



**FICHE DU MODULE
B245**

MICROBIOLOGIE

Enseignant responsable :B. Azzaoui

1_Description du module

— La bactériologie:

Chapitre 1: Les microbes

- * Histoire de la microbiologie.
- * place des microbes dans le monde vivant.

Chapitre 2: Morphologie et structure des bactéries

Classification des bactéries.

Chapitre 3 : Physiologie bactérienne

- * Nutrition et types trophiques ;
- * croissance bactérienne;
- * Métabolisme des bactéries.

—> Notions de génétique bactérienne

—> Virologie.

2_Bibliographie:

- Cours de microbiologie générale (A.Meyer,J.Deiana,H.Leclere)
- Génétique bactérienne(R.Cumin).
- Initiation à la microbiologie(N.Marchal).
- Précis de Microbiologie(S.Lambin,A.German).
- Elément de microbiologie(S.Lambin,A.German

La bactériologie

- Chapitre I : Les microbes .
- Chapitre II: Morphologie et structure des bact.
- Chapitre III: Physiologie bactérienne:
 - * Nutrition;
 - * Métabolisme;
 - * Croissance.

Chapitre.I: **Les microbes**

I /Histoire de la Microbiologie:

Microorganismes utilisés

produire conserver

les aliments

vin(préhistoire) lait fermenté les fromages

RQ:pas de mise en évidence des micoorganismes,faute de technicité

I.1/ Les origines :

- Antony Van Leeuwenhoek → La loupe 1715

1/ diversité des microorganismes.

2/ Richesse des milieux naturels → eau

Protozoaires

Algues

Levures

Bactéries

I.2/L'époque Pastorienne:

a/Les fermentations:

- Etude scientifique → Schwann 1836



Présence des microorganismes
dans les milieux en fermentation

- 1854 ,Louis Pasteur : → F.Lactique
- F.alcoolique(vin)
- F.butyrique → F.acétique



Destruction des contaminants

= germes.

Bactéries Parasites Champignons Virus



Chauffage répété à 56°c alterné par des
Périodes de refroidissement brusques

=pasteurisation

=Stérilisation

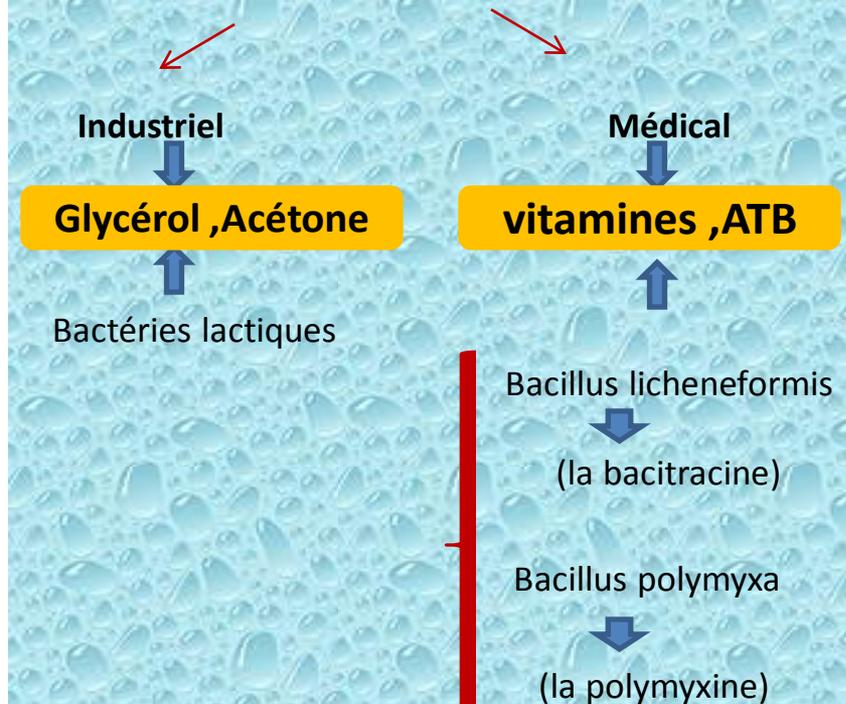
•1861 Pasteur

① Métabolisme en anaérobiose(- O₂)



② Milieu préférentiel

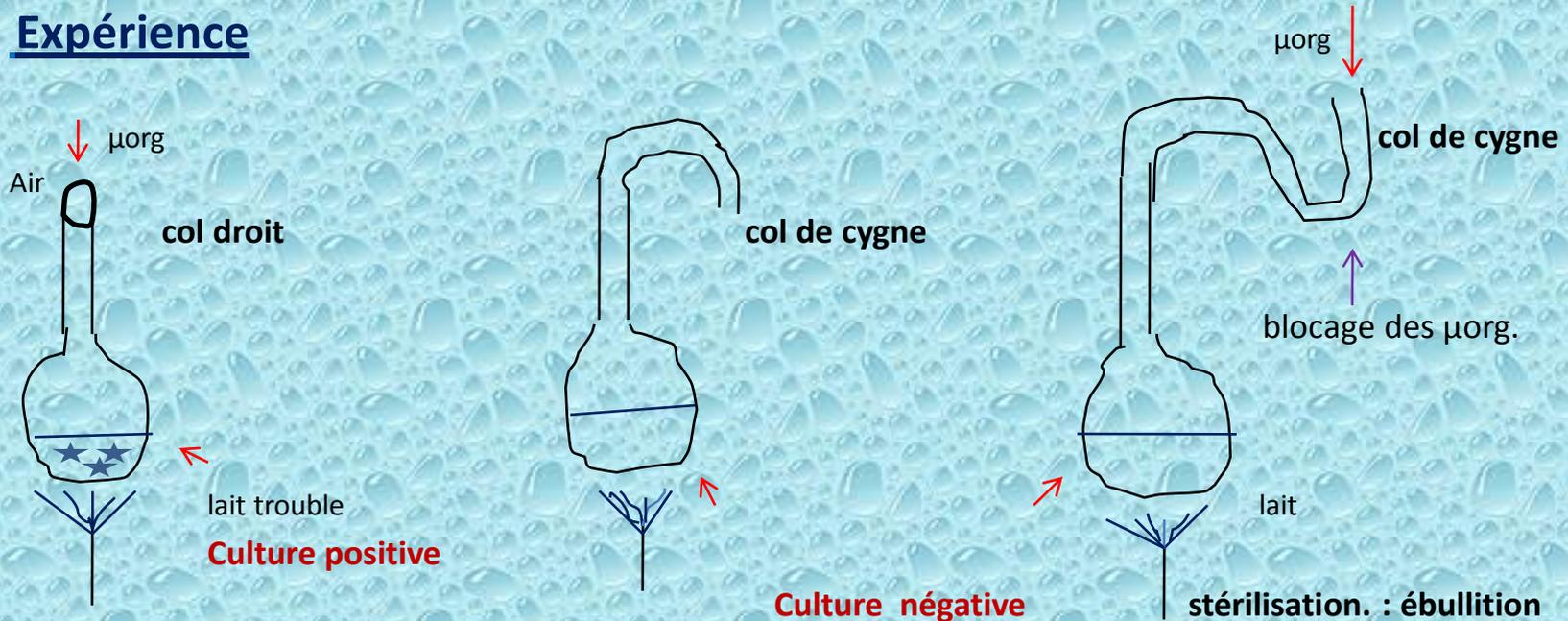
Fermentation élargie aux produits non comestibles



b/La génération spontanée

Thèse: μ org proviennent de la transformation de la matière organique

Expérience



Conclusion 1: Les germes se trouvent dans l'air.

C.générale: Les germes ne pvt apparaitre spontanément,mais existent dans notre environnement.

C/La bactériologie médicale:

➔ Contrôle des maladies infectieuses:

- Peste
 - Choléra
 - Variole
- ➔ fardeau à la médecine

Louis Pasteur et Robert Koch (1843_1910)

=

fondateurs de la bactériologie médicale.

Epidémies mortelles des populations

Origine inconnue

maladies contagieuses

Moyens indirect de contagion → **Snow , 19^{ème} siècle:** relation entre choléra et eau

1^{er} agent infectieux suspecté

=

Syphilis 16^{ème} siècle(origine surnaturelle).

→ Reconnaissance des agents infectieux:

- 1^{er} agents=champignons

*mycoses du ver à soie → **Bassi 1836.**

*mycoses humaines → **Schonlein 1839.**

1^{ère} bactérie pathogène → **Koch 1876.**

=

bactérie de charbon=Anthrax

=***Bacillus anthracis***

- **Identification:**

Techniques d'isolement

Coloration(microscope)

Lister et

Koch



Koch 1882 : Bacille de la tuberculose

=

Bacille de Koch

• Postulat de Koch:

Germe=agent pathogène

- *Présent dans la lésion de la maladie;
- *Isolé dans un milieu de culture artificiel;
- *Inoculation de la culture à un animale sain → maladie;
- * μ org. Réisolé à partir de la lésion de l'animale

Postulat rejeté

- *Virus
 - *Rickettsies
- } non cultivables sur milieu artificiel, mais spécifique cellulaire.

Travaux de Koch

Bactéries pathogènes de l'Homme

- Vibrio du choléra.
- Bacilles
 - de la typhoïde
 - de la diphtérie
 - du tétanos
- Coques
 - Pneumocoque
 - Staphylocoque
 - Streptocoque
 - Gonocoque

—> **Les vaccinations**
prévention des maladies infectieuses

Vaccin=germe

— Virulence +Pouvoir immunogène

Atténuation des agents pathogènes avant
inoculation

* **Age des cellules** : vieillissement par plusieurs
repiquages successifs milieu de culture
espacés de plusieurs mois —> **Vaccin du cholera**

*** Traitement à la chaleur des germes:**

42°C à 43°C → Organismes incapables de sporuler.

→ Vaccin du **charbon**

*** Desséchement à l'air** (plusieurs semaines).

→ Vaccin de la **rage**

*** Hôte inhabituel:**

→ vaccin **antituberculeux : BCG**
(Calmette et Guérin)

D/Naissance et développement d'autres sciences:

→ **Immunologie:** Metchnikoff 1845 _ 1916



Immunité cellulaire ← → Phagocytose

→ **Virologie:** * **Iwanowski 1892** → Virus de
la mosaïque du tabac: VMT

* **1900** → Virus de la fièvre jaune
(animaux)

* **1916** → Virus des bactéries
= bactériophages

* Etude approfondie des virus → microscope électronique

→ **Parasitologie** → **Laveran 1880**

Plasmodium (plasmodium) malariae → Algérie

→ **Conclusion:**

La microbiologie → développement

* La médecine

* L'immunologie

* La génétique

* La biologie moléculaire

* La biotechnologie

TABLEAU - 1
Principales étapes et découvertes de la microbiologie

Découvertes ou études	Auteurs	Date
- Premier microscope	Van Leeuwenhoek	1715
- La fermentation alcoolique dans le traité élémentaire de chimie	Lavoisier	1789
- Utilisation de la vaccine pour se protéger de la variole	Jenner	1796
- Etude qualitative et quantitative de la fermentation alcoolique (complétant les études de Lavoisier)	Gay-Lussac	1815
- Nature biologique des fermentations	Cagniard-Latour (France)	1836
- L'asymétrie moléculaire (acide tartrique)	Schwann et Kutzing (Allemagne)	1846
- Agent de la maladie du charbon épidémique et rôle des micro-organismes dans la genèse des maladies	Pasteur	1850
- Fermentation lactique	Rayer et Davaine	1857
- Etude de la fermentation alcoolique	Pasteur	1858
- Mise en évidence des germes dans l'atmosphère	Pasteur	1859
- La fermentation butyrique - l'anaérobiose	Pasteur	1861
- Etudes sur le vinaigre	Pasteur	1861-64
- Antisepsie chirurgicale, asepsie	Lister	1865
- Etude sur le vin	Pasteur	1868
- Acides nucléiques	Mischer	1868
- Techniques de fixation et de coloration des bactéries	Koch	1875
- Etude sur la bière	Pasteur	1876
- Stérilisation par la chaleur humide sous pression (autoclave)	Pasteur et Chamberland	1877
- Spores, application aux méthodes de stérilisation		
- Tyndallisation	Tyndall	1877
- Choléra des poules, immunisation par des cultures atténuées	Pasteur	1880
- Vaccination anti-charbonneuse - expérience publique de Pouilly-le-Fort		
- Méthodes d'isolement sur milieu solide	Pasteur	1881
- Etudes sur le rouget du porc	Koch	1881
- <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Pasteur	1882
- Emploi de l'agar	Koch	1882
- <i>Vibrio cholerae</i>	Mme Hesse	1882
- Vaccination contre la rage	Koch	1883
- Méthode de coloration différentielle des bactéries	Pasteur	1884
- <i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Gram	1884
- <i>Salmonella typhi</i>	Loeffler	1884
- Staphylocoques et Streptocoques	Gaffky	1884
- Application du traitement antirabique à l'homme	Rosenbach	1884
- <i>E. coli</i>	Pasteur	1885
- Boîte dite de Pétri	Escherich	1885
- <i>Neisseria meningitidis</i>	Petri	1887
- Bactéries fixatrices de l'azote et symbiotiques des légumineuses	Weichselbaum	1887
- <i>Clostridium tetani</i>		
- Bactéries nitrifiantes du sol, nature biologique de la nitrification	Beijerinck	1888
- <i>Clostridium perfringens</i>	Kitasato	1889
- <i>Yersinia pestis</i>		
- Bactéries réductrices des sulfates	Winogradsky	1890
- Rôle des enzymes dans le pouvoir fermentaire	Welch et Nuttall	1892
- <i>Clostridium botulinum</i>	Yersin et Kitasato	1894
- Existence des virus	Beijerinck	1895
- <i>Shigella dysenteriae</i>	Buchner	1897
- Vaccin antitétanique	Van Ermengen	1897
- Les bactériophages	Beijerinck	1898
- Vaccin contre la tuberculose BCG	Shiga	1898
- Transformation des pneumocoques		
- Les anatoxines	Twort	1915
- Cristallisation du virus de la mosaïque du tabac	Calmette et Guérin	1928
- L'ADN est le support des caractères génétiques	Griffith	1928
- Recombinaisons génétiques	Ramon	1930
- Transduction	Stanley	1935
- Schéma général de la conformation spatiale de l'ADN	Avery, MacLeod, MacCarty	1944
- Théorie du code génétique	Lederberg et Tatum	1946
- Structure en double hélice de l'ADN (Prix Nobel)	Zinder et Lederberg	1952
- Théorie des gènes	Watson et Crick	1953
- Mise au point des techniques de manipulation génétique	Gamow et par Watson et Crick	1954
- Expression d'un gène dans une bactérie	Crick et Watson	1962
- Vaccin contre l'hépatite B	Carlson	1966
- Séquençage du chromosome III de la levure	Cohen, Chang, Boyer, Helling	1973
		1974
		1980
		1991

TABEAU 4
Principales étapes et découvertes de la microbiologie

Découvertes ou études	Auteurs	Date
- Premiers microscopes	Van Leeuwenhoek	1715
- La fermentation alcoolique dans le traité élémentaire de chimie	Lavoisier	1789
- Utilisation de la vaccine pour se protéger de la variole	Jenner	1796
- Étude qualitative et quantitative de la fermentation alcoolique (complétant les études de Lavoisier)	Gay Lussac	1815
- Nature biologique des fermentations	Cagniard-Latour (France) Schwann et Kützing (Allemagne)	1836 1846
- L'asymétrie moléculaire (acide tartrique)		
- Agent de la maladie du charbon épidémique et rôle des micro-organismes dans la genèse des maladies	Rayer et Davaine	1850
- Fermentation lactique	Pasteur	1857
- Étude de la fermentation alcoolique	Pasteur	1858
- Mise en évidence des germes dans l'atmosphère	Pasteur	1859
- La fermentation butyrique - l'anaérobiose	Pasteur	1861
- Études sur le vinaigre	Pasteur	1861-64
- Antisepsie chirurgicale, aseptie	Lister	1865
- Étude sur le vin	Pasteur	1868
- Acides nucléiques	Mischer	1868
- Techniques de fixation et de coloration des bactéries	Koch	1875
- Étude sur la bière	Pasteur	1876
- Stérilisation par la chaleur humide sous pression (autoclave)	Pasteur et Chamberland	1877
- Spores, application aux méthodes de stérilisation		
- Tyndallisation	Tyndall	1877
- Choléra des poules, immunisation par des cultures atténuées	Pasteur	1880
- Vaccination anti-charbonneuse - expérience publique de Pouilly-le-Fort		
- Méthodes d'isolement sur milieu solide	Pasteur	1881
- Études sur le rouget du porc	Koch	1881
- <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Pasteur	1882
- Emploi de l'agar	Koch	1882
- <i>Vibrio cholerae</i>	Mme Hesse	1882
- Vaccination contre la rage	Koch	1883
- Méthode de coloration différentielle des bactéries	Pasteur	1884
- <i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Gram	1884
- <i>Salmonella typhi</i>	Loeffler	1884
- Staphylocoques et Streptocoques	Gaffky	1884
- Application du traitement antirabique à l'homme	Rosenbach	1884
- <i>E. coli</i>	Pasteur	1885
- Boîte dite de Pétri	Escherich	1885
- <i>Neisseria meningitidis</i>	Petri	1887
- Bactéries fixatrices de l'azote et symbiotiques des légumineuses	Weichselbaum	1887
- <i>Clostridium tetani</i>	Beijerinck	1888
- Bactéries nitrifiantes du sol, nature biologique de la nitrification	Kitasato	1889
- <i>Clostridium perfringens</i>		
- <i>Yersinia pestis</i>	Winogradsky	1890
- Bactéries réductrices des sulfates	Welch et Nuttall	1892
- Rôle des enzymes dans le pouvoir fermentaire	Yersin et Kitasato	1894
- <i>Clostridium botulinum</i>	Beijerinck	1895
- Existence des virus	Buchner	1897
- <i>Shigella dysenteriae</i>	Van Ermengen	1897
- Vaccin antitétanique	Beijerinck	1898
- Les bactériophages	Shiga	1898
- Vaccin contre la tuberculose BCG		1914
- Transformation des pneumocoques	Twort	1915
- Les anatoxines	Calmette et Guérin	1920
- Cristallisation du virus de la mosaïque du tabac	Griffith	1928
- L'ADN est le support des caractères génétiques	Ramon	1930
- Recombinaisons génétiques	Stanley	1935
- Transduction	Avery, MacLeod, MacCarty	1944
- Schéma général de la conformation spatiale de l'ADN	Lederberg et Tatum	1946
- Théorie du code génétique	Zinder et Lederberg	1952
- Structure en double hélice de l'ADN (Prix Nobel)	Watson et Crick	1953
- Théorie des gènes	Gamow et par Watson et Crick	1954
- Mise au point des techniques de manipulation génétique	Crick et Watson	1962
- Expression d'un gène dans une bactérie	Carlson	1966
- Vaccin contre l'hépatite B	Cohen, Chang, Boyer, Helling	1973
- Séquençage du chromosome III de la levure		1974
		1980
		1991

II/Place des microbes dans le monde vivant:

→ Classification des règnes animal et végétal:

Caractères		Végétaux	Animaux
Structuraux	Paroi	Existe	Non
	Chloroplaste	existe	non
Physiologiques	Source d'énergie	Lumière	Matière organique
	Réserve nutritive	Amidon	Graisse, glycogène
	Mouvement	Non	Existe
	Source de carbone	CO ₂	Matière organique

→ Place des microbes

- **Protozoaires** → Animaux (mobiles, pas de plastes)
- **Algues et champignons** → Végétaux immobiles + plastes
- **Les bactéries** → Règne végétal (arbitrairement)

forme intermédiaire(+caractères microbiologiques)

1886 Haecke : 3^{ème} règne = Les Protistes = Les microbes

Protozoaires + Champignons + Algues + bactéries.

