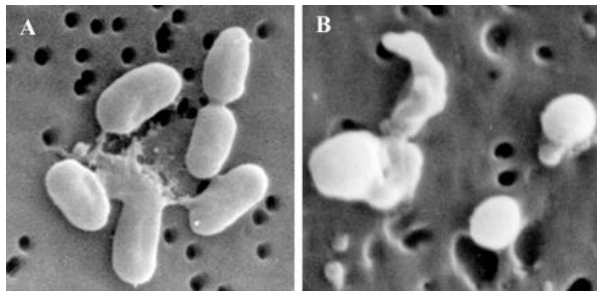
- normale attività metabolica,
- capacità infettante,
- patogenicità.

Caratteristiche delle cellule VBNC

- Riduzione delle dimensioni della cellula
- Variazione delle morfologia cellulare
- Ridotto trasporto di nutrienti
- Riduzione del tasso di respirazione
- Riduzione della sintesi di macromole
- Cambiamenti nella composizione degli acidi grassi della membrana citoplasmatica
- Cambiamenti nella struttura del peptidoglicano
- Perdita dei flagelli
- ...

Table 1. Bacteria Described to Enter the VBNC State

<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Serratia marcescens</i>
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Shigella dysenteriae</i>
<i>Alcaligenes eutrophus</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	<i>S. flexneri</i>
<i>Aquaspirillum</i> sp.	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>S. sonnei</i>
<i>Burkholderia cepacia</i>	<i>Micrococcus flavus</i>	<i>Sinorhizobium meliloti</i>
<i>B. pseudomallei</i>	<i>M. luteus</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>
<i>Campylobacter coli</i>	<i>M. varians</i>	<i>Tenacibaculum</i> sp.
<i>C. jejuni</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	<i>Vibrio anguillarum</i>
	<i>M. smegmatis</i>	
<i>C. lari</i>	<i>Pasteurella piscida</i>	<i>V. campbellii</i>
<i>Cytophaga allerginae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>V. cholerae</i>
<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>P. fluorescens</i>	<i>V. fischeri</i>
<i>E. cloacae</i>	<i>P. putida</i>	<i>V. harveyi</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>P. syringae</i>	<i>V. mimicus</i>
<i>E. hirae</i>	<i>Ralstonia solanacearum</i>	<i>V. natriegens</i>
<i>E. faecium</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>
<i>Escherichia coli</i> (including EHEC)	<i>R. meliloti</i>	<i>V. proteolytica</i>
<i>Francisella tularensis</i>	<i>Rhodococcus rhodochrous</i>	<i>V. shiloi</i>
<i>Helicobacter pylori</i>	<i>Salmonella enteritidis</i>	<i>V. vulnificus</i> (types 1&2)
<i>Klebsiella aerogenes</i>	<i>S. typhi</i>	<i>Xanthomonas campestris</i>
<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. typhimurium</i>	
<i>K. planticola</i>		



Morphological characteristics of *E. tarda* CW7 analyzed with a scanning electron microscope (magnification, ×20,000). (A) Normal cells. (B) VBNC cells. (C) Resuscitative cells.

Due et al., 2007: Retention of Virulence in a Viable but Nonculturable *Edwardsiella tarda* Isolate⁷

'Rain-making' bacteria found around the world

<http://www.hardydiagnostics.com/wp-content/uploads/2016/05/Ice-Forming-Bacteria.pdf>

Alcuni batteri fruttando la loro **capacità di promuovere il congelamento** a temperature «relativamente calde», causano danni da gelo alle cellule delle piante per nutrirsi del loro contenuto.

Secondo alcuni studi, tali batteri possono contribuire alla **formazione della pioggia e della neve (bioprecipitazioni)**.

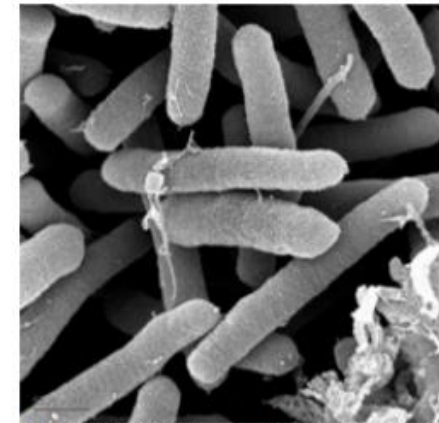
Prima che una nuvola possa dare origine alla pioggia o alla neve, devono formarsi gocce di pioggia o particelle di ghiaccio. Ciò richiede la presenza di minuscole particelle (aerosol) che fungono da **nuclei di condensazione**.

