

EVS 3520

Microbiologie Environnementale

Dr. Danielle Fortin
Département des Sciences de la Terre
(Marion 215, poste 6423)
email: dfortin@uottawa.ca

Chapitre 1: Les microorganismes de l'environnement

- Introduction
- Principes d'écologie microbienne
- Classification des bactéries,
virus, algues, champignons, protozoaires

Interfaces avec d'autres disciplines de microbiologie

- microbiologie aquatique et qualité des eaux
- microbiologie des sols
- microbiologie industrielle
- biotechnologie
- bioremédiation
- santé alimentaire
- santé publique

Microbiologie environnementale

- Domaine de recherche qui a débuté dans les années 1970
- Domaine intimement relié à l'écologie microbienne, laquelle s'intéresse aux interactions entre les microorganismes et l'environnement qui les entoure (l'eau, l'air, le sol, etc..)
- Comment peut-on utiliser nos connaissances en écologie microbienne et en bénéficier?

L'importance de l'écologie microbienne

1. Les microbes jouent un rôle important dans les grands cycles biogéochimiques, ils sont très petits (μm) mais très abondants
2. Interactions entre microorganismes: consortium, assemblages, communautés. (compétition, symbiose, prédation)
3. Interactions des microorganismes avec plantes et animaux (e.g. rhizosphère, flore intestinale, microbes qui "sautent" entre espèces...)

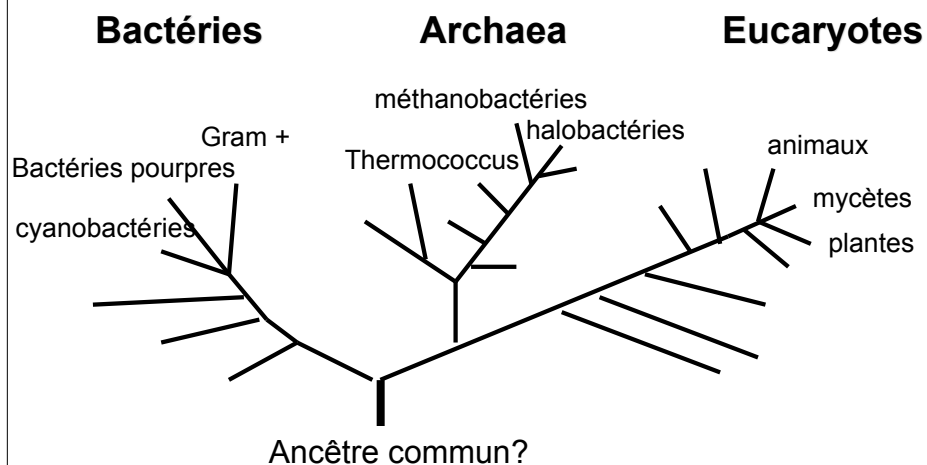
Buts de l'écologie microbienne

1. Comprendre quels types de microbes sont dans quels environnements
2. Combien sont-ils?
3. Que font-ils et que sont leurs fonctions?
4. Comment survivent-ils?
5. Qu'est-ce qui contrôle leur activité et leur abondance?
6. Quel rôle jouent-ils dans les cycles biogéochimiques
7. Comment les microbes changent ou transforment chimiquement et physiquement l'environnement

Les microorganismes

- Grande diversité d'organismes microscopiques. Ils se retrouvent pratiquement dans tous les habitats (air, eau, glace, sols, sédiments, organismes ...)
- Grande diversité métabolique: bactéries en particulier, peuvent utiliser pratiquement n'importe quel substrat comme source d'énergie et de C (e.g. acides humiques aux plastiques...)
- 3 domaines (« tree of life »): Prokaryotes (eubacteries), eucaryotes, archaeobacteries

“Tree of life”