Protiste = org. unic.
org. pluric.

-différenciation cellulaire
+pouvoir autonome de reproduction

- 1950 → Microscope électronique → Cellule eucaryote
→ Cellule Procaryote

→ Classification

- **R.Végétal:** Plantes vasculaires
Bryophyte
- **R.Animal:** Animaux ou Métazoaires
- **R.Protistes:** P.suprs = eucaryotes
 - * Algue(-les algues bleu-vert)
 - * Protozoaires
 - * ChampignonsP.infrs = Procaryotes
 - * Algues bleu-vert = Cyanophycée
 - * BactériesArchéobactéries: ni Procaryotes
ni eucaryotes
- **Les Virus :** Organismes non cellulaires.

Eucaryotes

Procaryotes

→ **Microbiologie = mycologie + parasitologie + bactériologie.**

TABLEAU 2
Principaux caractères des cellules eucaryotes et procaryotes

Structure	Eucaryote	Procaryote
APPAREIL NUCLEAIRE		
Structure	Au repos une membrane nucléaire règle les échanges avec le cytoplasme	Pas de membrane nucléaire, le noyau est diffus dans le cytoplasme
Composition	ADN associé à des histones	ADN , pas d'histones
Génophores	Nucléaires, mitochondriales, chloroplastiques	Nucléaires, plasmidiques
Organisation	Plusieurs chromosomes, visibles au moment de la division	Chromosome circulaire enchevêtré (aspect fibrillaire)
Chromosomes	Forme et nombre variables caractéristiques de l'espèce	En général unique
Reproduction		
Type	Division binaire de la cellule	Division binaire de la cellule
Division nucléaire	Mitose (appareil mitotique)	amitotique
Reproduction sexuée	Par fusion de 2 cellules reproductrices	Rare et très variée
Fusion nucléaire	Formation d'un zygote diploïde à l'origine d'échanges génétiques	Conjugaison sans fusion cellulaire, transfert partiel de matériel génétique d'une cellule donatrice à une réceptrice
Division nucléaire réductrice	Possible : méiose	Absente
CYTOPLASME		
Structure	Complexe par le réticulum endoplasmique	Pas de réticulum endoplasmique
Mouvement	Continuellement en état de cyclose	Pas de courants cytoplasmiques
Ribosomes	Très nombreux, libres (80 S) ou sur les systèmes membranaires internes	Très nombreux, libres (70 S)
Autres organites	Présents (mitochondries, golgi, lysosomes, etc.)	Absents
Respiration	Par des organites spécialisés : mitochondries	Enzymes localisées au niveau de la membrane cytoplasmique
Photosynthèse présence chez :	Algues	Cyanobactéries (ex. algues bleu-vert) et quelques bactéries photosynthétiques
Organites spécialisés	Chloroplastes	Pas de chloroplastes, présence de chromatophores ou de systèmes membranaires
PAROI		
Présence	Inconstante	Constante, quelquefois réduite
Rôle principal	Protection	Protection
Constitution	Réseau macromoléculaire. Pas de mucopolysaccharide Algues vertes : cellulose Champignons : chitine	Réseau macromoléculaire muréine . Pas de muréine chez les Archéobactéries (composition variable)

TABLEAU 4
Principaux caractères des cellules eucaryotes et procaryotes

Structure	Eucaryote	Procaryote
APPAREIL NUCLÉAIRE		
Structure	Au repos une membrane nucléaire régie les échanges avec le cytoplasme	Pas de membrane nucléaire, le noyau est diffus dans le cytoplasme
Composition	ADN associé à des histones	ADN, pas d'histones
Génophores	Nucléaires, mitochondriales, chloroplastiques	Nucléaires, plasmidiques
Organisation	Plusieurs chromosomes, visibles au moment de la division	Chromosome circulaire enchevêtré (aspect fibrillaire)
Chromosomes	Forme et nombre variables caractéristiques de l'espèce	En général unique
Reproduction		
Type	Division binaire de la cellule	Division binaire de la cellule
Division nucléaire	Mitose (appareil mitotique)	amitotique
Reproduction sexuée	Par fusion de 2 cellules reproductrices	Rare et très variée
Fusion nucléaire	Formation d'un zygote diploïde à l'origine d'échanges génétiques	Conjugaison sans fusion cellulaire, transfert partiel de matériel génétique d'une cellule donatrice à une réceptrice
Division nucléaire réductrice	Possible : méiose	Absente
CYTOPLASME		
Structure	Complexe par le réticulum endoplasmique	Pas de réticulum endoplasmique
Mouvement	Continuellement en état de cyclose	Pas de courants cytoplasmiques
Ribosomes	Très nombreux, libres (80 S) ou sur les systèmes membranaires internes	Très nombreux, libres (70 S)
Autres organites	Présents (mitochondries, golgi, lysosomes, etc.)	Absents
Respiration	Par des organites spécialisés : mitochondries	Enzymes localisées au niveau de la membrane cytoplasmique
Photosynthèse présence chez :	Algues	Cyanobactéries (ex. algues bleu-vert) et quelques bactéries photosynthétiques
Organites spécialisés	Chloroplastes	Pas de chloroplastes, présence de chromatophores ou de systèmes membranaires
PAROI		
Présence	Inconstante	Constante, quelquefois réduite
Rôle principal	Protection	Protection
Constitution	Réseau macromoléculaire. Pas de mucopeptide Algues vertes : cellulose Champignons : chitine	Réseau macromoléculaire muréine . Pas de muréine chez les Archéobactéries (composition variable)

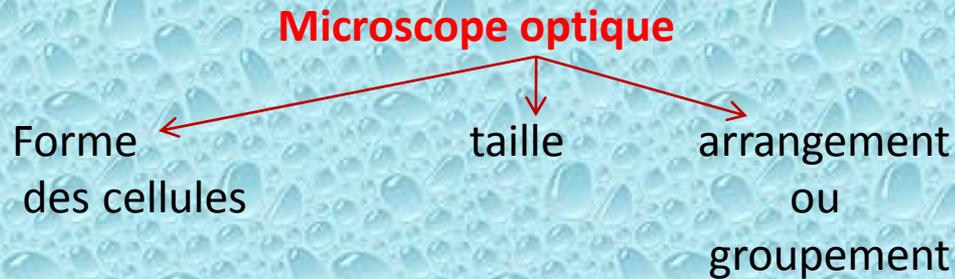
Chapitre II: **Morphologie et structure des bactéries**

Bactéries=le plus petit organisme

+Métabolisme

capable de croitre et de
se diviser au dépend
des substances nutritives

I/ Morphologie cellulaire:(TP.3)



I.1/Taille:

* Virus < **bactérie** < algues unicellulaires ou protozoaires

* **Bâtonnets**: 1à10µm =Longueur; diamètre=0,5à2µ.

* **Cocci** : Diamètre =1à2 µm.

* Spirochètes:500µm → taille d'une algue.

* **Chlamydies**:0,5µm → taille<<gros virus

I.2/Formes et arrangement:

a /Forme sphérique:PL.3.



mode de division → groupements ≠

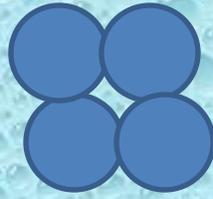
Diplococcus



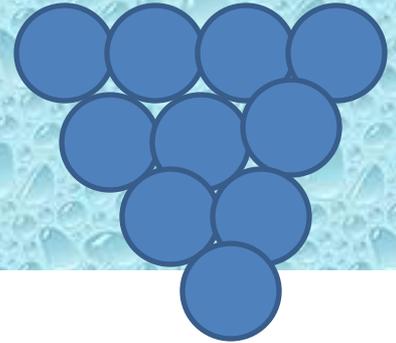
Streptococcus

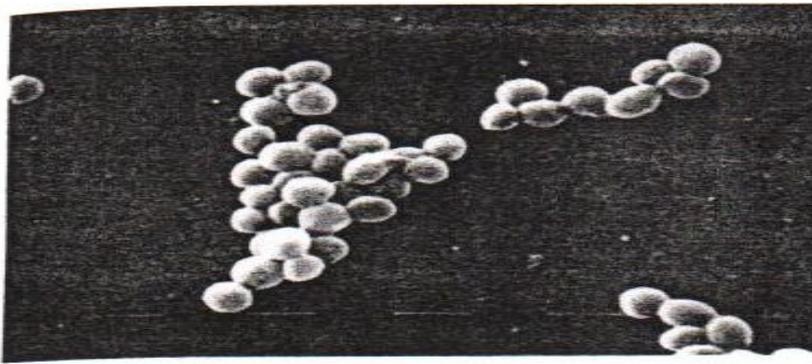


Tétrade

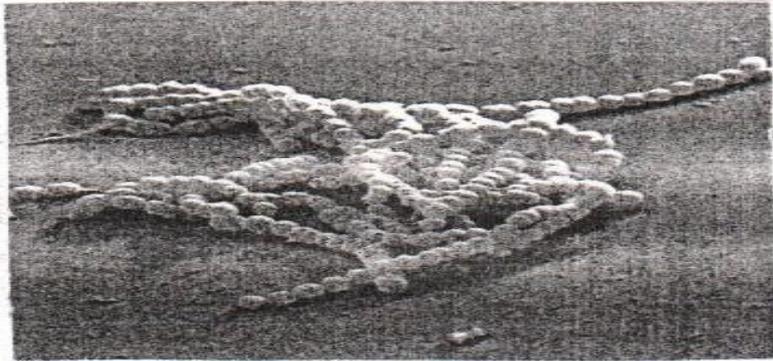


Staphylococcus

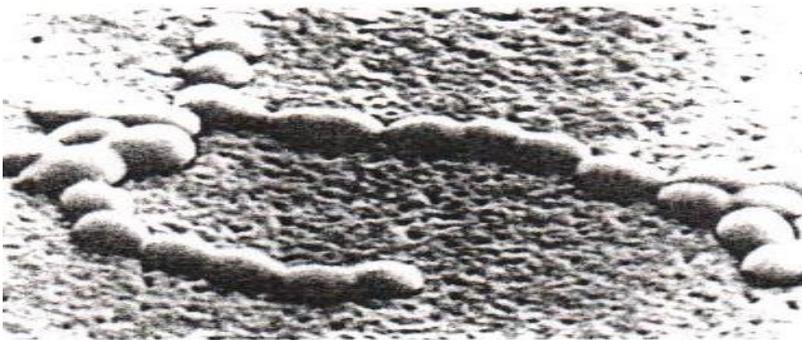




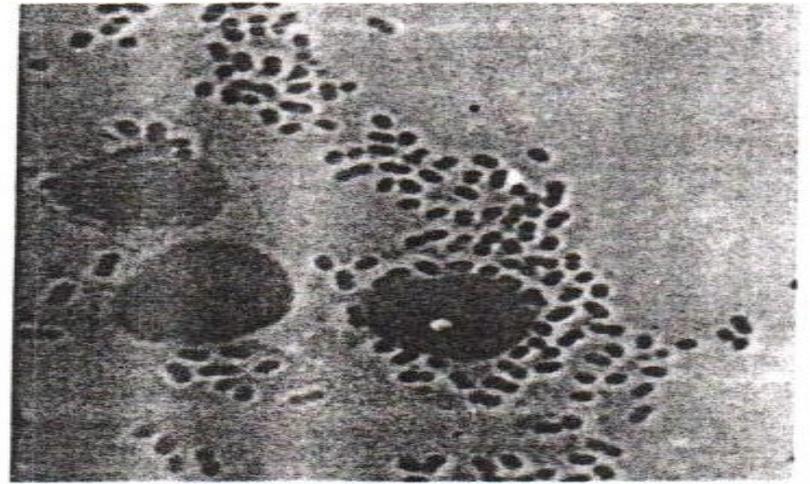
a



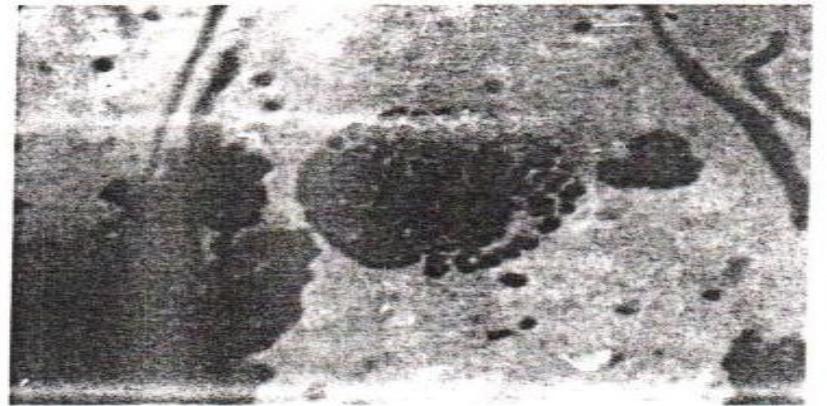
b



c



d



e



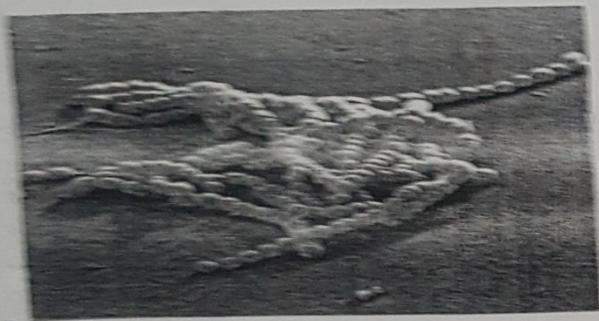
f

Fig. 1 — Morphologie bactérienne : les cocci.

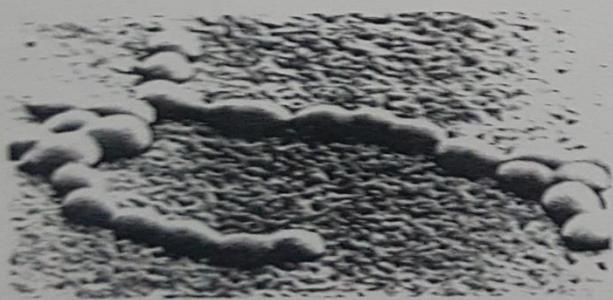
a : *Staphylococcus aureus* ; b : *Streptococcus agalaxiae* ; c : *Streptococcus faecalis* ; d : *Diplococcus pneumoniae* ; e : *Neisseria meningitidis* ; f : *Neisseria gonorrhoeae* (photos a et f reproduites avec l'aimable autorisation du Pr. Monteil, Strasbourg).



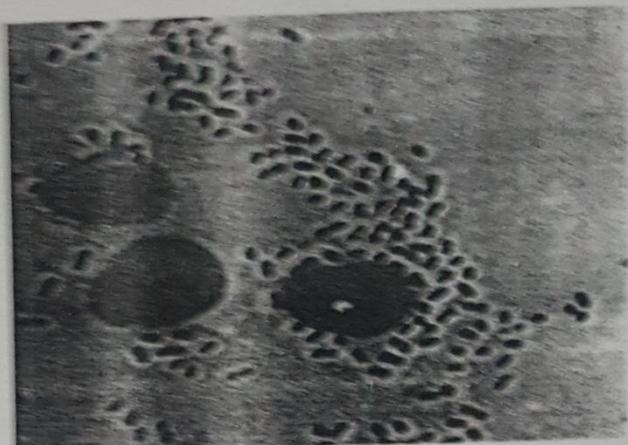
a



b



c



d



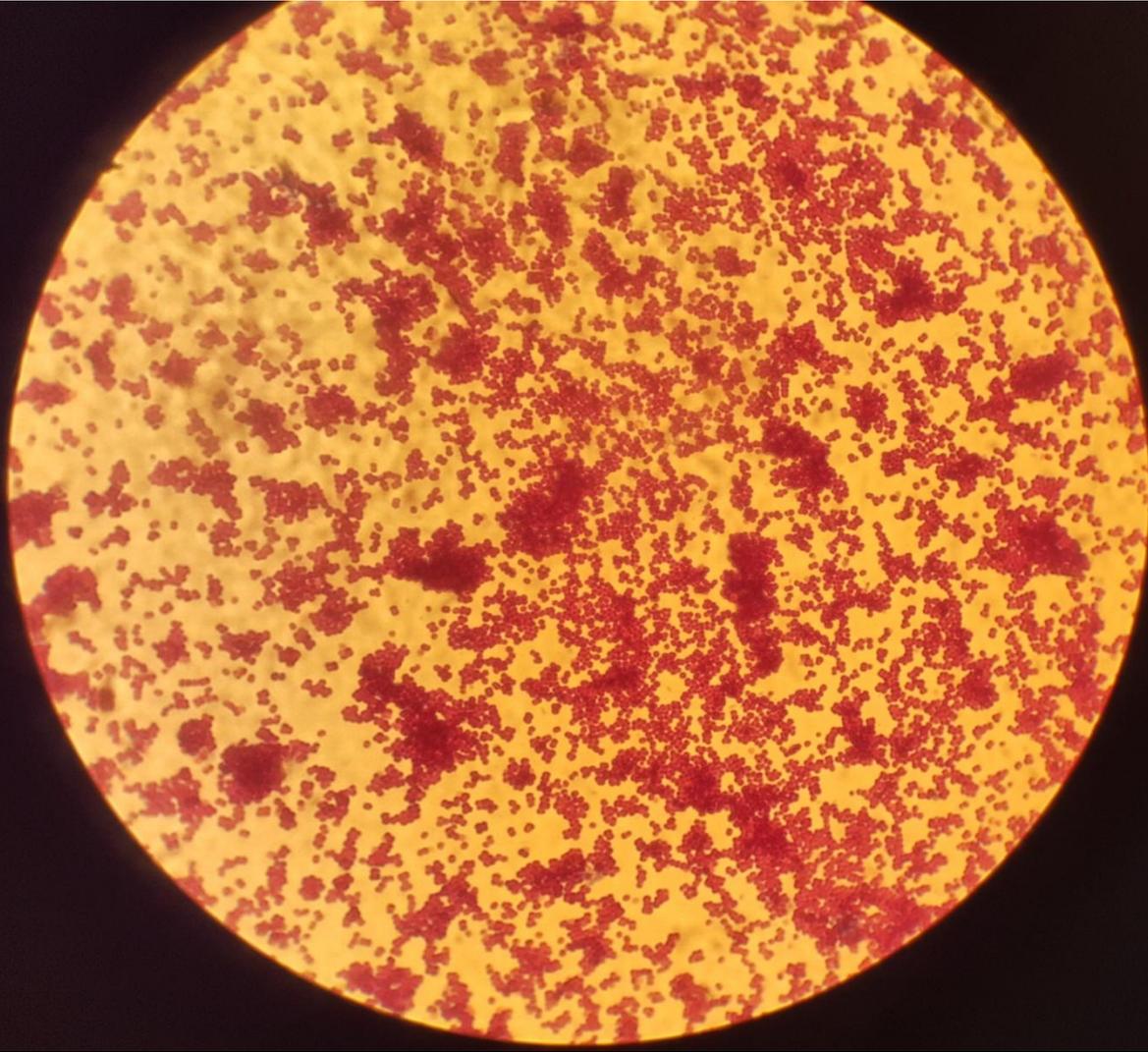
e



f

Fig. 1 - Morphologie bactérienne : les cocci.
a : *Staphylococcus aureus* ; b : *Streptococcus agalaxiae* ; c : *Streptococcus faecalis* ; d : *Diplococcus pneumoniae* ; e : *Neisseria meningitidis* ; f : *Neisseria gonorrhoeae* (photos a et f reproduites avec l'aimable autorisation du Pr. Monteil, Strasbourg).