La maggior parte di queste particelle sono di origine minerale (polvere, fuliggine, ...), ma anche i microrganismi presenti nell'aria **(batteri, funghi, alghe)** possono fungere da **siti di nucleazione** per promuovere la formazione di gocce di acqua e ghiaccio.

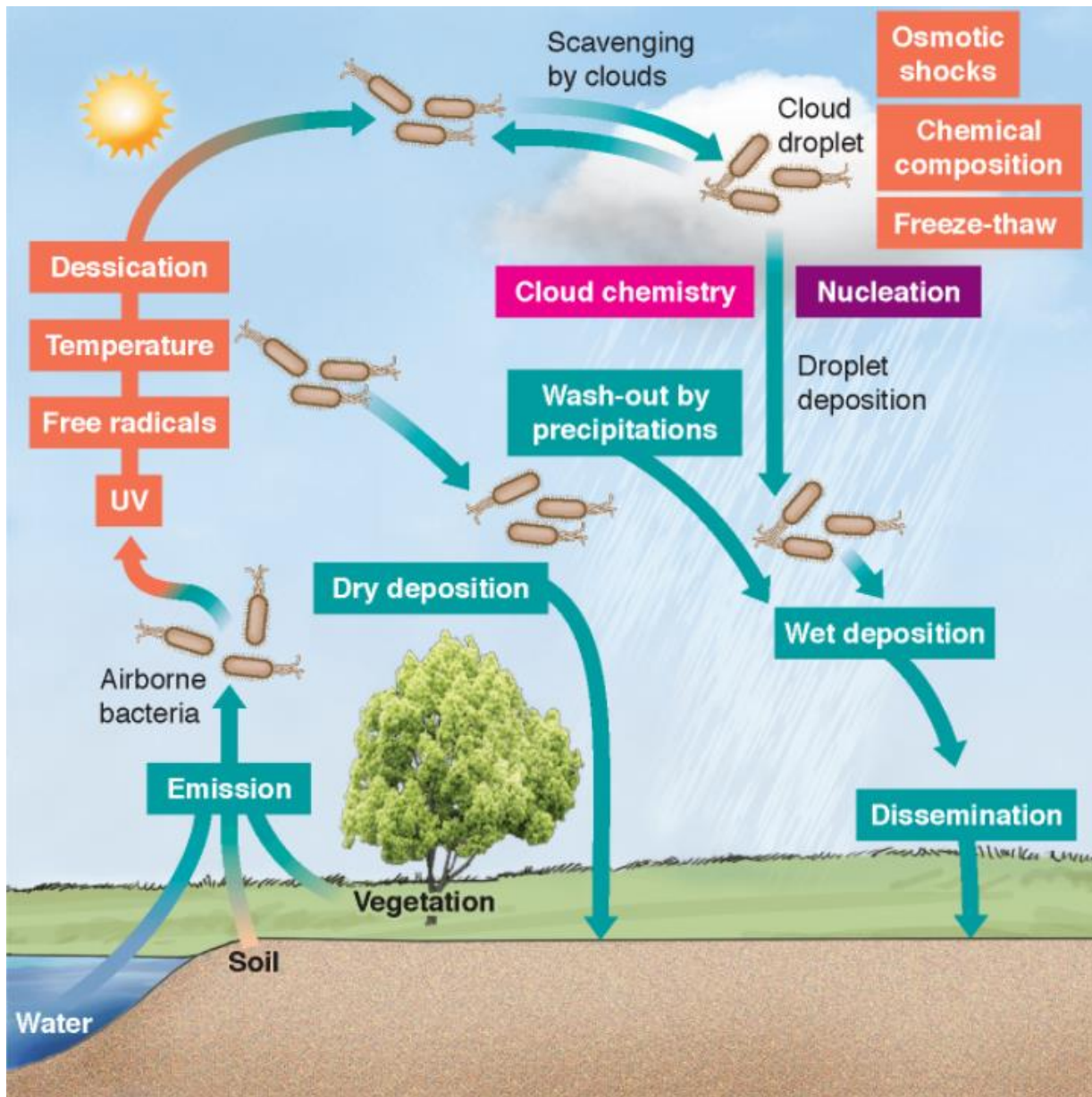
I cristalli di ghiaccio che si formano nelle nuvole crescono fino a quando non saranno abbastanza grandi da cadere sotto forma di pioggia o neve. A differenza degli aerosol minerali, gli **organismi viventi possono CATALIZZARE LA FORMAZIONE DI GHIACCIO** anche a temperature vicine a 0 °C.