Classification basée sur leur source d'énergie

- Carbone organique et inorganique
- **Autotrophes:** carbone inorganique
 - Lithotrophes (chimioautotrophes)
 - Ils obtiennent leur énergie et leur carbone de sources inorganiques (CO_2) ou de l'oxydation de composés inorganiques (Fe(II))
 - *Acidithiobacillus*
 - Phototrophes (oxygéniques et anoxygéniques)
 - Ils utilisent l'énergie solaire
 - Cyanobactéries (eau)
 - Bactéries vertes ou pourpres ($\text{H}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{S}$)

Classification basée sur leur source d'énergie

- **Hétérotrophes:** ils obtiennent leur énergie de substrats organiques simples
 - organotrophes utilisent une gamme de composés organiques dans le processus de décomposition (anaérobie et aérobie), hydrates de carbone, acides organiques, etc.
 - **mixotrophes** ont la capacité de passer de l'autotrophie à l'hétérotrophie dépendant des conditions environnementales

Classification basée sur leur habitat

- Présence ou absence d'oxygène : aérobique et anaérobique
- suspendus dans l'eau = plancton (e.g. phytoplancton, bacterioplancton)
- communautés attachées sur une surface ou biofilms: periphyton, épiphyton, épilithon, epipélon, endolithon
- environnements extrêmes: thermophiles (haute T) vs psychrophiles (basse T), barophiles (haute pression), halophiles (haute salinité), acidophiles et alkalophiles
 - Ex: *Acidithiobacillus ferrooxidans* (pH ~ 2)
 - Ex: *thermus aquaticus* (T ~ 80 C)

Classification basée sur la taille (microorganismes aquatiques)

- femtoplancton (< 0.2 μm) = "colloïdes", virus
- picoplancton (0.2 - 2 μm) = bactéries, cyanobactéries, prochlorophytes, eucaryotes
- nanoplancton (2.0 - 20 μm) = "algues", cyanobactéries, protozoaires, fungi, "marine snow"
- microplancton (20 - 200 μm) = "algues" surtout formes coloniales, protozoaires (ciliés), rotifers
- (macroplancton (200 - 2000 μm) = pas considérés comme des microbes, grandes algues coloniales, ciliés, rotifers, crustacés)

Classification taxonomique

- virus	→	acellulaires
- bactéries	→	procaryotes
- mycètes	→	eucaryotes
- algues	→	"
- protozoaires	→	"

Les microorganismes se retrouvent dans 4 règnes

Classification des bactéries selon Bergey*:

- Vol. 1. Bactéries Gram-négatives d'importance médicale et commerciale
- Vol. 2. Bactéries Gram positives d'importance médicale et commerciale
- Vol. 3. Autres bactéries Gram-négatives (phototrophiques, glissantes, avec bourgeonnement et enbranchement, cyanobactéries, lithotrophes, archéobactéries)
- Vol. 4. Actinomycètes filamenteuses et bactéries apparentées

* le manuel est considéré comme l'autorité principale en taxinomie bactérienne

Problèmes avec la taxonomie microbienne

- la notion d'espèce
- la grande majorité des "espèces" n'ont jamais été isolées et cultivées en laboratoire, ce qui est essentiel pour l'identification. Certaines bactéries sont considérées "incultivables"
- outils moléculaires sont en train d'améliorer rapidement la situation

1. Virus

- petits (18 nm-400 nm) parasites intracellulaires
- généralement spécifique à l'espèce de bactéries infectée (bactériophages, cyanophages), plantes (affectant récoltes comme tabac, pomme de terre, tomate...), animaux (chez l'homme, grippe, gastroentérite, rage, hépatite, fièvre jaune, sida, etc...)
- Abondants dans l'air, l'eau, les sols
- Dans l'eau, aussi abondants que les bactéries ($\sim 10^6$ /mL)

1.1 Écologie des virus dans l'environnement

- les phages ont un impact important sur les populations de bactéries (contrôle des populations) et le transfert d'information génétique entre ces populations
- dans l'eau, la grande majorité des virus ne sont pas des pathogènes pour l'homme, mais certains virus sont transmis par le biais de l'eau et peuvent poser des problèmes avec l'eau potable (e.g. hépatite A) parce qu'ils ne sont pas détruits par le chlore