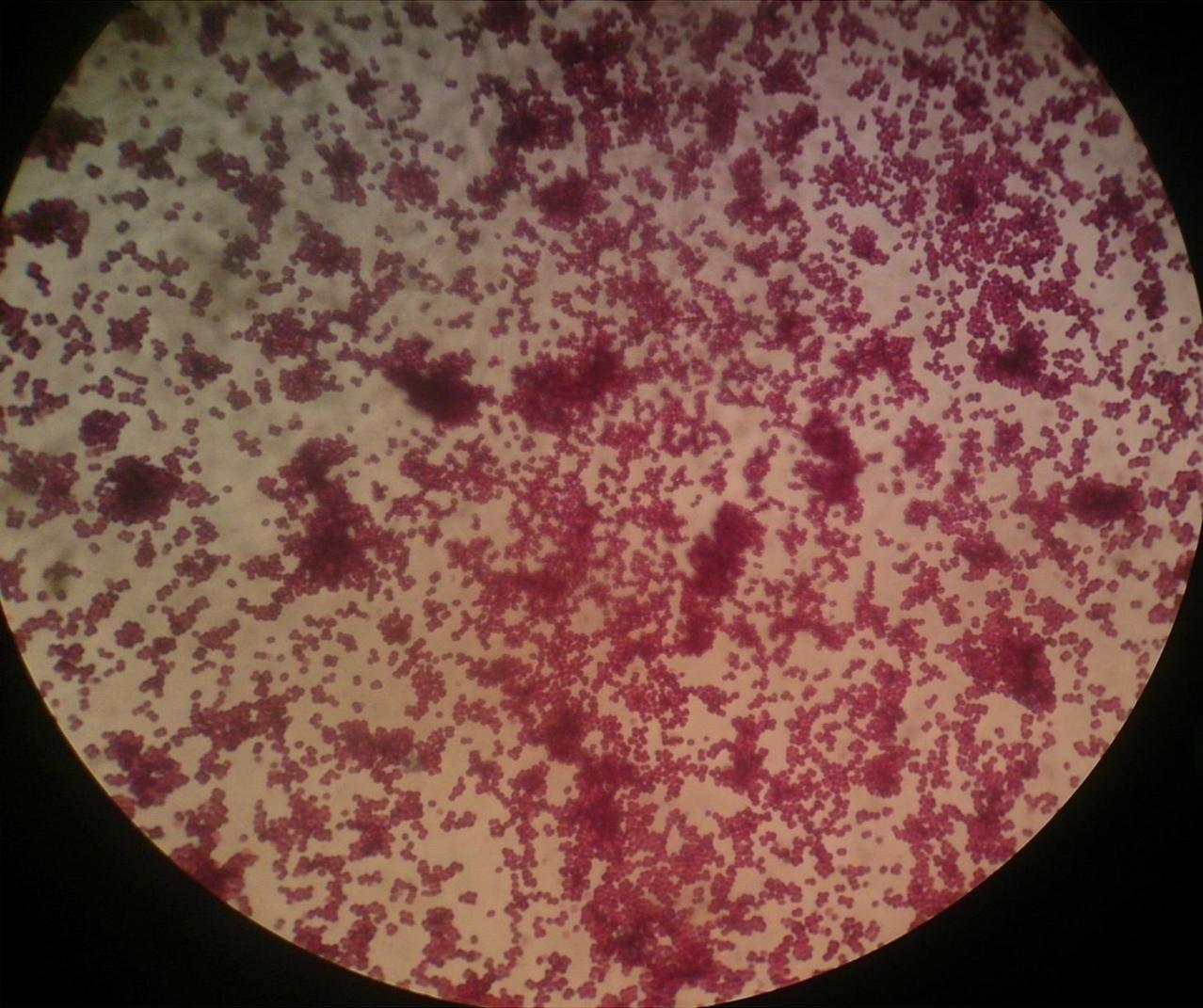
Observation au microscope optique du Staphylococcus: Cocci gram+ en grappe de raisin: laboratoire de microb.FST.Errachidia





Observation au microscope optique du Staphylococcus: Cocci gram+ en grappe de raisin: laboratoire de microb.FST.Errachidia

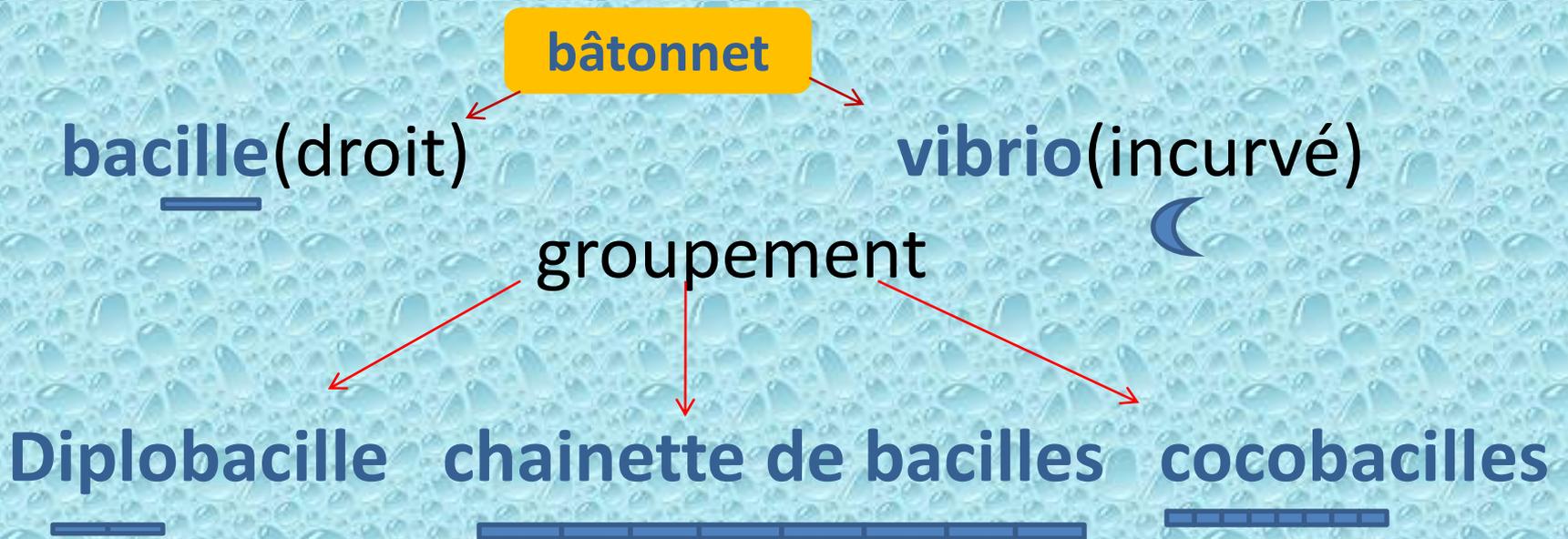
**Observation au microscope optique du Staphylococcus: Cocci gram+
en grappe de raisin: laboratoire de microb.FST.Errachidia**





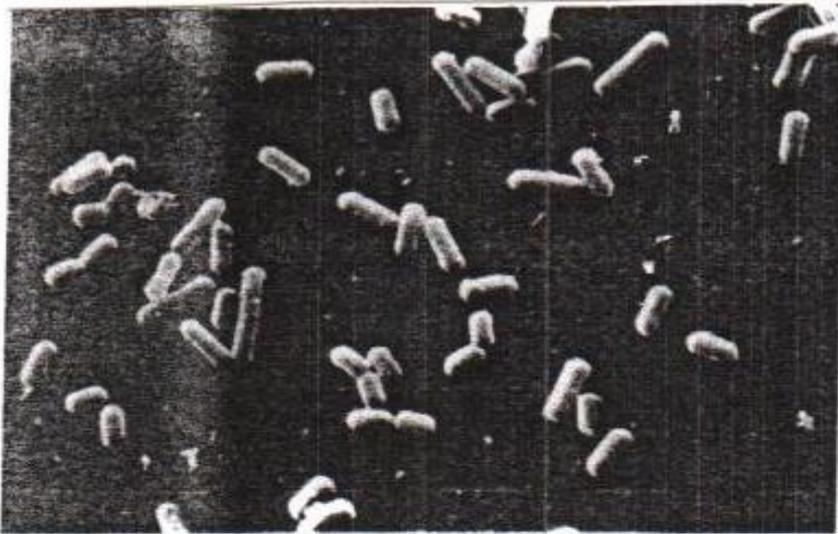
**Observation au microscope optique du Staphylococcus: Cocci gram+
en grappe de raisin: laboratoire de microb.FST.Errachidia**

b/Forme cylindrique



c/Forme spiralée ou hélicoïdale:

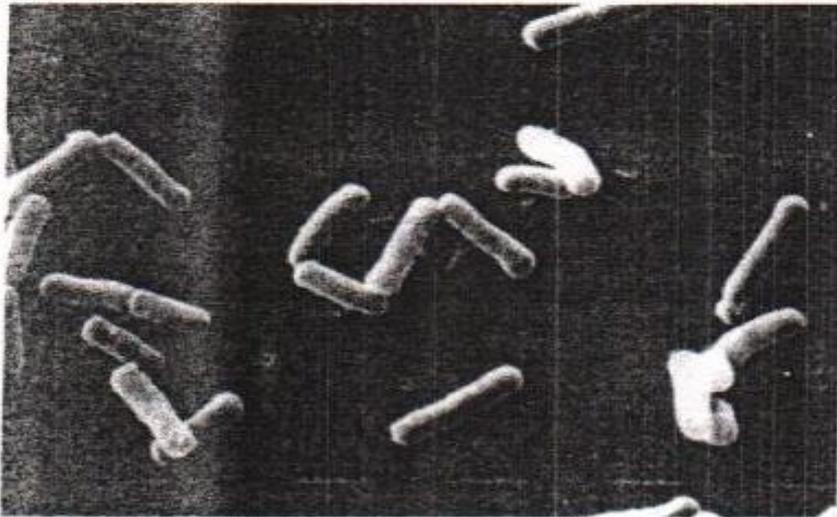




a



b



c



d

Fig. 2 – Morphologie bactérienne : les bacilles.

a : *Listeria monocytogenes* ; b : *Bacillus subtilis* ; c : *Proteus vulgaris* ; d : *Vibrio cholerae*.

Les traits au bas de la photo valent 1 μm (photo reproduite avec l'aimable autorisation du Pr. Monteil, Strasbourg).

d/Autres formes:

→ Forme pédonculée → *Caulobacter*.

→ Forme filamenteuse → bactéries

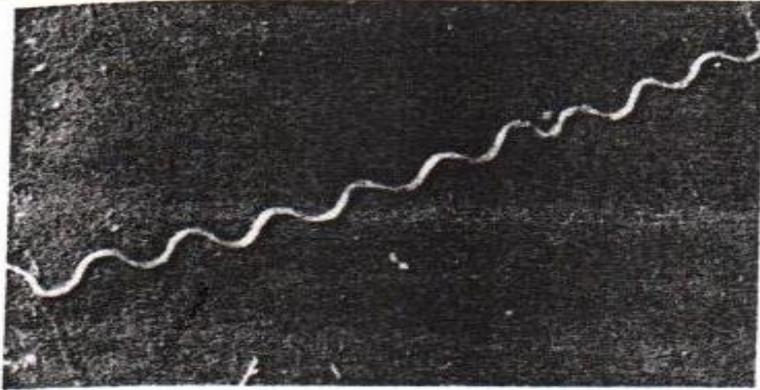
ferrugineuses

↓
Sphaerotilus.

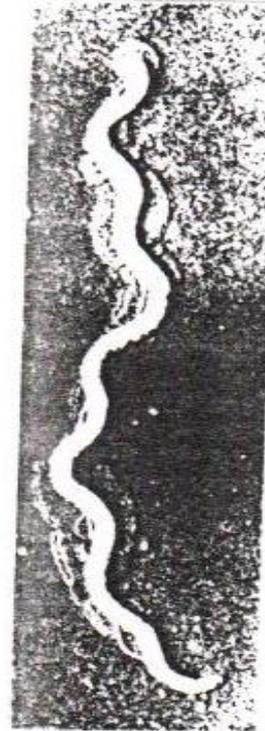
→ Forme mycélienne:

* A peine ramifiée → *Mycobactéries*.

* Nettement ramifiée → *Actinomycètes*.

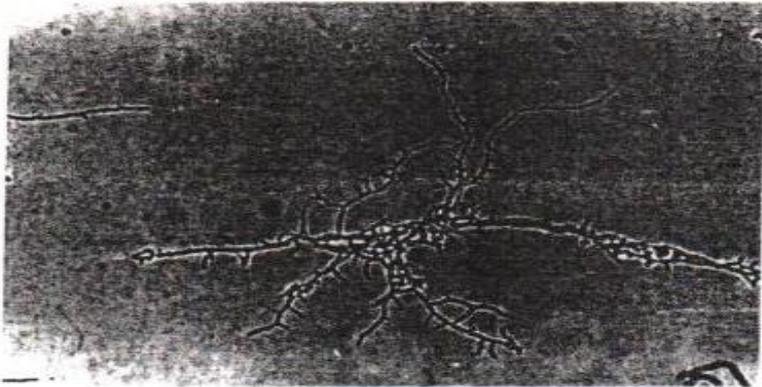


a



b

Fig. 3 – Morphologie bactérienne : les spirochètes.
a : *Treponema pallidum* ; b : *Leptospira zuelzeri*.