Alcuni ricercatori hanno ipotizzato che i batteri presenti nell'atmosfera (ambiente estremo) potrebbero sfruttare la loro capacità di indurre il congelamento per ritornare più velocemente sulla terra.

Cambiamenti nell'uso del suolo, modificando la composizione microbica dell'atmosfera possono influenzare il regime delle precipitazioni e il clima in molti luoghi della terra.



Electron micrograph of *Pseudomonas syringae*, which produces a surface protein that serves as nuclei around which ice crystals form at warmer temperatures than usual.



Schematic representation of the life cycle of microorganisms in the atmosphere.

Microbes are emitted from surfaces (**water, soil, vegetation**), get airborne and transported upward by turbulent fluxes. They are subject to environmental conditions (indicated in red boxes) in the atmosphere that likely filter for the more resistant of them.

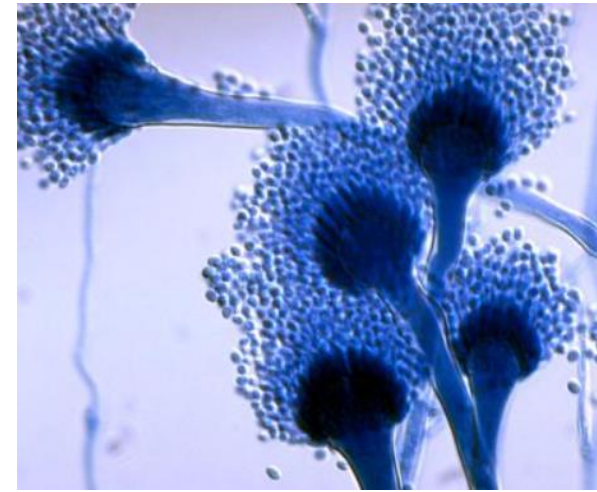
In cloud droplets, viable microorganisms can participate to the degradation of organic compounds, and some species can nucleate freezing and, in theory, induce precipitations. They are finally wet deposited and in a position for colonizing new environments.

FUNGHI NELL'ATMOSFERA

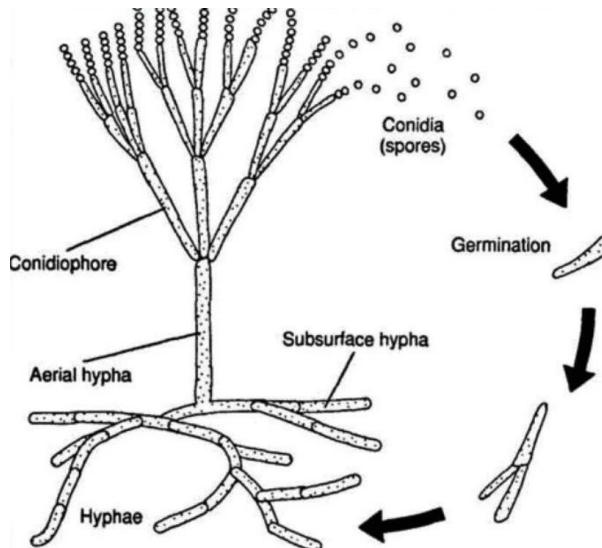
I **funghi (miceti)** sono ubiquitari

- Colonizzano suolo, piante, animali, acqua;
- Sono in grado di svilupparsi sfruttando diversi substrati (attivi degradatori: saprofiti);
- Riescono a svilupparsi anche in ambienti poveri di acqua (xerofili)
- Riescono a sopravvivere in condizioni estreme.

Mentre le cellule batteriche aerodisperse esistono principalmente come aggregati o attaccate al particolato (polvere di sabbia, etc.), i funghi aerodispersi esistono principalmente come singole spore.