2. Bactéries hétérotrophes

- dans l'eau: abondance totale ($10^4 - 10^6$ /mL) énumération directe par épifluorescence (DAPI, Acridine Orange, FITC).
 - cellules individuelles
 - sur des particules ou "neige marine", matières fécales,
 - interface air - eau
 - surfaces externes et internes des animaux et plantes
- dans les sédiments & sols terrestres (énumération directe $1-60 \times 10^9$ cells/g poids sec)

2.1 Écologie bactérienne

- abondance totale liée à l'apport de matière organique (corrélations avec MO, biomasse des algues ou phosphore total, etc.)
- abondance totale sur une échelle de temps ou d'espace courte peut être limitée par le broutage des protozoaires
- Taille dépend de la présence de nutriments: petites cellules dans les milieux oligotrophes; plus grosses cellules en culture

3. Bactéries photosynthétiques anoxygéniques

- bactéries pourpres et vertes: bactéries photosynthétiques
- utilise le H_2S (parfois H_2) comme source d'électrons
- Précipitation de soufre élémentaire à l'intérieur ou à l'extérieur de la cellule

4. Bactéries photosynthétiques oxygéniques

- Cyanobactéries (petites picocyanobactéries des océans et des lacs jusqu'à 10^5 cells/mL, espèces plus grandes des lacs et estuaires eutrophes, formes coloniales macroscopiques, certains espèces capables de fixer N_2 atmosphérique)
- Prochlorophytes (petit picoplancton, découverts début 90, très abondants et répandus en mer)

5. Algues

- Dans l'eau, l'abondance est de 10^3 - 10^4 cellules/mL,
- Vivent en suspension comme plancton ou attachées aux surfaces (roches, bois, plantes supérieures, tortues...) comme périphyton, ou en symbiose avec protozoaires, invertébrés)
- diversité énorme; beaucoup n'ont pas été identifiées ou mises en culture

5.1 Les grandes divisions

- Diatomées (des milliers d'espèces caractérisées par une paroi cellulaire de Si, qui se préserve bien dans les sédiments et qui peut être utilisée pour reconstruire les conditions environnementales du passé). Quelques espèces toxiques.
- Algues vertes (beaucoup d'espèces et source préférée de nourriture des invertébrés, abondantes dans les cours d'eau enrichis, attachées aux roches). Aucune espèce toxique mais certaines impliquées dans les problèmes de qualité d'eau potable (mauvais goût, odeur)

5.1 Les grandes divisions

- Chrysophytes (algues jaunes et brunes typiques des lacs oligotrophes ou colorés). Quelques espèces toxiques marines ("marées brunes"), en eau douce responsable des problèmes d'odeur et de goût l'eau potable. Beaucoup d'espèces mixotrophiques, de phagotrophiques)
- Cryptophytes (cellules avec flagelles, pigments accessoires similaires aux algues rouges et cyanobactéries, abondantes dans les lacs et les cours d'eau)
- Dinoflagellés (cellules avec flagelles parfois couvertes de plaques organiques, plusieurs espèces toxiques, marées rouges en zone côtière sur tous les continents ("paralytic shell-fish poisoning"))

6. Protozoaires

- Répandus dans l'eau ($10^1 - 10^4$ /mL) et les sols
- affinité taxonomique avec les divisions d'algues (chrysophytes, cryptophytes sont reclassifiées dans le règne Protista)
- bactivores, algivores
- forme la chaîne alimentaire microbienne ou "boucle" microbienne
- quelques pathogènes importants de l'homme transmis par l'eau: *Giardia*, *Cryptosporidium*. Certains sont résistants au chlore

7. Mycètes microscopiques

- Importants, particulièrement dans les milieux terrestres
- en compétition pour les bactéries pour le MO
- deuteromycètes, ascomycètes, basidiomycètes (quelques espèces avec la capacité unique de dégrader la lignine)
- moisissures/pourritures blanches, brunes, bleues du bois
- pathogènes des plantes
- Moisissures: problème majeur de la qualité de l'air, la nourriture, la santé publique en générale