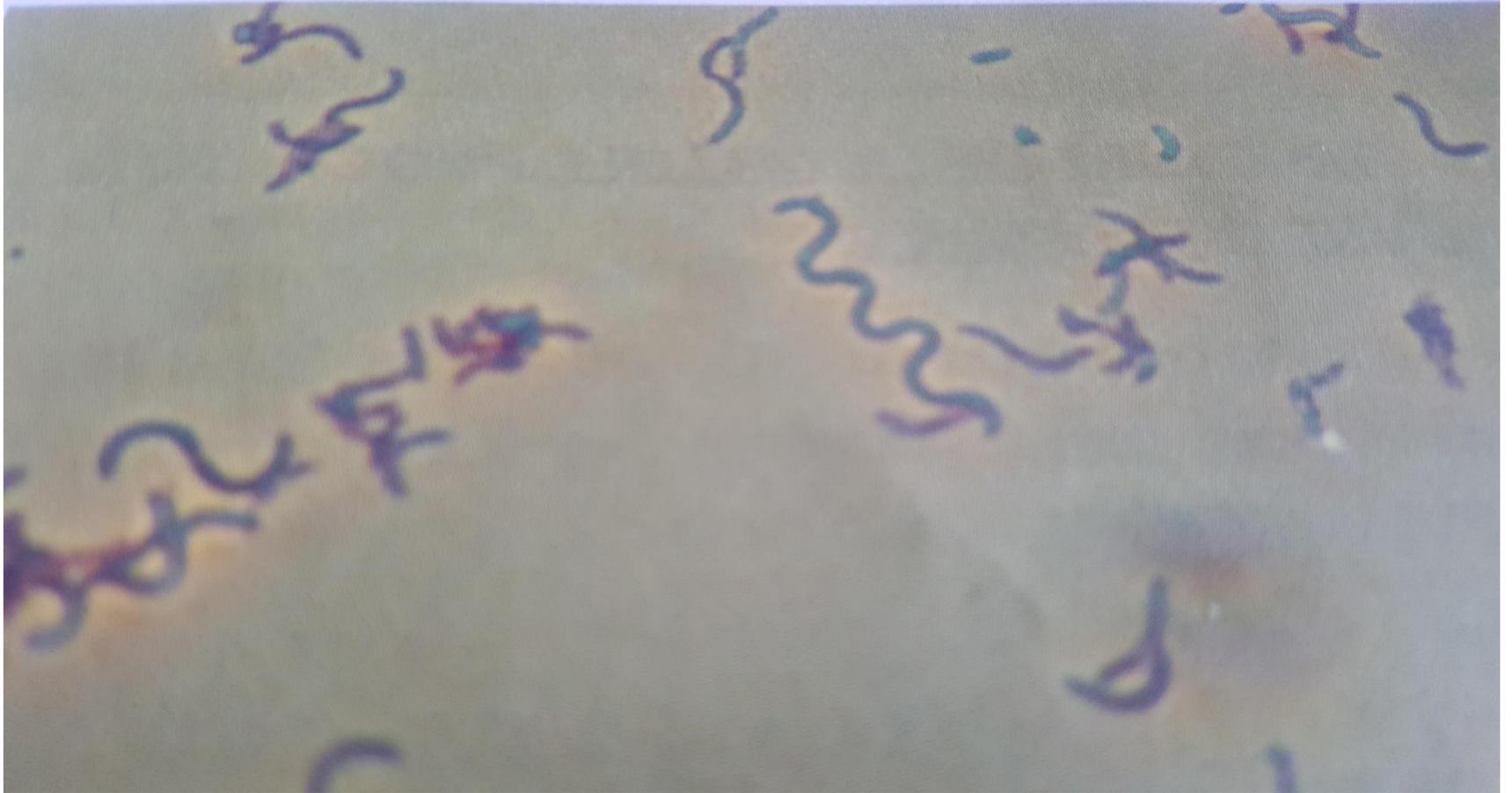
a



b

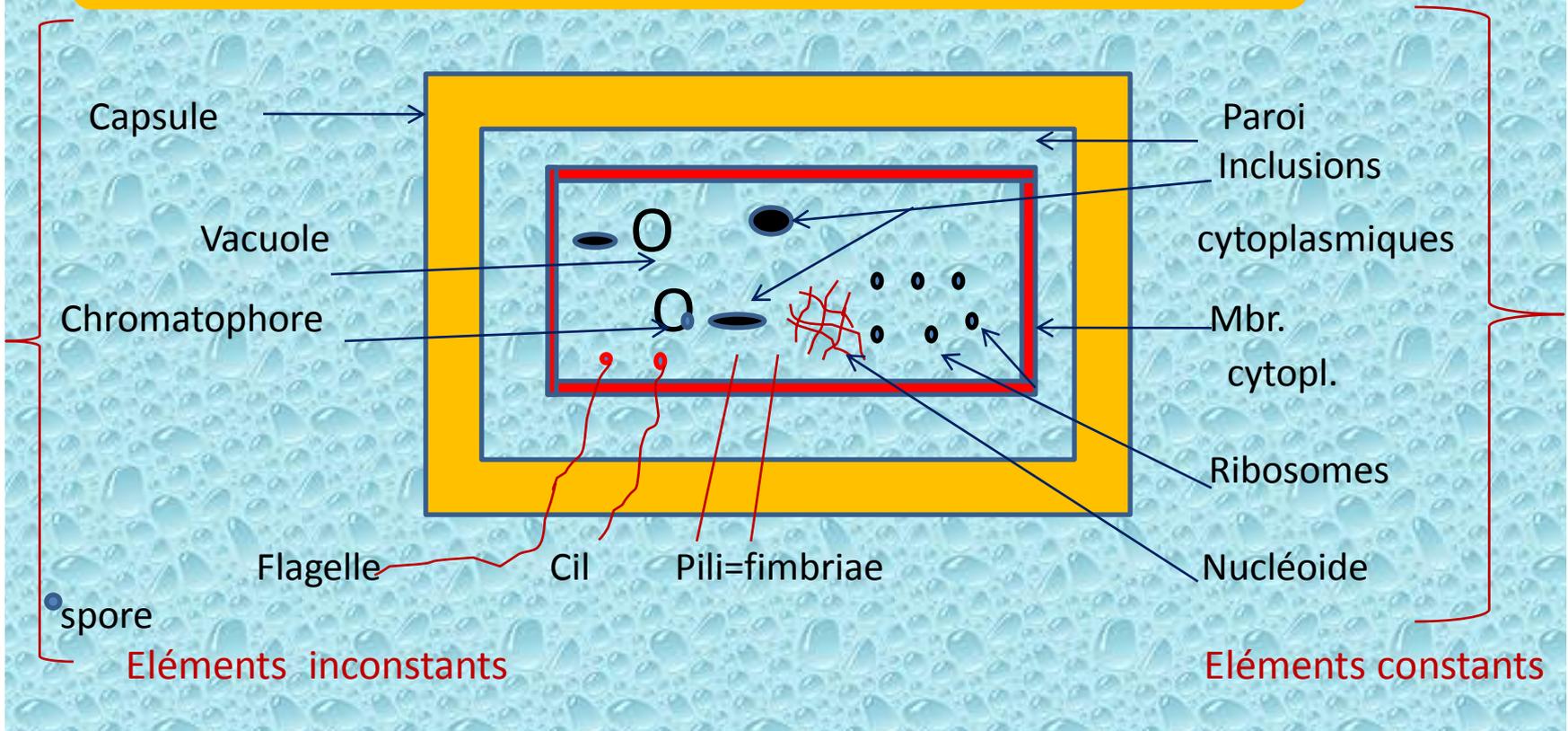
Fig. 4 – Morphologie bactérienne : autres formes.
a : *Streptomyces* ; b : *Micromonospora*.

**Rhodospirillum rubrum. Contraste
de phase(500 fois)**



II/Structure:

Fig 5 : schéma de la cellule bactérienne



II.1/Capsule:

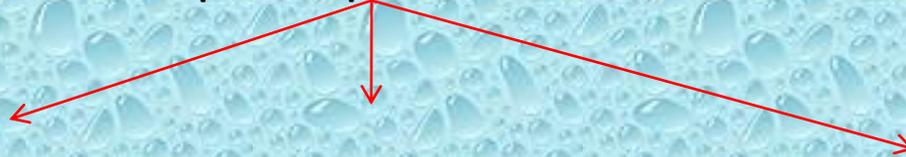
Elément facultatif



polysaccharides (rarement les polypeptides)



spécifique des bactéries



rôle antigénique

↓
AC

[animaux + végétaux]

protection de la bact.

contre la phagocytose



virulence

Pas d'infection par

bactériophages

II.2/Paroi:

Enveloppe caractéristique

cellule procaryote

Forme de
la cellule

résistance à la forte
pression osmotique
interne [5 et 20 atmos.]

Gram+

[violet]

Gram-

[rose]

coloration de Gram

a/ Ultrastructure:

Fig 6 :représentation schématique des enveloppes cellulaires Gram+ et Gram -

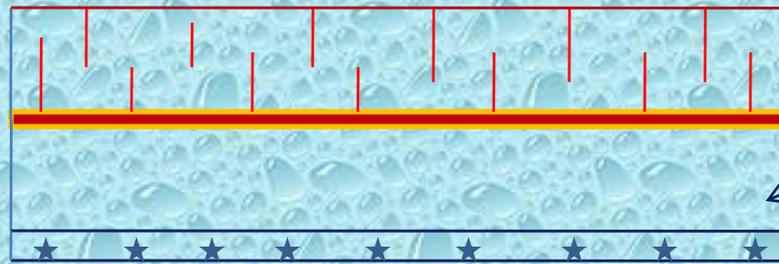
20 à 80nm
épaisse



peptidoglycane
mbr.plasmique

A_ Enveloppe cellulaire Gram+:

6 à 15nm



mbr .externe
peptidoglycane
espace péri_
plasmique
mbr. Plasmique

B_ Enveloppe cellulaire Gram -:

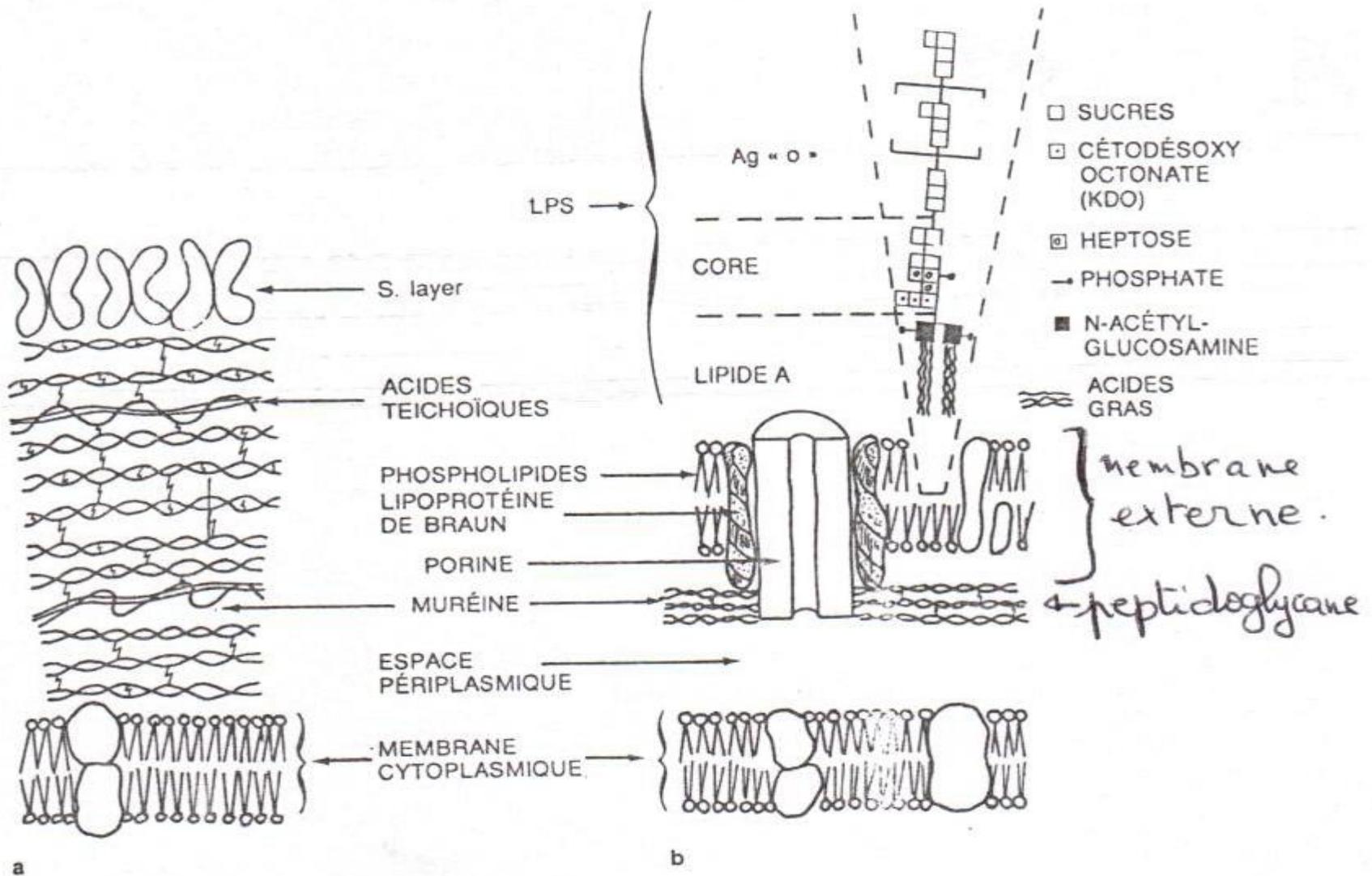


Fig.

7

Schéma des enveloppes cellulaires.

a : bactéries à Gram positif. (S. layer : couche de surface présente chez certaines espèces comme *Bacillus* et *Clostridium* peut également se trouver chez des Gram négatif) ; b : bactéries à Gram négatif. L'échelle est identique sauf pour le LPS représenté sous forme agrandie.

b/ Composition chimique

composés ↓	bactéries →	Gram+	Gram-
Osamines		++++	+
Acides aminées		24 % à 35 %	~ 50 %
Type d'A.A.		4 à 10	16 à 17
Acides teichoïques		++++	-
Oses		20 à 60%	20 à 60 %
Lipides		1à 2,5 %	10 à 22 %

Acides teichoïques Gram+

=chaines linéaires

Polyglycérol phosphate

polyribitol phosphate

D.ala

+

sucre

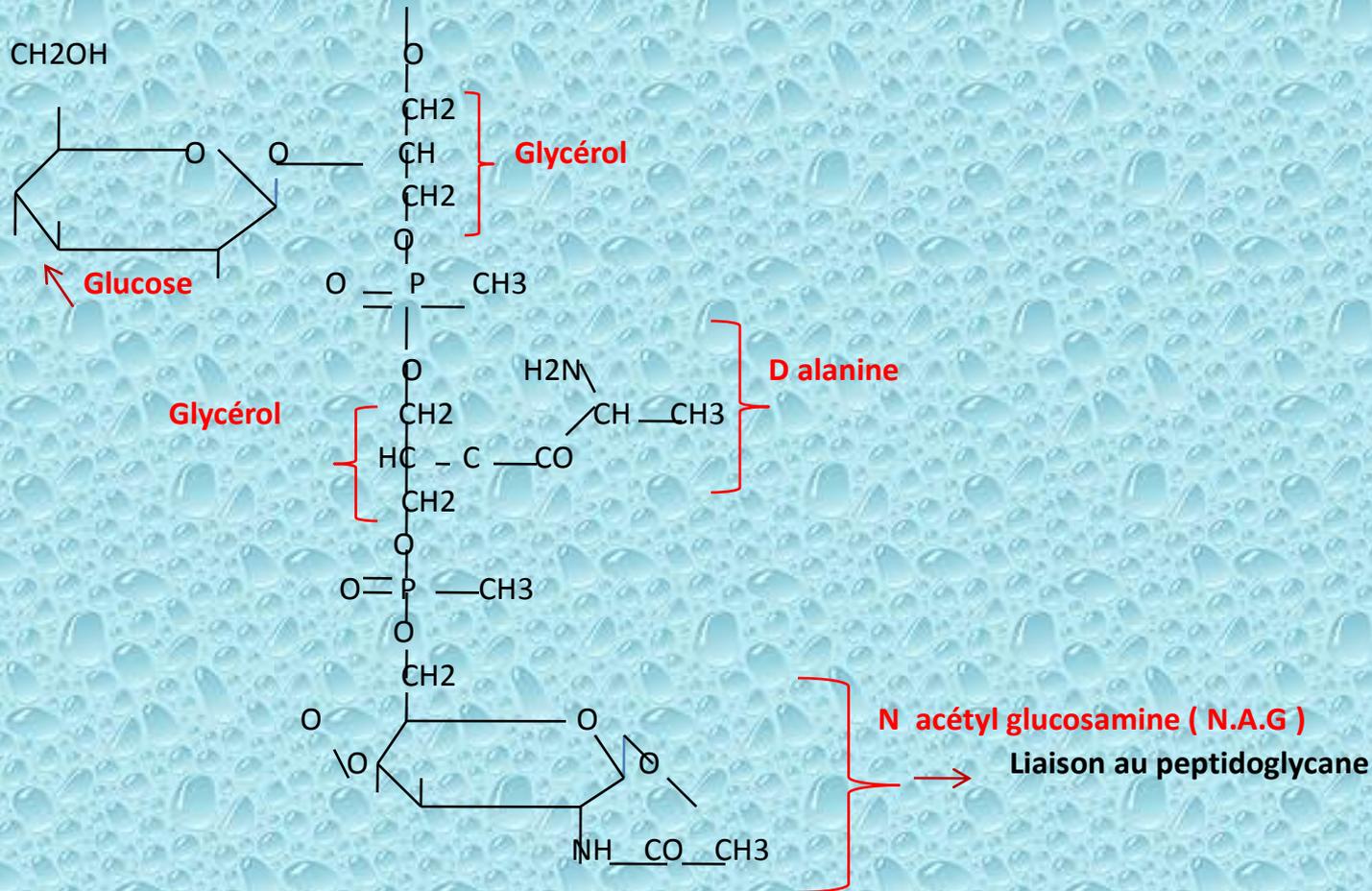
Glucose

N_acétyl glucosamine(N.A.G.)

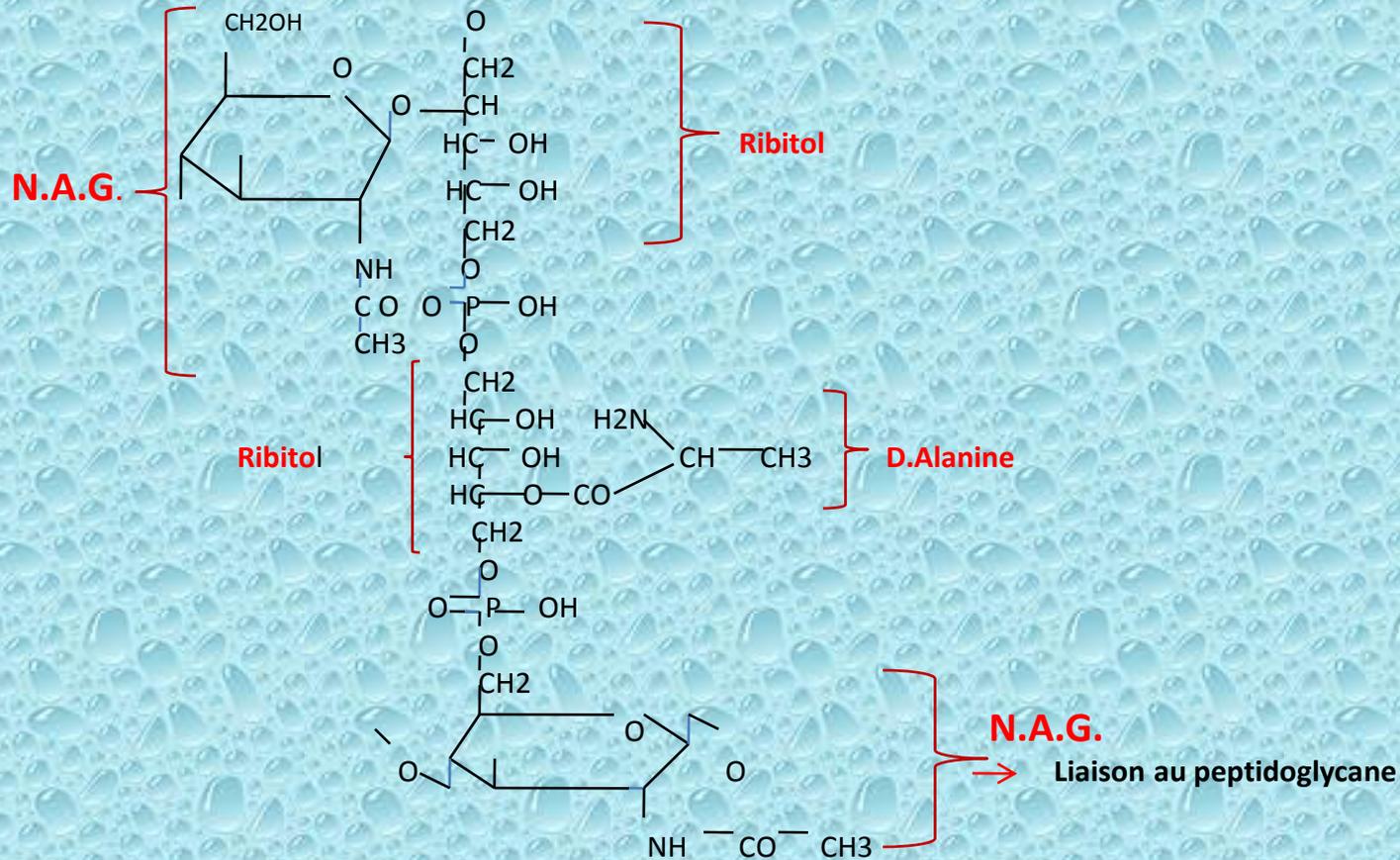
Bacillus subtilis

Staphylococcus aureus

Acide teichoïque à glycérol (*Bacillus subtilis*)