Molte specie fungine hanno evoluto complessi meccanismi per diffondere nell'ambiente un gran numero di **spore**, anche grazie all'azione dei venti.



Miceti più abbondanti nell'atmosfera

Cladosporium

Penicillium

Aspergillus

Acremonium

Alternaria

Fusarium

Mucor

Rhizopus

...

Effetti sulla popolazione umana

L'esposizione a spore fungine aerotrasportate può indurre alcune patologie (allergie).

Cladosporium

Aspergillus

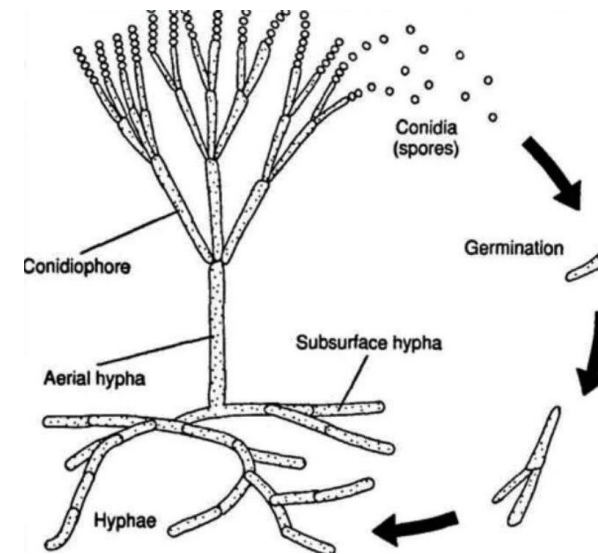
Fusarium

...

La distribuzione delle diverse specie fungine e la concentrazione delle loro spore sono condizionate dalle **condizioni meteorologiche ed ambientali**.

Sembra che le concentrazioni fungine nell'atmosfera seguano un **andamento stagionale**:

- **aumentano durante l'estate e l'autunno** (stato della vegetazione).
- **sono più basse nei periodi piovosi** e con **elevati tassi di umidità relativa**.



Fang et al. (2005). **Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China**. *Sci Total Environ.*, 350(1-3):47-58.

Essendo i funghi **più pesanti** e circa 10 volte **più grandi dei batteri**, la loro dispersione in alta quota è più difficile. Inoltre, la maggiore esposizione ai raggi UV ad alta quota aumenta la **morte cellulare** dei funghi non sporigeni.



La maggiore dimensione, che limita la dispersione, e la maggiore sensibilità alle radiazioni spiegano la **significativa diminuzione dei funghi ad altitudini più elevate**.

Els (2018). Beyond the planetary boundary layer: Bacterial and fungal vertical biogeography at Mount Sonnblick, Austria. *Geo: Geography and Environment*. 2019;e00069.

Furono studiati 3 siti di campionamento. I risultati dimostrarono che le concentrazioni fungine oscillavano tra **24** e **13.960** UFC (unità formanti colonia)/m³

Le concentrazioni erano più alte in **estate** ed **autunno** e più basse in primavera ed inverno.

Isolamenti più frequenti

Cladosporium, **Alternaria**, **Penicillium**, **Aspergillus**,

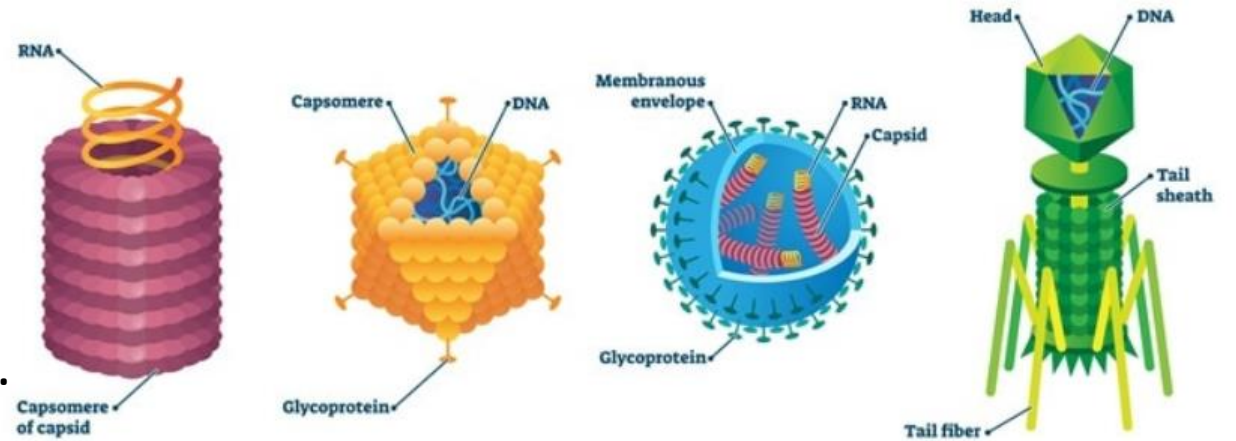
- **Cladosporium** → genere con le concentrazioni più alte;
- **Penicillium** → genere con il più alto numero di specie.