Acide teichoïque à ribitol (*Staphylococcus aureus*)



Acides lipoteichoïques chez une bactérie à Gram+

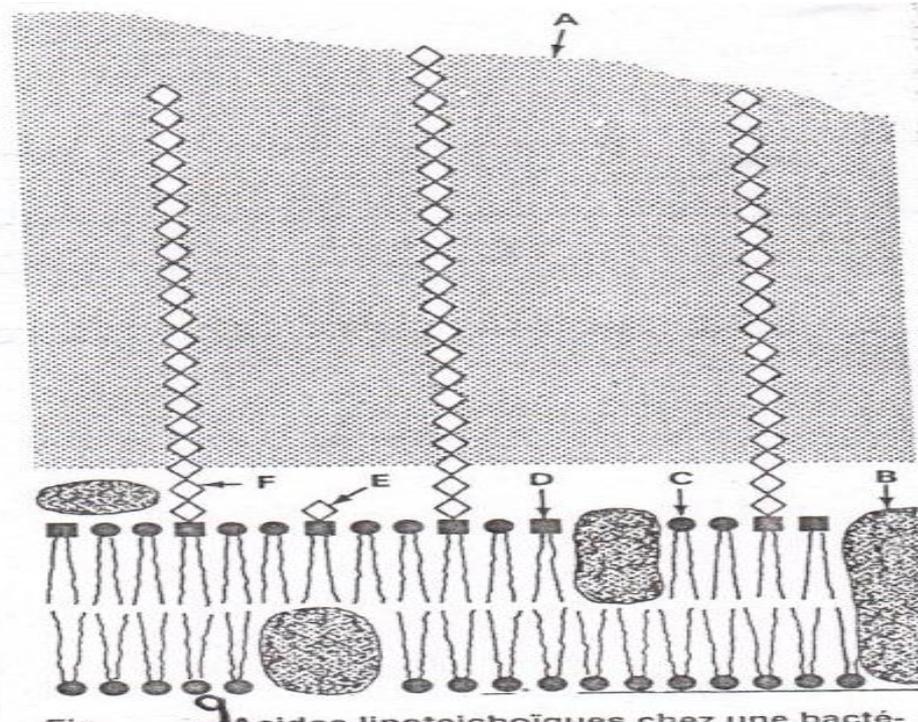


Fig. Acides lipoteichoïques chez une bactérie à Gram positif.
Ils traversent la paroi bactérienne et sont liés par liaison covalente aux glycolipides membranaires.
A : paroi ; B : protéine ; C : phospholipides ; D : glycolipide ; E : phosphatidylglycolipide ; F : acide lipoteichoïque (d'après Van Driel et Coll., Cellular location of the lipoteichoic acids of *Lactobacillus fermenti*, NCTC 6991 and *Lactobacillus casei* NCTC 63/5. *J. Ultrastruct. Res.*, 1971, 43, 483).

Les osamines

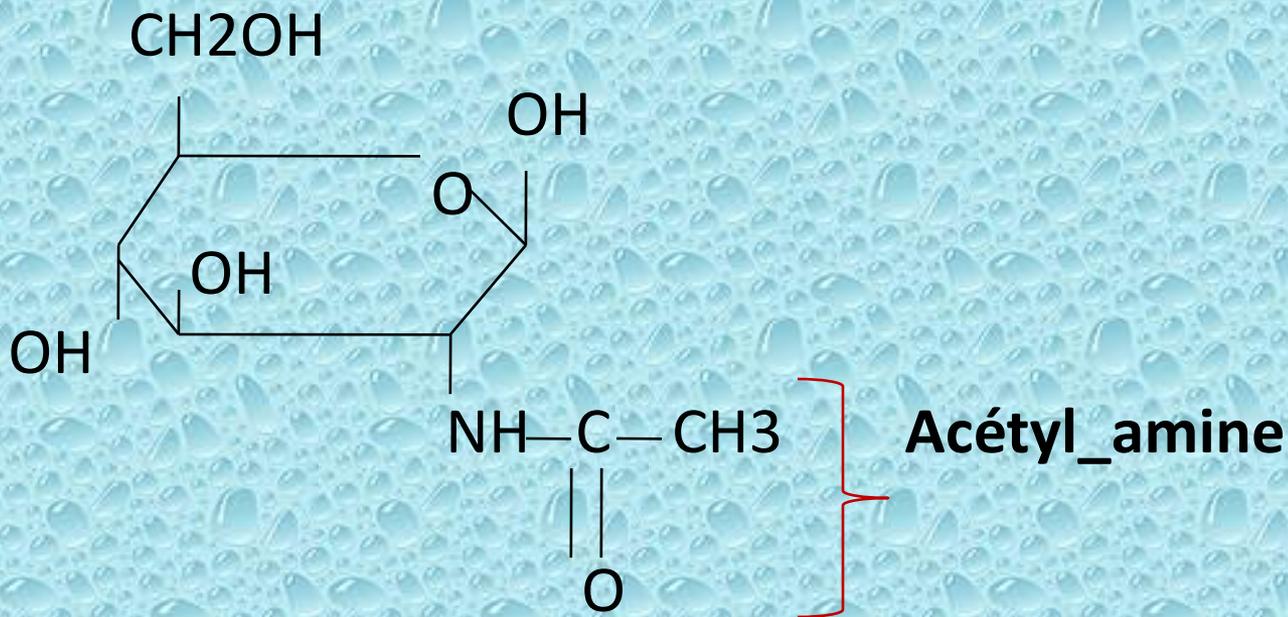


Fig 10.a: N acétyl glucosamine (N.A.G)

Les osamines

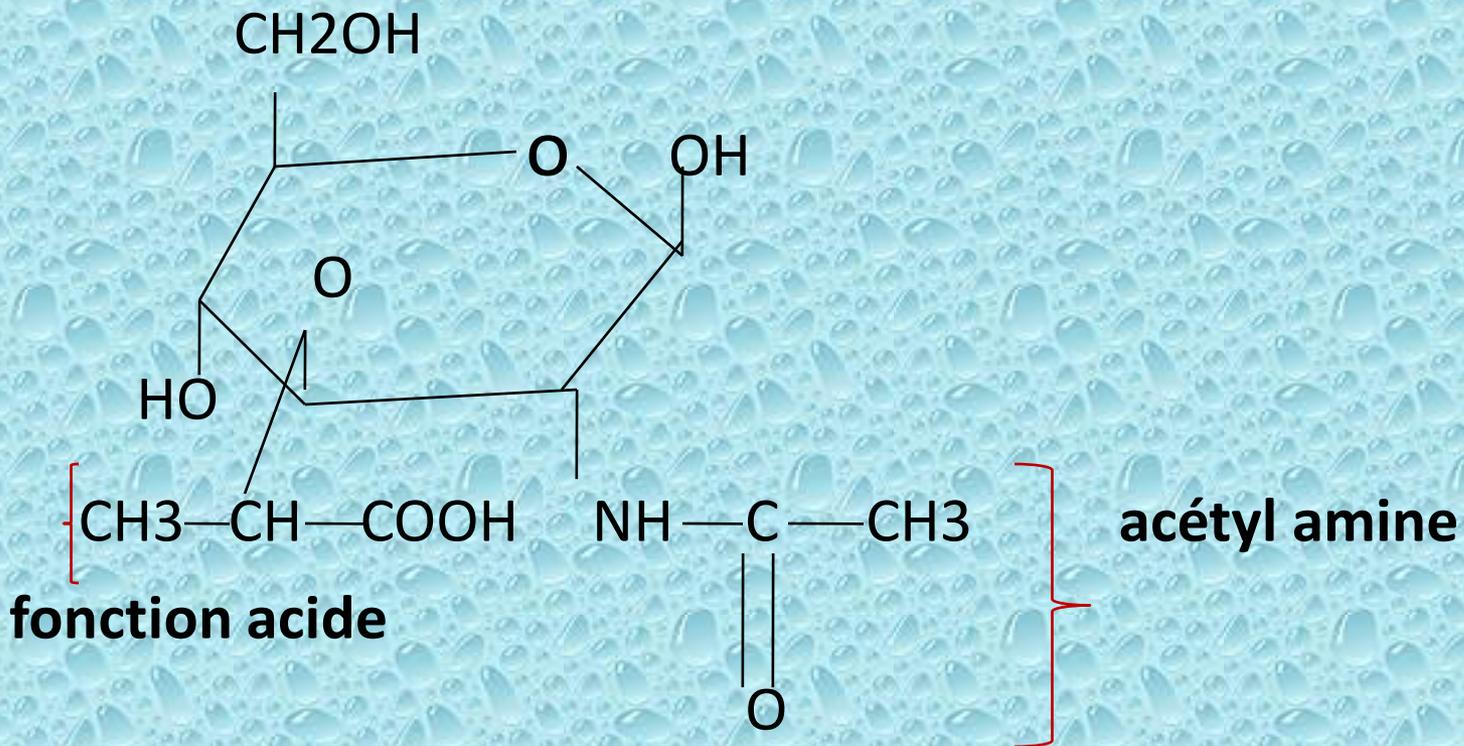


Fig 10.b: Acide N.acétyl muramique(N.A.M.)

Le peptidoglycane = polymère de mycopeptides

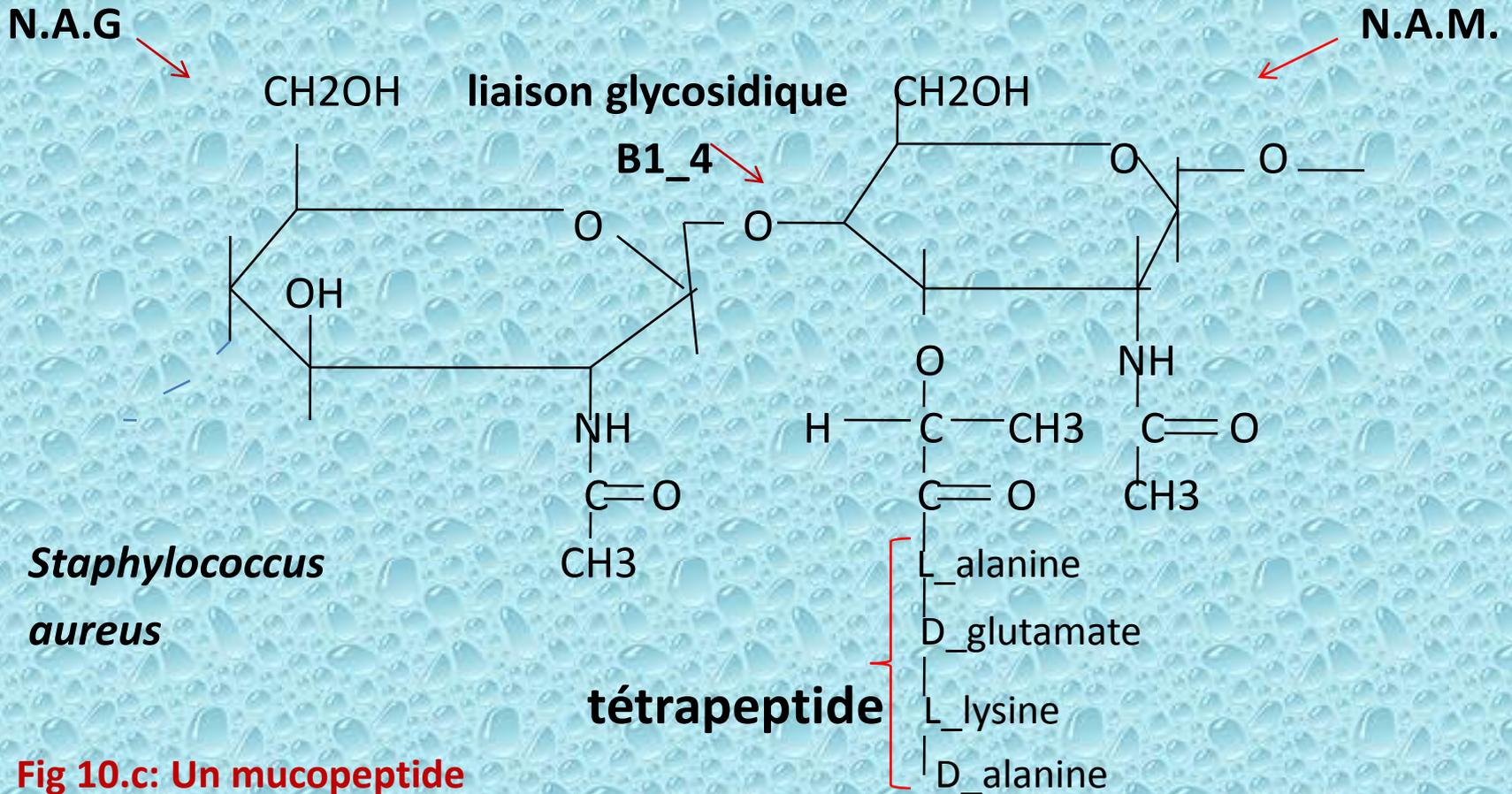
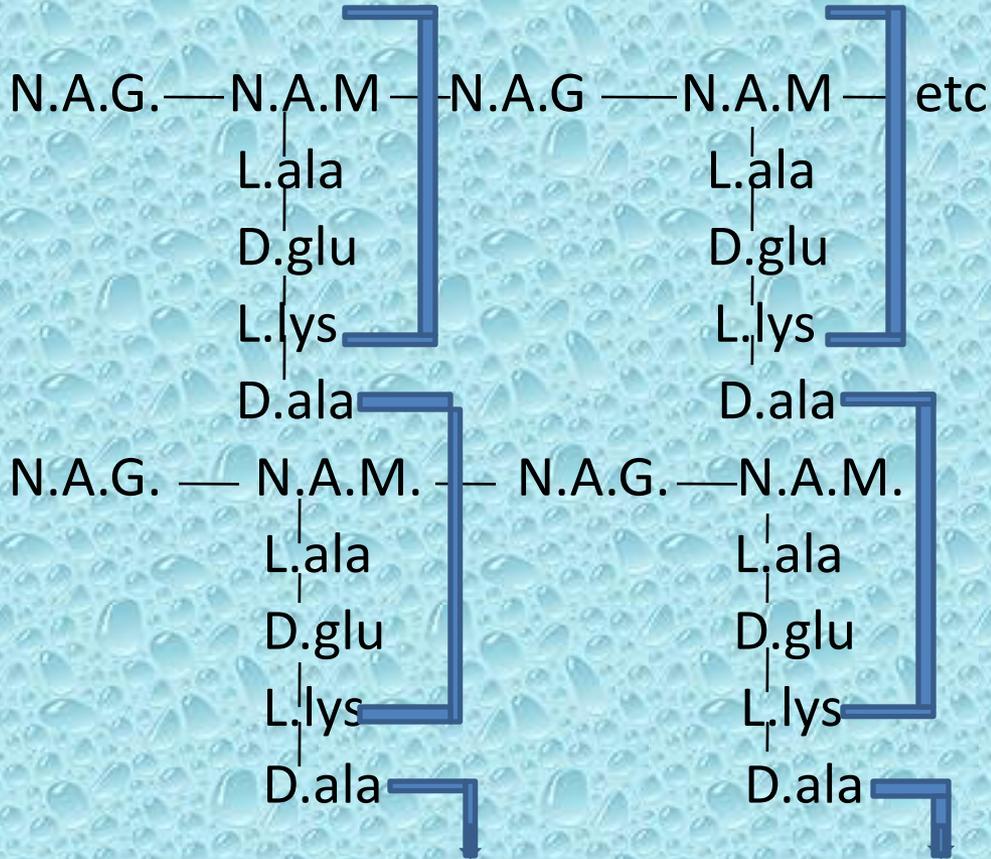


Fig 10.c: Un mucopeptide

→ **Le peptidoglycane
structure en réseau**



Structure du peptidoglycane représentée en deux plans superposés

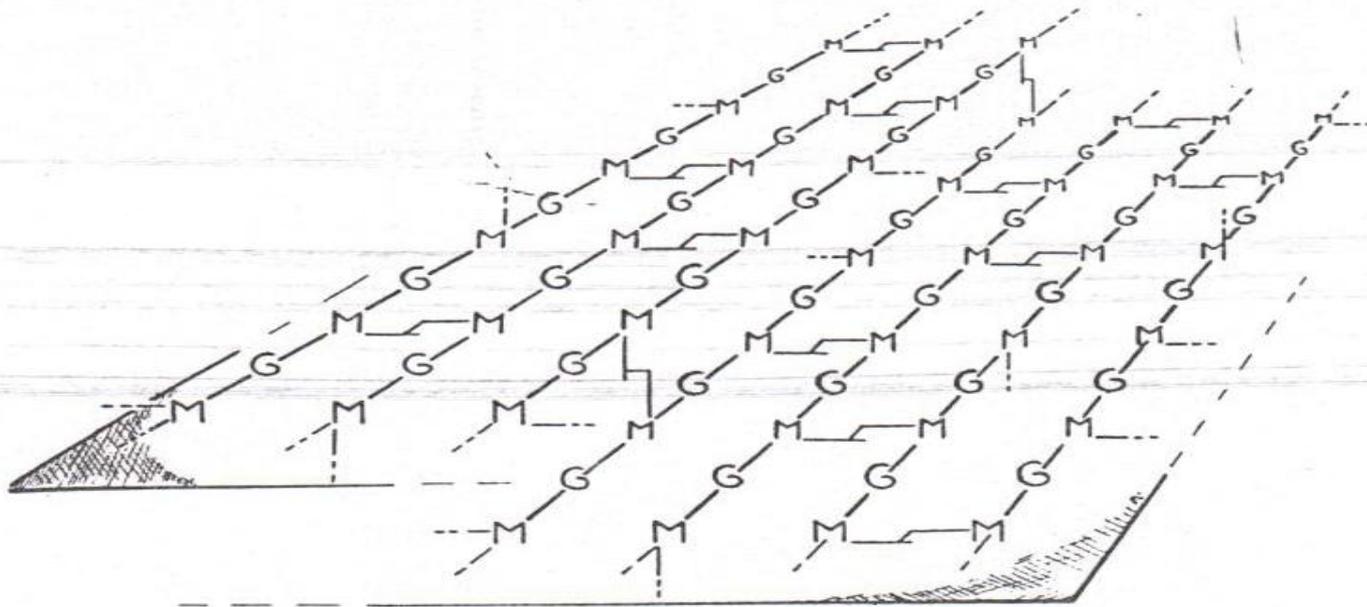


Fig. 11 Structure du peptidoglycane représentée en deux plans superposés.