VIRUS NELL'ATMOSFERA

Molti virus sono in grado di sopravvivere nell'ambiente adesi a matrici diverse ed essere trasportati nell'atmosfera.

La **persistenza** dei virus nell'atmosfera dipende da diversi fattori.

- Tipo i virus
- Stato fisico (disperso o associato a particelle solide)
- Temperatura
- Umidità dell'aria
- Tipo di particolato sospeso
- Presenza di sostanze chimiche ad azione antivirale
- Radiazione solare (UV)
- ...



Data la loro piccola taglia, **tutti i virus** possono essere immessi nell'atmosfera, dove essi sono, di solito, adesi alle superfici di piccole particelle sia di origine naturale che antropica.



In relazione all'origine delle particelle, possono essere immessi nell'atmosfera virus diversi, provenienti dalle superfici di acque dolci e marine, dalle piante, dal suolo, dall'uomo, dagli animali, etc.

Anche **virus patogeni** per l'uomo possono essere veicolati dall'atmosfera.

Essendo l'atmosfera un sistema estremamente dinamico, i virus possono essere trasportati per migliaia di chilometri prima di depositarsi di nuovo sulla superficie terrestre.

I microrganismi aderiscono al materiale particolato aerodisperso

MATERIALE PARTICOLATO AERODISPERSO



Particelle atmosferiche di natura organica o inorganica, allo stato solido o liquido.

Le particelle sono capaci di **adsorbire** sulla loro superficie diverse sostanze con proprietà tossiche (solfati, nitrati, metalli e composti volatili).

Origine

fonti naturali

- incendi boschivi
- attività vulcanica
- polveri sollevate dal vento ed aerosol marini
- pollini e spore
- erosione di rocce

fonti antropogeniche

- traffico veicolare
- uso di combustibili solidi per il riscaldamento domestico
- residui dell'usura del manto stradale, dei freni e delle gomme delle vetture
- attività industriale

In funzione delle dimensioni, il particolato aerodisperso può essere classificato in:

- **PM₁₀**: diametro aerodinamico <10 µm
- **PM_{2,5}**: d.a. <2,5 µm
- **polveri ultrafini**: d.a. <0,1 µm

Associazione virus-particolato atmosferico

Il **particolato atmosferico** funziona da vettore (trasporto) per molti contaminanti chimici e biologici, tra cui i **virus**.

I virus possono restare "attaccati" al particolato (coagulazione) anche per diverse settimane.



Trasporto passivo su lunghe distanze.

Alcuni studi dimostrano che la trasmissione aerea, attraverso l'atmosfera, potrebbe diffondere i virus più efficientemente rispetto al contatto stretto con persone infette.