G N-acétylglucosamine

M Acide N-acétylmuramique

— Pontage peptidique.

Peptides et liaisons interpeptidiques dans le peptidoglycane

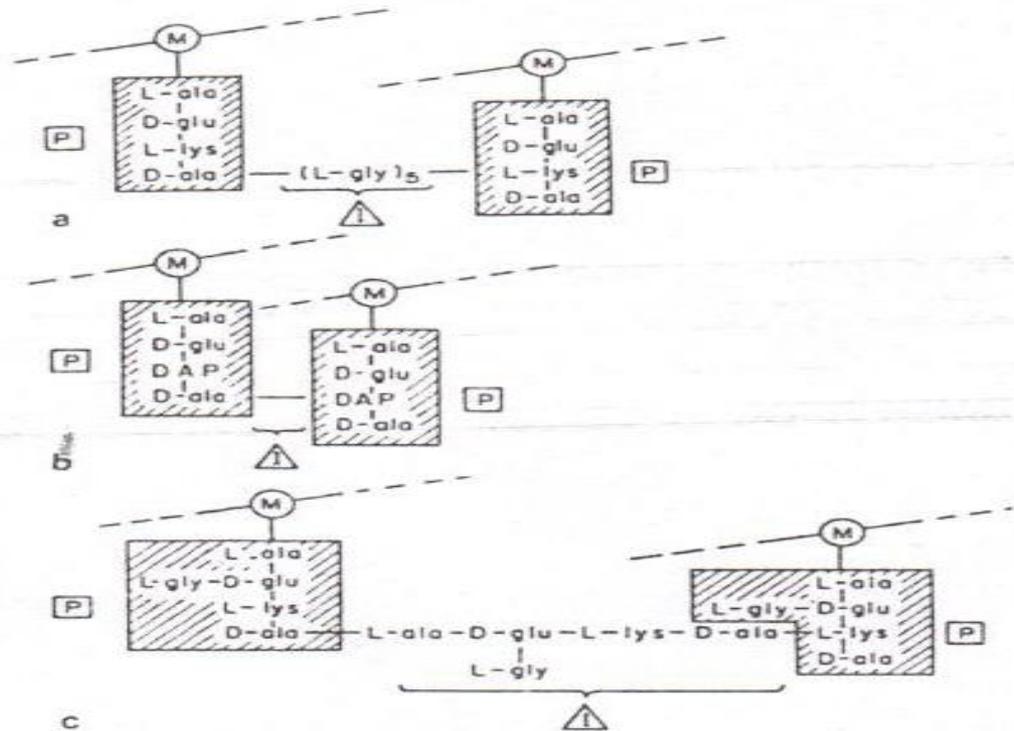


Fig. 12 - Peptides et liaisons interpeptidiques dans le peptidoglycane.

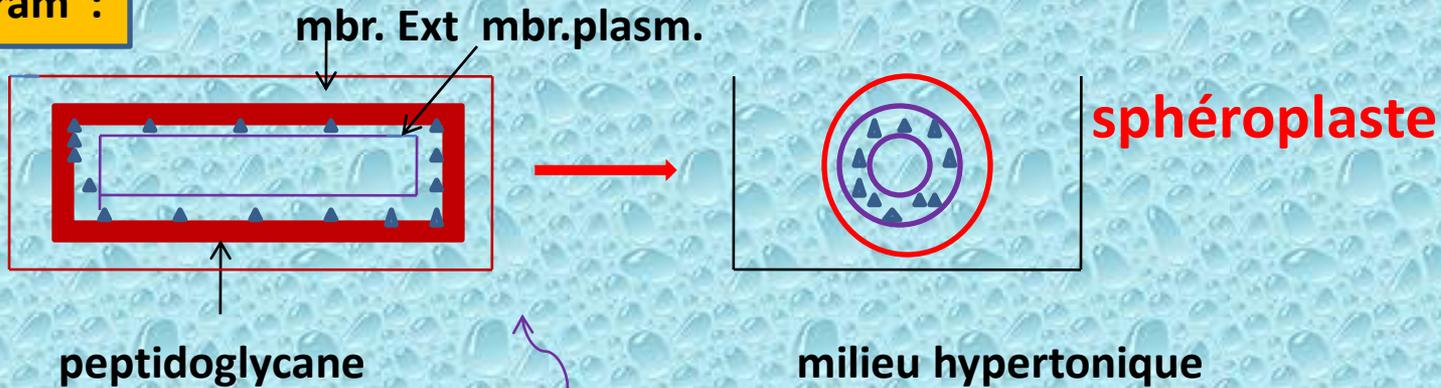
a : *Staphylococcus aureus* ; b : *Escherichia coli* ; c : *Micrococcus lysodeikticus*.

- (M) : acide N-acétylmuramique
- DAP : acide diaminopimémrique
- (P) : peptide
- (I) : liaison

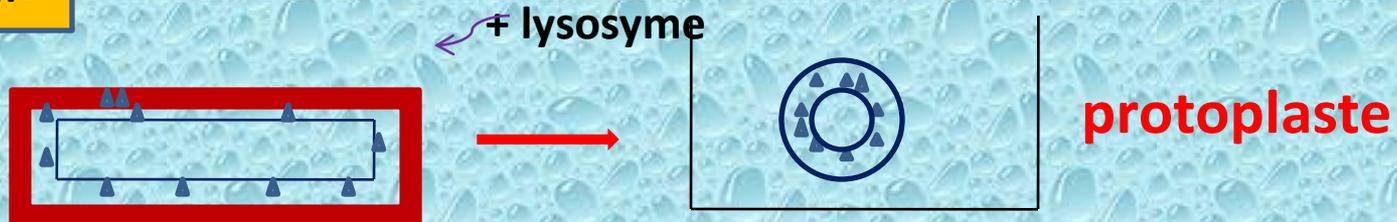
c/ Fonction de la paroi:

Experience:

Gram⁻:



Gram⁺:



Fonction de la paroi:

Lysosyme



perte du peptidoglycane

+milieu hypertonique

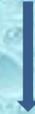


la cellule=plaste



Rôle dans la forme de la cellule

milieu normal



Eclatement de la cellule



**Rôle de résistance à la
pression interne de la
cellule**

Fonction de la paroi:

Gram_

Sphéroplaste



Conserve les propriétés de la bactérie initiale

division
cellulaire

propriétés
antigéniques

fixation aux
bactériophages

Le peptidoglycane n'intervient dans aucune de ces fonctions

rôle préservé grâce à la
mbr externe

Gram+

Protoplaste



perd les propriétés de la bactérie initiale

L'ensemble pept.+Ac.teich.
joue un rôle dans ces fonctions
l'A.c.teich. → rôle antigénique.

d/Mécanisme d'action de la coloration de Gram:

Cellule bactérienne → Coloration de Gram ↓	Gram+	Gram-	Protoplaste	Conclusion
Violet de gentiane =colorant	violet	Violet	violet	Conclusion 1
Alcool acétone =solvant	Violet	Incolore	Incolore	Conclusion 2
Fuschine =contre colorant	Violet	Rose	rose	Gram +: violet Gram -: rose

Conclusions

Conclusion 1 : Le siège de la coloration violette du violet de Gentiane est le cytoplasme

Conclusion 2: Alcool acétone = solvant

Gram+

40 couches
de peptidoglycane



**Pas de pénétration
du solvant**



Feuillet dense de
peptidoglycane
= Obstacle

Gram-

1 seule couche
de peptidoglycane



**Pénétration
du solvant**



il dissoud les lipides
et franchit la faible
couche de peptid.

Protoplaste

Gram+ sans
peptidoglycane



**Pénétration
du solvant**



Confirme les résultats
trouvés avec G+

Concl .générale : La colorat .de gram traduit une différence de structure,de composition pariétale et de fonction,entre Gram+ et Gram-.

II.6/ Les flagelles:

→ Description

Description:

Structure facultative spiralée



L=6à20µm

D=12nm (*Proteus*)

D=20à25nm (*Vibrion, Pseudomonas*)

Protéine majeure → sous unités

PM=30à40Kdal

Corps basal=point d'insertion(2anneaux protéiques)

Rotor mobile interne

membrane cytoplasmique

Stator fixe externe

lipopolysaccharides+
peptidoglycane

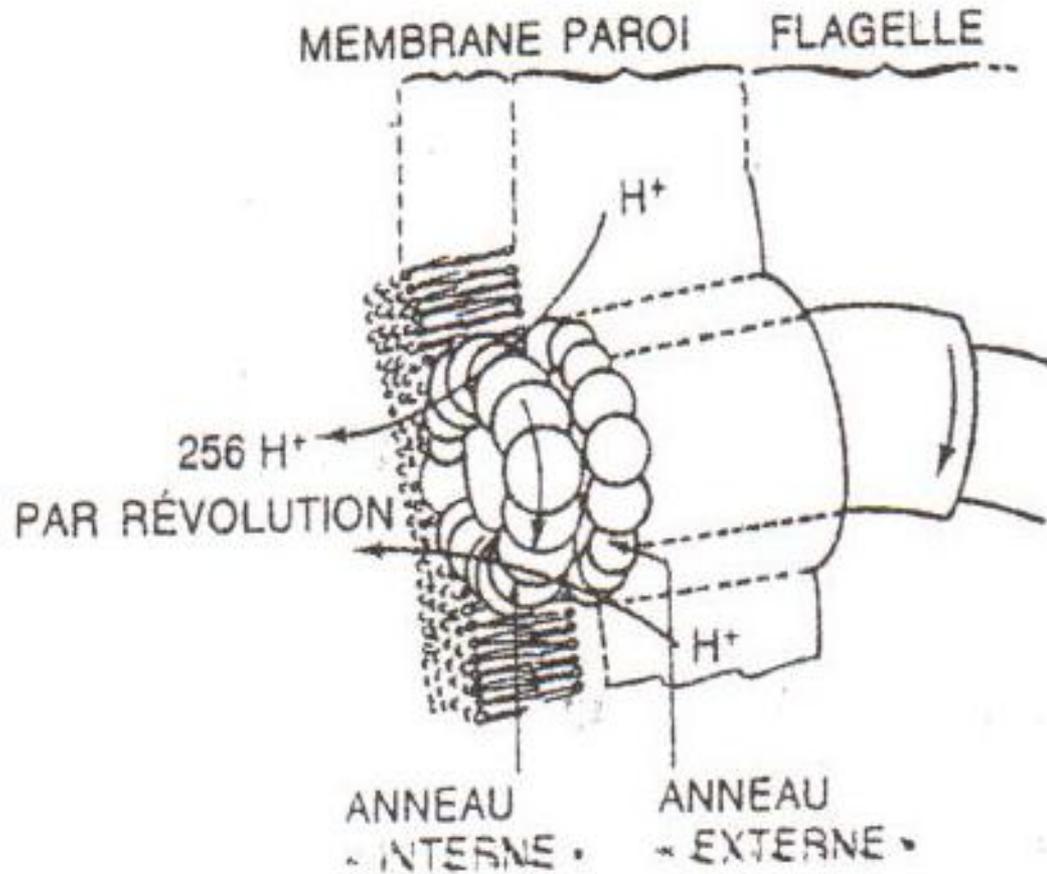


Fig 11 :Structure schématique du corps basal d'un flagelle.

L'anneau interne (rotor) comporte 16 sous-unités pouvant être mises en mouvement par un flux de protons.

→ mécanisme d'une turbine.

→ Mouvement des flagelles:

Flux de protons

↓
Consommation importante d'énergie → disque

↓
mobiliser les flagelles

↙
Rotation → hélice

initié à partir
du granule basal

↓
Turbine

↘
Chimiotaxie → +
-

↓
mécanisme de reconnaissance

→ récepteurs

↓
réponse au stimulus

→ Les flagelles et leur implantation: systématique bactérienne



Figure 14. a: Flagelle polaire (flagellation monotriche)
Micrographie d'une cellule entière de bactérie Gram-négative montrant un unique flagelle polaire. Avec l'aimable autorisation de J. T. Staley.



Figure 14. b: Faisceau de flagelles polaires (flagellation lophotriche)
Image d'une spirille en microscopie à contraste de phase montrant un faisceau de flagelles polaires. © Eric Grave. Science Source. Photo Researchers Inc.

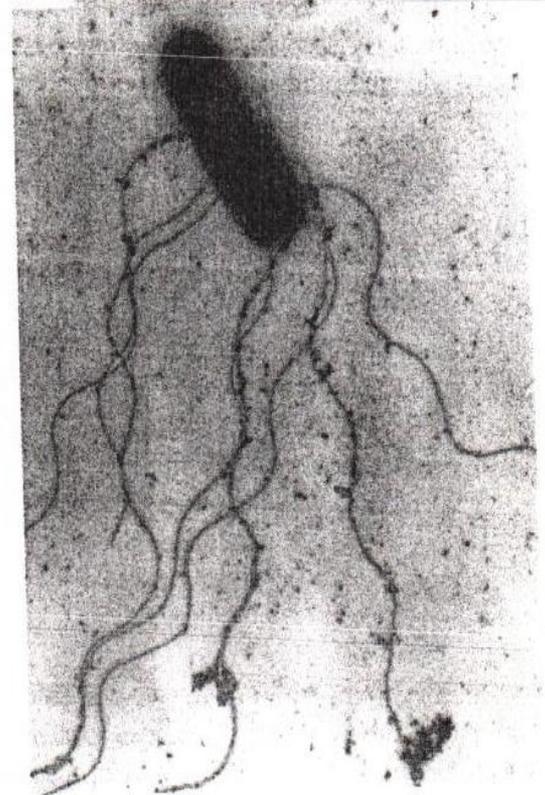
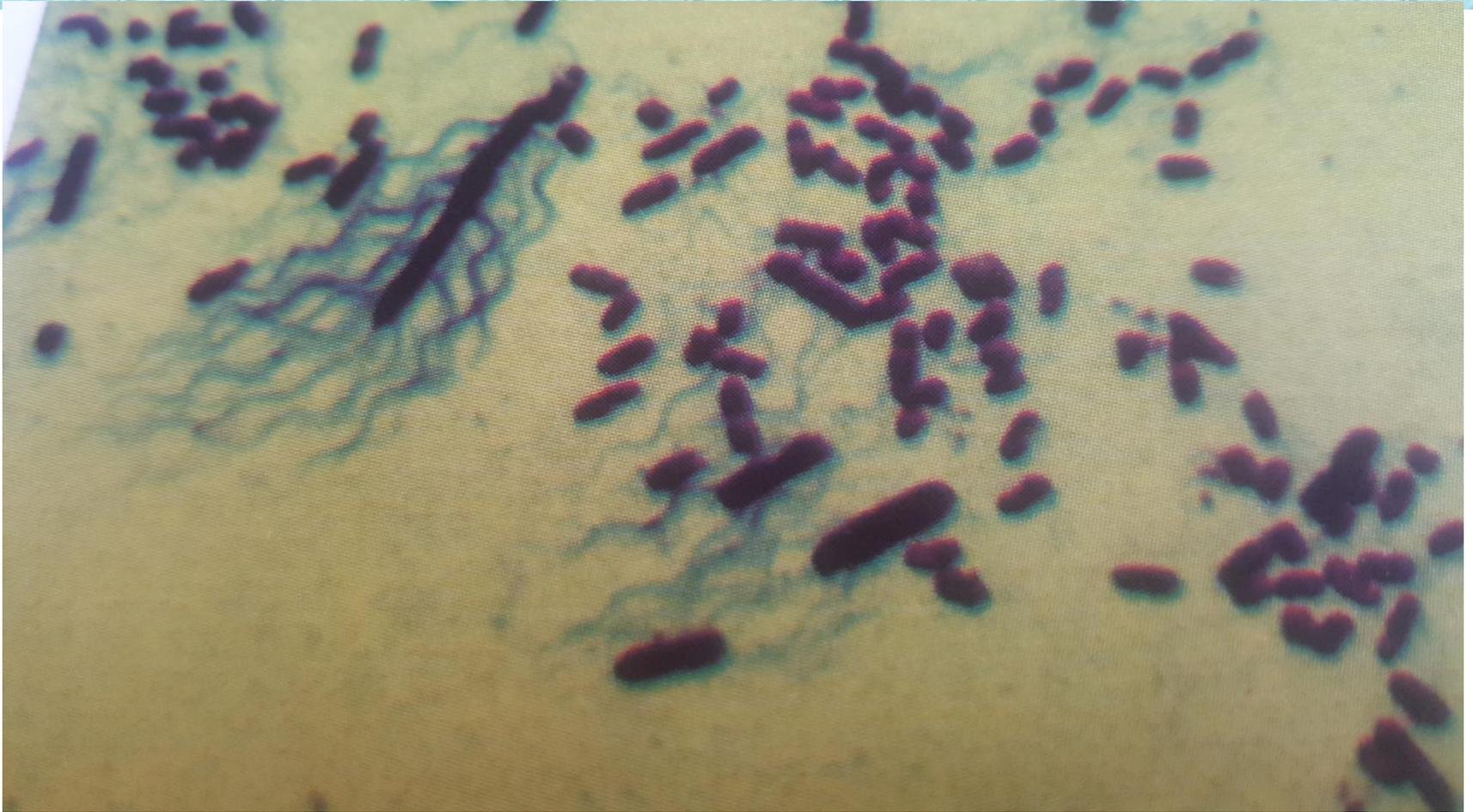
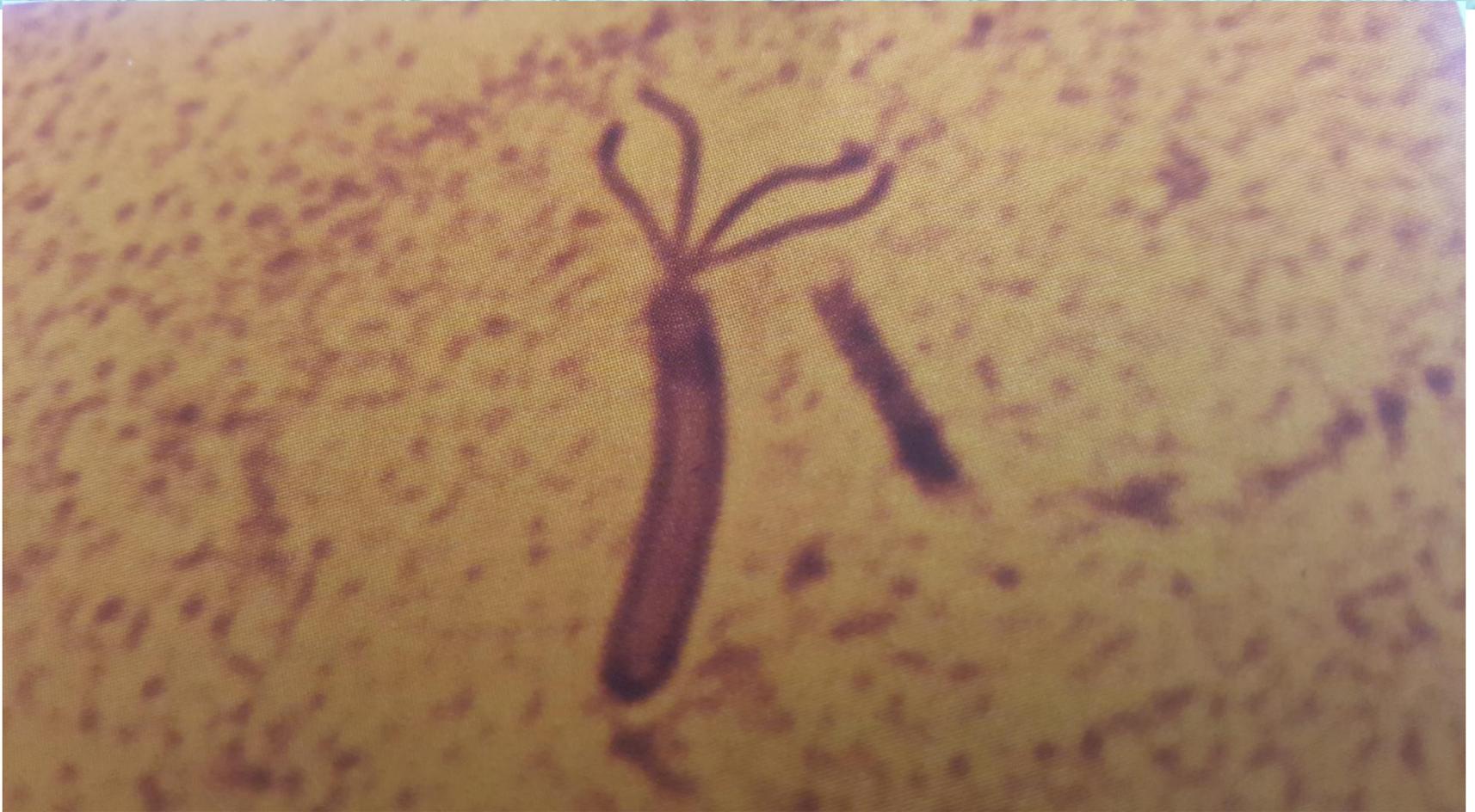