Relazione tra inquinamento atmosferico ed infezioni virali

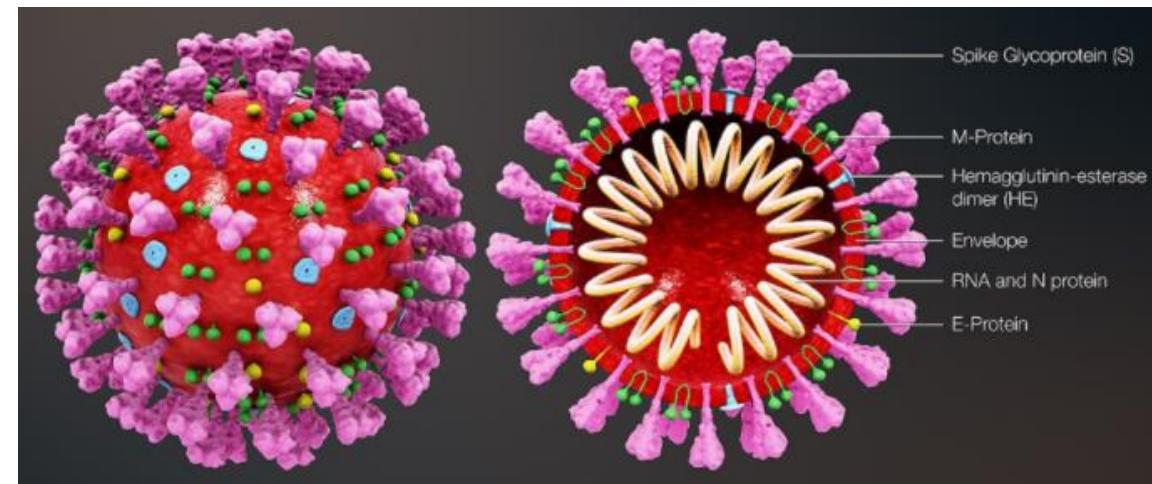
Assessing the relationship between surface levels of PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy

June 2020 · Science of The Total Environment 738:139825

DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.139825](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139825)

License · [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

● Maria Zoran · Roxana S. Savastru · Dan M. Savastru · ● M. Tautan




Associazione tra smog, che favorisce l'accumulo di PM_{2,5} e PM₁₀ nella parte bassa dell'atmosfera nelle stagioni fredde e secche, e numero di casi COVID-19 nella città di Milano.



Possibilità che il grado di inquinamento atmosferico e le condizioni climatiche locali possano accelerare la diffusione dei casi COVID-19.

Opinion

Novel Coronavirus: How Atmospheric Particulate Affects Our Environment and Health

Luigi Sanità di Toppi ^{1,*} , Lorenzo Sanità di Toppi ² and Erika Bellini ¹

Challenges 2020, 11, 6; doi:10.3390/challe11010006

Relazione tra inquinamento atmosferico, principalmente PM₁₀ e PM_{2,5} aerotrasportato, e la diffusione del nuovo coronavirus nel Nord Italia.

Questo studio ha evidenziato:

- una correlazione negativa tra **COVID-19** ed **umidità relativa dell'aria**, dimostrando che **l'aria secca favorisce la diffusione virale**;
- una correlazione positiva con la **temperatura dell'aria**, supportando l'ipotesi che **la stagione calda non blocca la diffusione della COVID-19**.

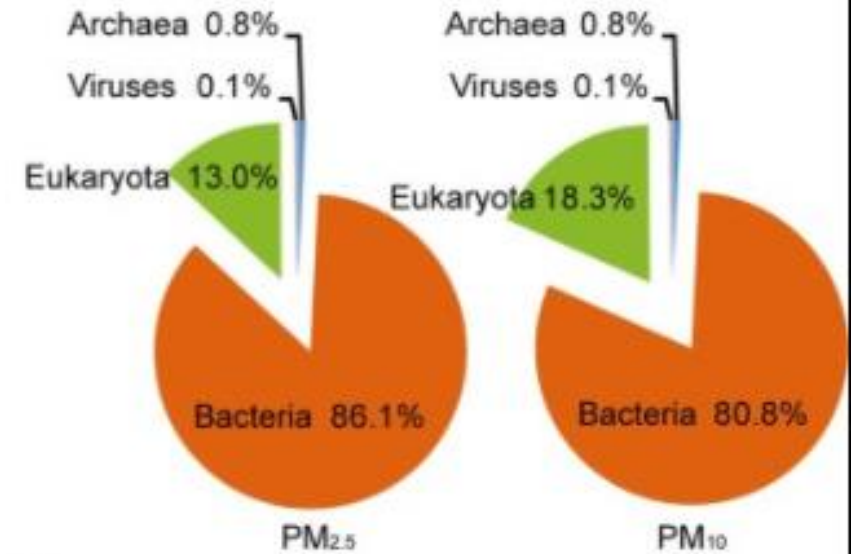
Inhalable microorganisms in Beijing's PM_{2.5} and PM₁₀ pollutants during a severe smog event

Chen Cao ¹, Wenjun Jiang, Buyang Wang, Jianhuo Fang, Jidong Lang, Geng Tian, Jingkun Jiang, Ting F Zhu

Nell'ambito delle comunità microbiche associate al PM è stata riscontrata una netta prevalenza dei **Bacteria**.

Bacteria (81% per PM_{2.5} e 86% per PM₁₀), seguiti da **Eukarya** (13% e 18%), **Archaea** (0.8%) e **virus** (0.1%).

È stato rilevato, inoltre, che la presenza di **adenovirus** umano, associato sia al PM_{2.5} che al PM₁₀, aumenta in funzione dell'inquinamento.



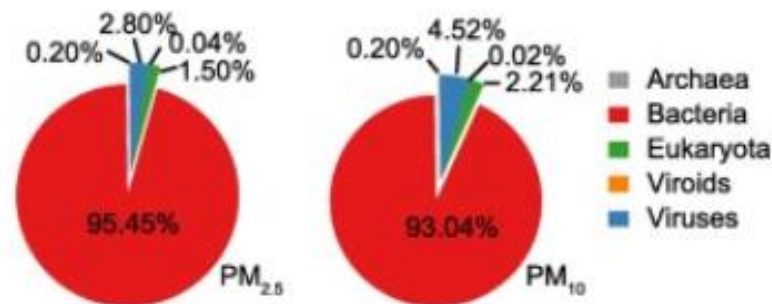
Longitudinal survey of microbiome associated with particulate matter in a megacity

Nan Qin ^{1 2}, Peng Liang ^{3 4}, Chunyan Wu ⁵, Guanqun Wang ⁴, Qian Xu ^{6 5}, Xiao Xiong ⁵, Tingting Wang ⁵, Moreno Zolfo ⁷, Nicola Segata ⁷, Huanlong Qin ⁶, Rob Knight ^{8 9 10}, Jack A Gilbert ^{11 12 13}, Ting F Zhu ¹⁴

Prevalenza di **Bacteria** (95.5% per PM_{2.5}, 93% per PM₁₀), seguiti da **virus** (2.8% e 4.5%) **Eukarya** (1.5% e 2.2%) ed **Archaea** (0.2%).

La **variabilità** dei microrganismi è risultata dipendere dalla **temperatura** e dall'**umidità**.

La **concentrazione** è risultata maggiore nel **periodo invernale** e durante i maggiori eventi di **inquinamento atmosferico** (smog).



TEMPESTE DI POLVERE

Le tempeste di polvere possono spostarsi per migliaia di Km nell'atmosfera ed avere effetti sugli ecosistemi delle zone colpite e sulla salute dei loro abitanti.

Secondo stime di Griffin et al. (2002), la **quantità di polveri** che si solleva nell'atmosfera terrestre, soprattutto sotto forma di **tempeste di polvere**, è pari a circa **2 miliardi di tonnellate/anno**.

- **Considerando che il suolo contiene almeno 1.000.000 batteri/g**
- Supponendo che nel corso di una tempesta di polvere ci siano **almeno 10.000 batteri/g di particelle** sospese nell'aria.
- Supponendo che nel corso di 1 anno si solleva nell'atmosfera **almeno 1 miliardo di tonnellate di particelle**.

Questi numeri si traducono in **10^{18} batteri** che vengono trasportati attorno al pianeta ogni anno: abbastanza da formare un ponte ininterrotto di microrganismi tra la Terra e Giove.

Le ricerche microbiologiche finora condotte hanno identificato numerosi **microrganismi patogeni** (**virus, batteri, funghi**) trasportati dalla polvere che si muovono su grandi distanze attraverso l'atmosfera.

Ripercussioni sulla **salute delle popolazioni** interessate dalla deposizione delle polveri.

Griffin et al. (2002). The Global Transport of Dust: An intercontinental river of dust, microorganisms and toxic chemicals flows through the Earth's atmosphere. American Scientist 90(3):228-235

Griffin (2007). Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health. Clinical Microbiology Reviews, 459-477