Figure 14. c: Flagellation péritriche
Micrographie d'une bactérie portant de multiples flagelles répartis sur la surface de la cellule. © W. L. Dentler. Biological Photo Service.

Proteus vulgaris: flagelles péritriches



Spirillum : Flagelles lophotriches

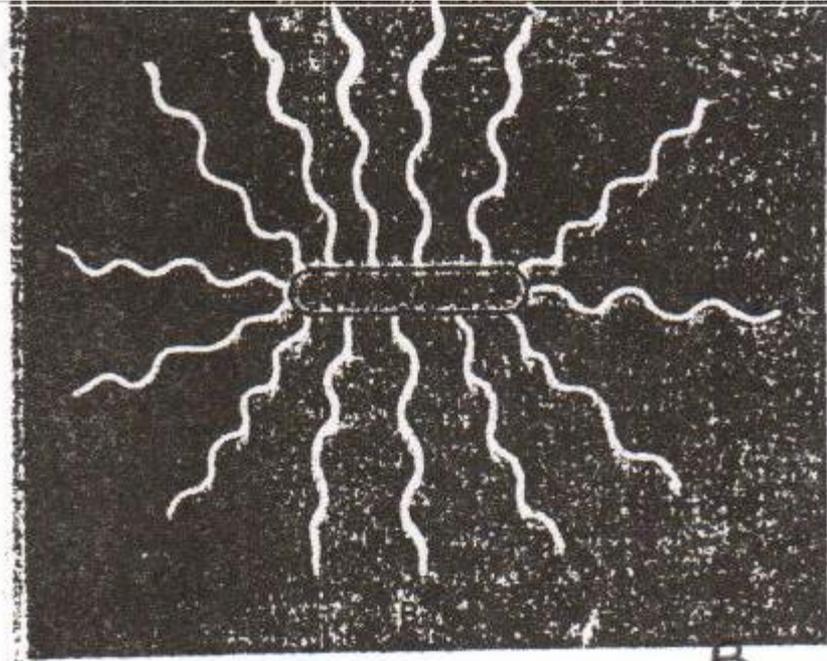


Pseudomonas :flagelle monotriche polaire

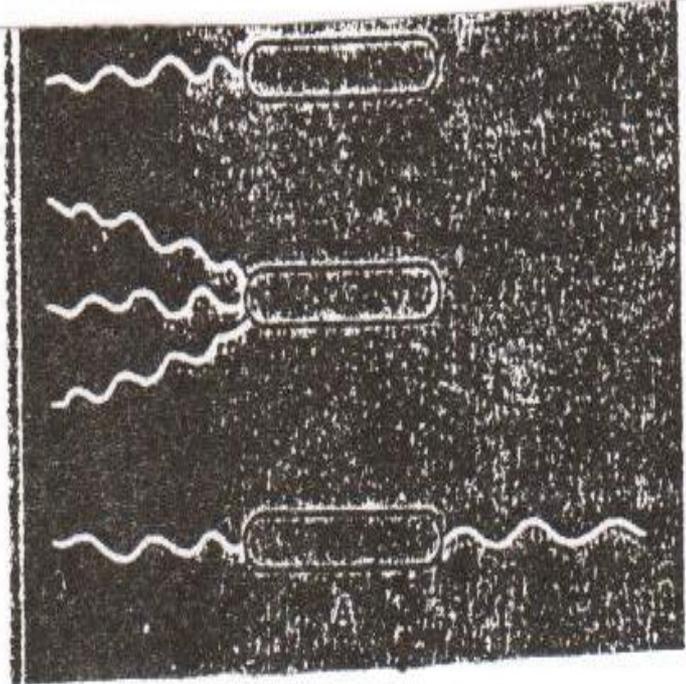


**Vibrio cholerae: Bâtonnets incurvés
avec un flagelle polaire**





B



A

Fig 14¹ Les systèmes cillaires.

A : système polaire ; 1. monotriche, 2 : lophotriche, 3 : amphitriche ;

B : système péritriche.

II.7/ Les pili:

Structures facultatives filiformes droits
protéine=piline(ss unités identiques) PM=17.000 dalt.

Pili communs

- nbr important → ~150/bact
- Courts L=qlq μm ; D=7nm.
- Rigides → cassants

Rôle

1. Fixation de la bact. dans les tissus de l'hôte.
2. Propriétés Hémagglutinantes de la bactérie.

Pili sexuels

- Nbr faible: 1 à 4.
- Long = 20 μm .
- + renflement à l'extrémité.

Rôle

1. Conjugaison bactérienne;
pili=pont **d'amarrage** entre bacF+ 
pont cytoplasmique → passage de ADN.
2. =recepteurs de bactériophages
→ partie renflée

II.8/ Les endospores

Conditions défavorables

Dessech.mil. ;pd.toxique métab ;pd.chimique ;rayonnement

Bactéries sporulantes



spores résistantes

résistent à l'ébullition : 8H



La bact.végétative meurt à 70°C pd 10.mn

Ovales

sphériques

Conditions favorables

spores germent



Forme végétative

→ Germination de la spore:

1.Activation

Agents mécaniques ou physiques

↓
Endommager la paroi sporale

↓
pénétration de l'eau par les lésions
de la paroi sporale

2. Initiation

↓
élimination de la paroi

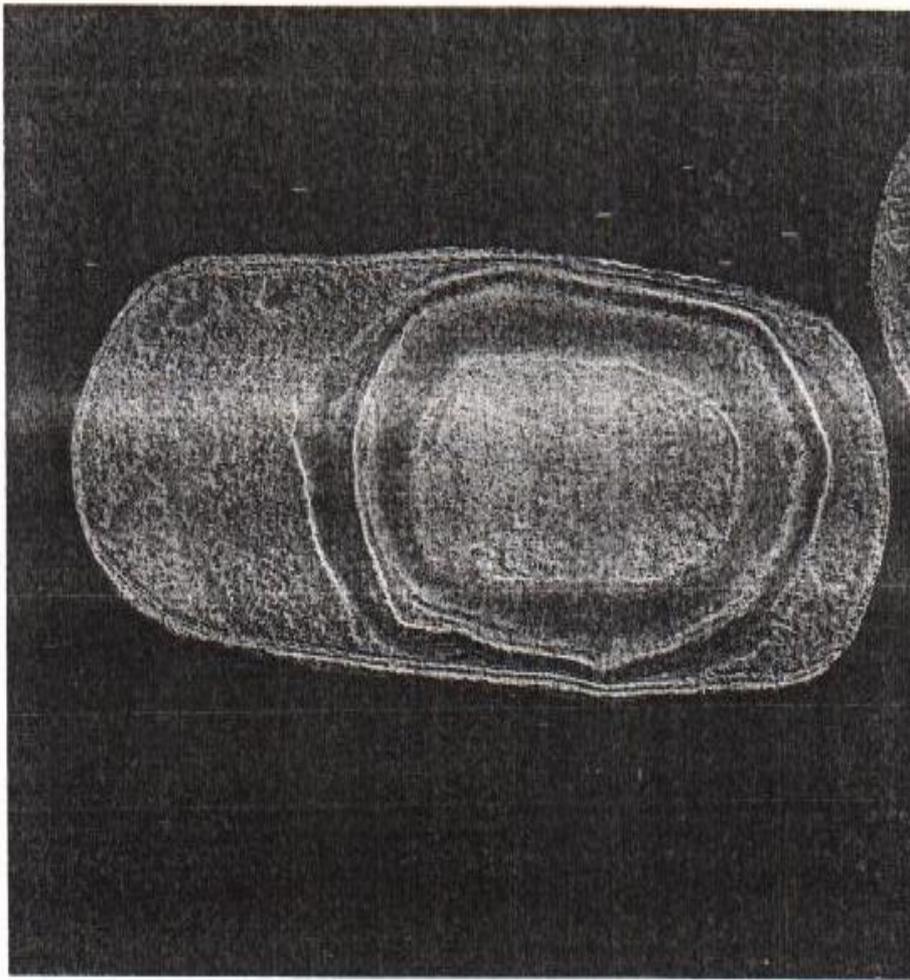
↓
entrée massive de l'eau

↓
spore se gonfle et perd sa thermorésistance

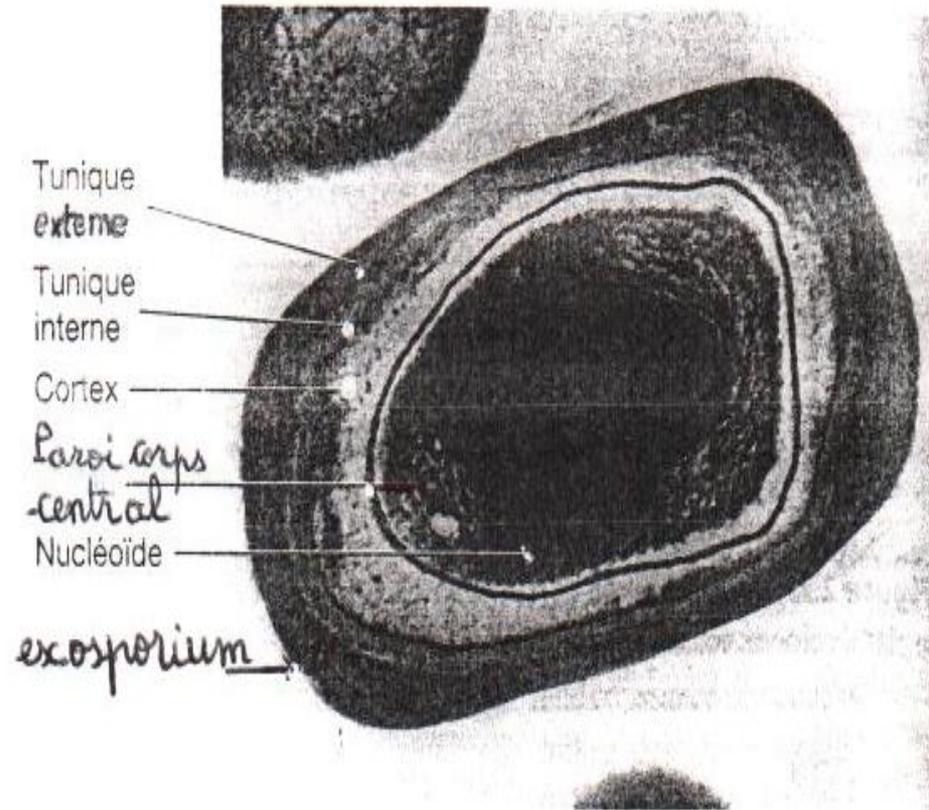
3.Excroissance

spore

↓
cellule végétative



(a)



(b)

Figure 15 Les endospores bactériennes. (a) Une section transversale d'une cellule de *Bacillus megaterium* en cours de sporulation. L'ovale au centre est une endospore presque mature. Lorsque la maturité est atteinte, la cellule mère se lyse et libère la spore. (b) Une section transversale d'une spore mature de *B. subtilis*, montrant le cortex et les couches de la tunique qui entourent le noyau. L'endospore en (a) mesure $1,3 \mu\text{m}$, celle en (b), $1,2 \mu\text{m}$.

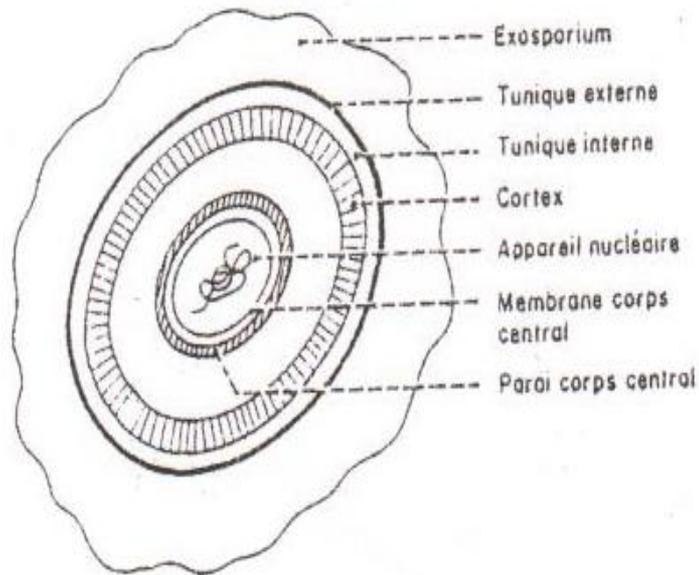


Fig. 15' - Structure de la spore bactérienne.

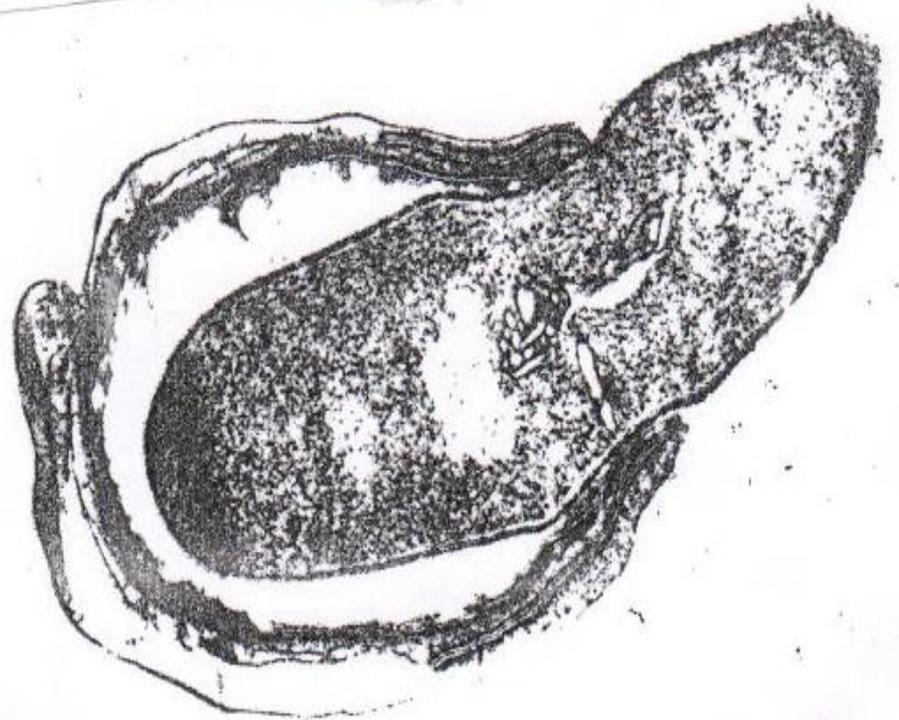


Figure 15 La germination d'une endospore. *Clostridium pectinovorum* émergeant de la spore en germination.