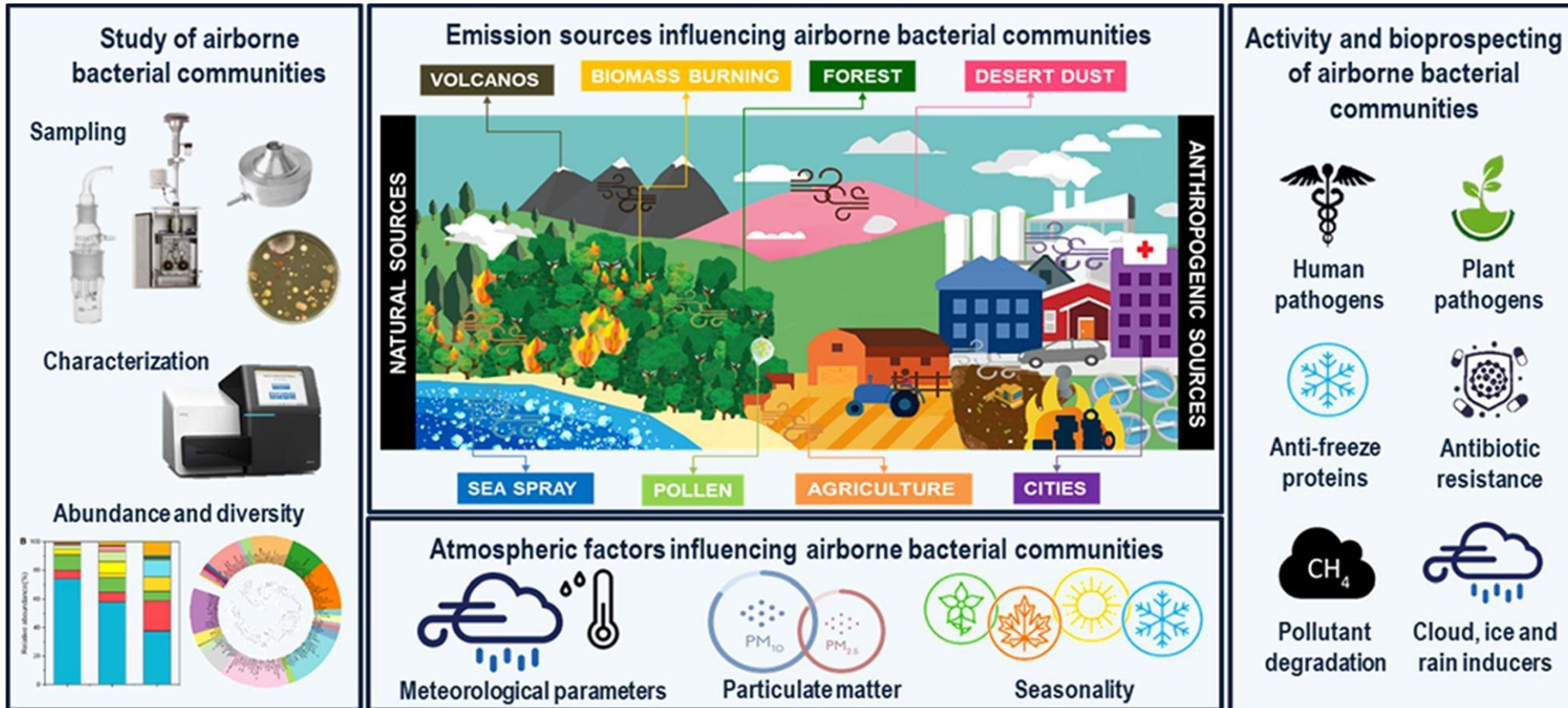
Mentre sono numerosi gli studi su aerosol ed inquinamento indoor da bioaerosol, pochi studi sono disponibili sul bioaerosol outdoor

Influenza su

- eventi climatici,
- salute degli ecosistemi,
- processi atmosferici.

L'AEROMICROBIOLOGIA, in futuro, avrà il compito di far luce su diversi aspetti ancora poco conosciuti del BIOAEROSOL:

- Concentrazione e composizione delle comunità microbiche nell'atmosfera;
- Fonti di emissioni di bioaerosol (naturali ed antropogeniche);
- Fattori atmosferici che influenzano le comunità microbiche;
- Effetti del bioaerosol sull'uomo (diffusione microrganismi patogeni, diffusione antibiotico-resistenza, etc.), sugli animali, sulle piante;
- Potenziali applicazioni tecnologiche dei microrganismi isolati dall'atmosfera o dei loro prodotti.



Ruiz-Gil et al. (2020). Airborne bacterial communities of outdoor environments and their associated influencing factors. Environment International, 145, 106156.