→ Critères systématiques

1. La production de spores

↓
Bactéries **sporogènes**

2. L'aspect de la bactérie sporulée

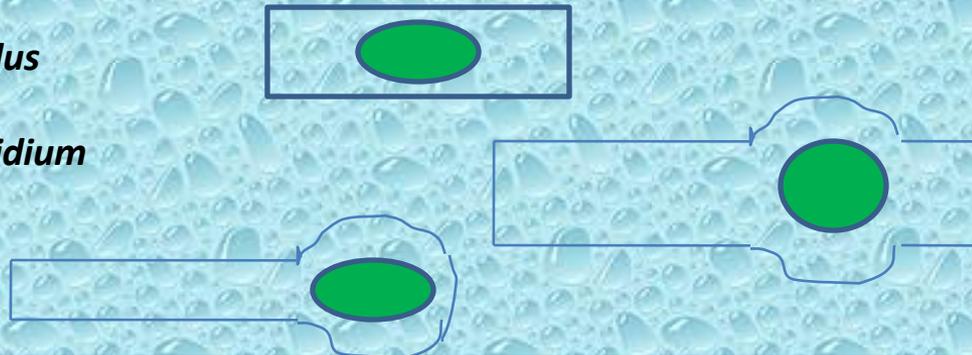


3. La position de la spore dans le corps bactérien:

Spore centrale → *Bacillus*

Spore subterminale → *Clostridium*

Spore terminale → *Plectridium*



→ Quelques variations:

1. *Clostridium tetani* (agent du tétanos)

↓
spores rondes et terminales

2. *Bacillus* → 3 groupes

Groupe 1

↓
Spore ovale
non déformante
paroi mince

↓
B.subtilis

groupe 2

↓
spore ovale
déformante
paroi épaisse

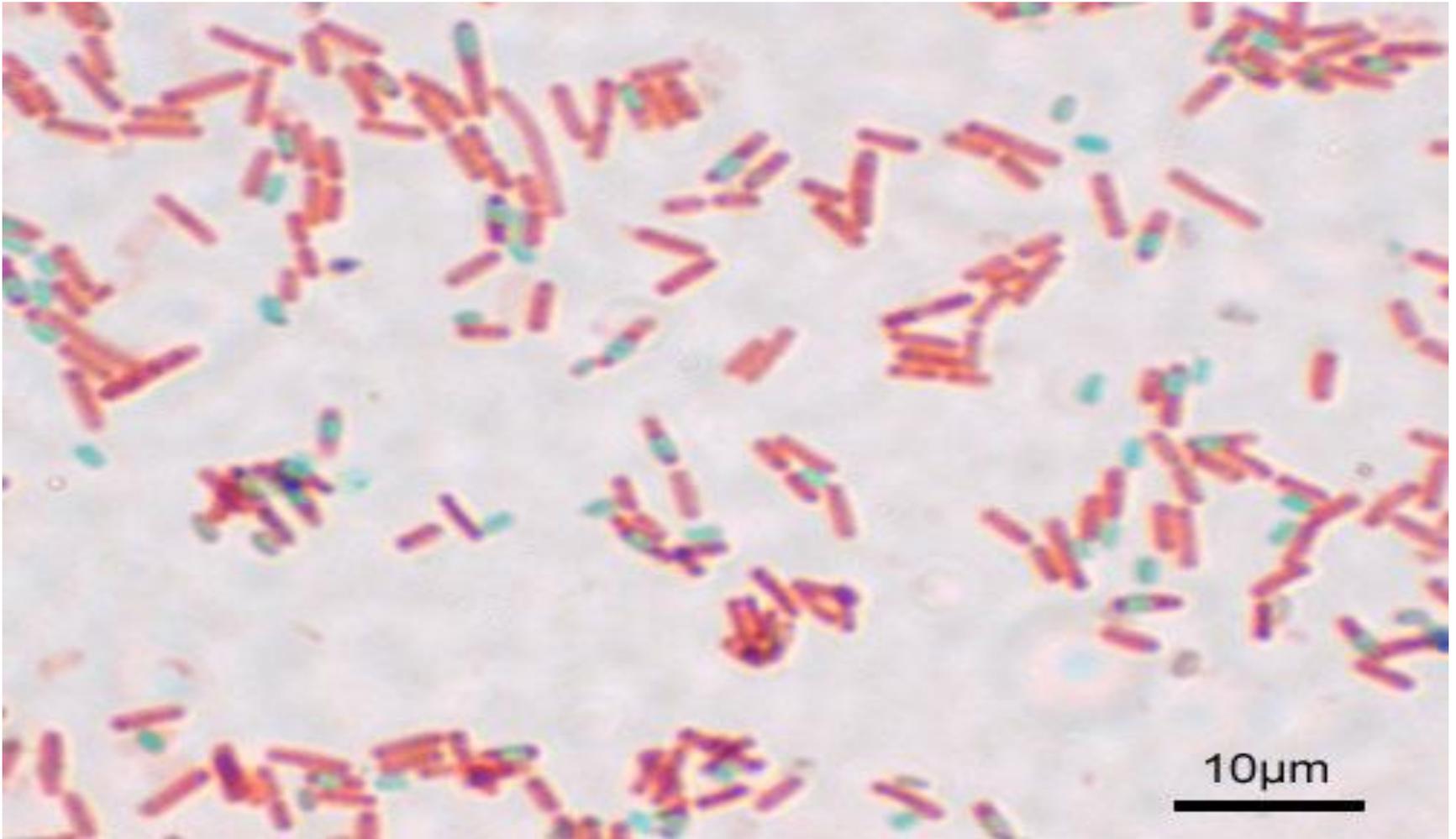
↓
B.stearothermophilus
B.polymyxa

groupe 3

↓
spore sphérique
déformante

↓
B.pasteurii
B.sphaericus

Spores centrales et libres chez **Bacillus** (verte au vert de malachite)

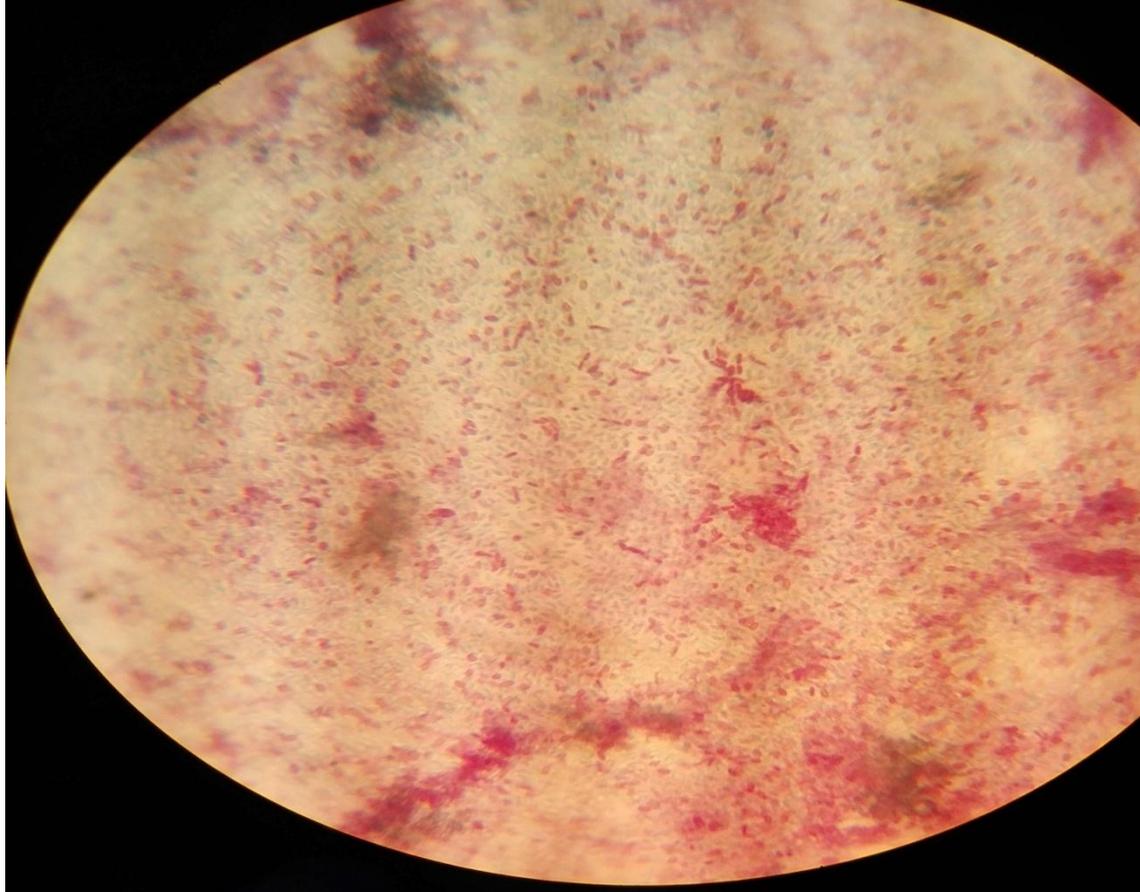


Spores terminales et déformantes chez Clostridium



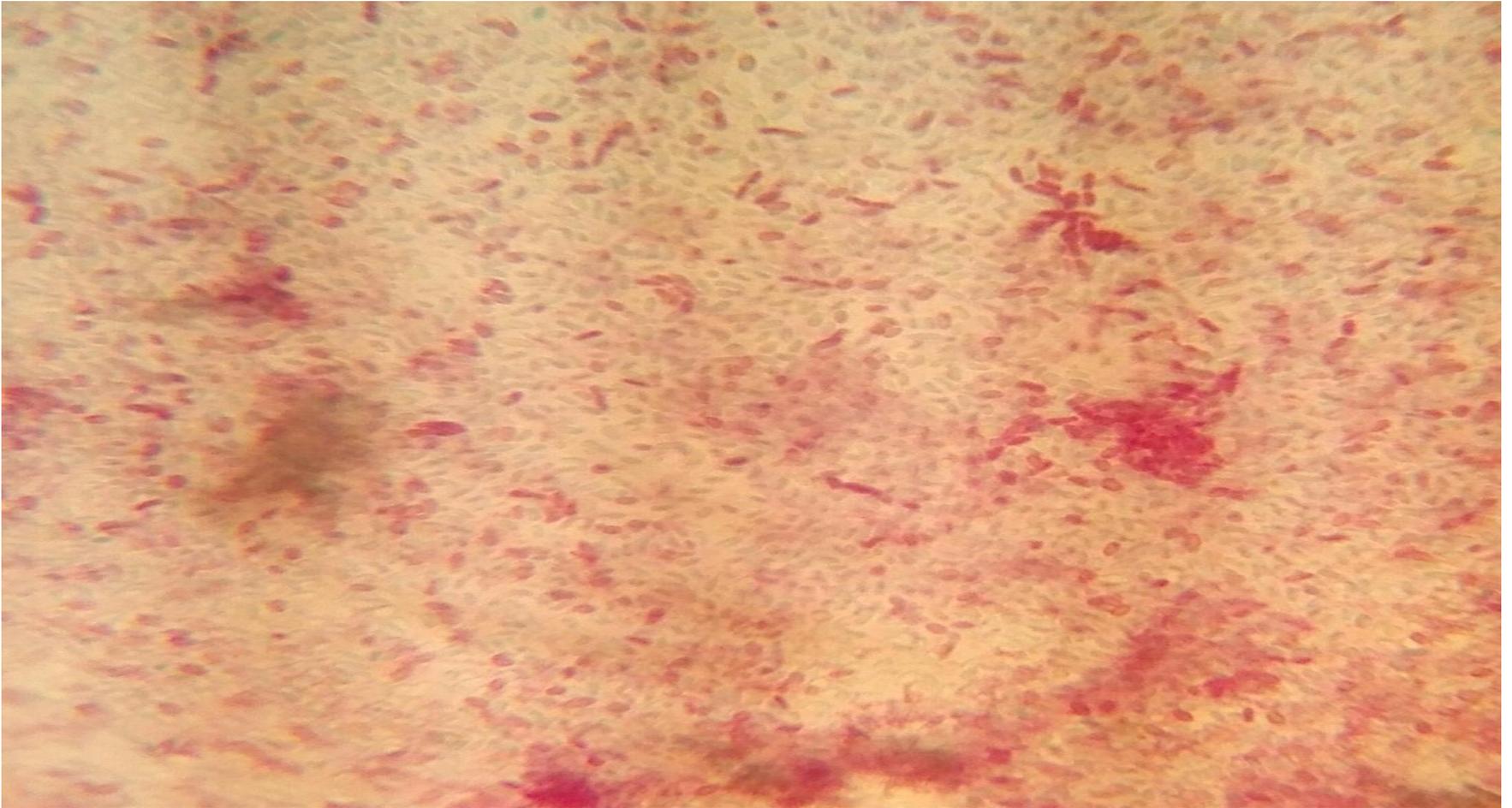
Spores terminales et libres chez *Plectridium*





Spores centrales et libres chez *Bacillus subtilis* (verte au vert de malachite) FST Errachidia (TP3)

Spores centrales et libres chez *Bacillus subtilis* (verte au vert de malachite) FST Errachidia(TP3)



Spores centrales et libres chez *Bacillus subtilis* (verte au vert de malachite) FST Errachidia



III/ Classification des bactéries:

Protistes inférieurs, procaryotes, unicellulaires

Divisions → Caractères ↓	D.I :peau fine Gracilicutes,	D.II : peau dure Firmicutes	D.III : p.tendre Tenericutes	D.IV:p.défectueux Mendosicutes
Paroi	Type Gram-	Type Gram+	Pas de paroi <i>Mycoplasmes</i>	Sans N.A.M. Prot. ,polysacc.
Forme cellulaire	Cocci,bâtonnets; Filamenteuses. +g aine=trichome +capsule	Cocci,bâtonnets Filamenteuses + ramifications → <i>Actinomycètes</i>	Vésicules grde taille déformb filamenteuse Ramifiéounon;éléts filtrants<<0,2μ	cocci,bâtonnet filaments irreguliers Proche des ~ <i>Mycoplasmes</i>
Mode de reproduction	Bourget ;Scissiparité Scission multiple = Éclatement. Grp/ <i>Pleurocapsales</i>	Scissiparité	Bourgeonnement Fragmentation et/ou scissiparité	Scissiparité Bourgeonnement Fragmentation...
Endospores	absents+myxospores <i>Myxobactéries</i>	+endospores+hyphes asporogènes	Aucune forme de repos	Absents;aucune forme de repos
Mobilité	Mobiles /:nage ou Glisset . immobiles	Immobiles Mobiles/flagelles	Immobiles Mobiles/glissement	Mobiles/flagelles immobiles
métabolisme	phototrophe: cl/II = <i>anoxyphotobacteria</i> → PHS.anaér..cl/III= <i>oxy- photobacteria</i> PHS.aér. Chimiotrophes: <i>cl/I=Scotobacteria</i> aér.; Anaér str/fac	Chimioorganotrophes Aérobie strictes ;anaerobies strictes/ facultatives	Chimioorganotrophes* +Anaérobies facultatifs -anaér. Stricts(rares)	organotrophe,lithotrop phototrophe* Anaérobies stricts Aérobies <i>Archéobacteria</i> <i>B.Méthanogènes</i> <i>B.Halophiles</i> <i>B.thermoacidophiles</i>

Tableau 3 - La classification du « *Bergey's manual of systematic bacteriology* » (1984) et sa traduction pratique en grands groupes de bactéries

Classification du <i>Bergey's manual</i>	Les grands groupes de bactéries
Règne <i>Procaryotae</i>	
Division I. <i>Gracilicutes</i>	
Classe I <i>Scotobacteria</i>	1 Bactéries chimiolithotrophes 2 Myxobactéries 3 Bactéries à trichomes 4 Bactéries appendiculées et bactéries bourgeonnantes 5 Spirochètes 6 Bactéries à Gram -, aérobies/microaérophiles 7 Bactéries à Gram -, anaérobies facultatives 8 Bactéries à Gram -, anaérobies strictes 9 Rickettsies et chlamydiés
Classe II <i>Anoxyphotobacteria</i>	10 Bactéries phototrophes
Classe III <i>Oxyphotobacteria</i>	10 Cyanobactéries
Division II. <i>Firmicutes</i>	
Classe I <i>Firmibacteria</i>	11 Bactéries à Gram +, non sporulées
Classe II <i>Thallobacteria</i>	12 Bactéries à Gram +, sporulées
Classe III <i>Actinobacteria</i>	13 Actinomycètes
Division III. <i>Tenericutes</i>	
Classe I <i>Mollicutes</i>	14 Mycoplasmes
Division IV. <i>Mendosicutes</i>	
Classe I <i>Archaeobacteria</i>	15 Archéobactéries

Chapitre.III. **Physiologie bactérienne** **nutrition -métabolisme-croissance**

Aliments → bact.se multipl. → mil.culture

Besoins élémentaires=communs

H₂O, source de C, N₂, énergie; élét. minérx

Bact. se multiplient

Bact. incapables de se multiplier

Bact. capables de synthétiser des composants indispensables à la vie cellulaire

manque de précurseurs d'un ou plusieurs composants indispensables à la vie cellulaire

1^{er} type trophique = **prototrophes**

2^{ème} type trophique = **auxotrophes**

besoins spécifiques = **facteurs de croissance**

I/Types trophiques et métabolisme bactérien

I.1/Besoins énergétiques et production d'énergie:

Rayonnement lumineux



μorg. Phototrophes=
Photosynthétiques

Oxydation des produits chimiques



μorg.Chimiotrophes=
Chimiosynthétiques

I.1.1/Les phototrophes:

Pigments photosynthétiques → chromatophores



Végétaux



a/Photolithotrophes:

Donneur H₂=minéral

Bact.sulfureuses pourpres

Thiorhodaceae

Bact.sulfureuses vertes

Chlorobacteriaceae

Rt.lum.



b/Photoorganotrophes:

Donneur H₂= organique

Les bactéries pourpres non sulfureuses → **Athiorhodaceae**

Rt.lum.



Efflorescence bactéries sulfureuses pourpres dans une lagune d'eau usée



bactéries sulfureuses pourpres se développant sur un marécage



I.1.2/ Les chimiotrophes:

oxydation des composés chimiques

minéraux ← → organiques

a/Chimiolithotrophes: Donneur H₂=minéral

→ Bactéries aérobies = Accepteur de H₂ = oxygène

D'après le donneur H₂

- **Hydrogénobactéries** : donneur H₂=H₂



- **Sulfatobactéries**: donneur H₂ = H₂S

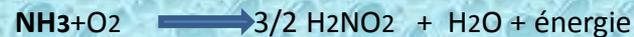


- **Sidérobactéries**: oxydation composés ferreux en ferriques.



- **Bactéries nitrifiantes**: donneur H₂=ammoniac=NH₃

Nitrites=H₂NO₂ + nitrates=HNO₃



→ Bactéries anaérobies

↓ Récepteur H₂ = minéral ↓
Nitrates sulfates carbonates

- **Bactéries dénitrifiantes:**

nitrate → oxyde d'azote ; azote ; ammoniac + énergie



- **Dissulfobactéries:**

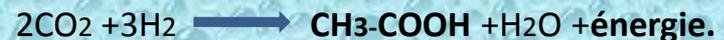
Sulfates → soufre ; l'hydrogène sulfurique + énergie.



- **Bactéries méthanogènes:** → méthane.



- **Bactéries acidifiantes:** → acide organique.



b/Bactéries chimioorganotrophes:

Donneur H₂=organique

1. récepteur = O₂

Respirat°. aérobie

grp/bact.aérobies

Glucose + O₂ → CO₂, H₂O + énergie

2. Accepteur=minéral(sulfate,nitrate)

Respirat°. anaérobies

Acide lactique → CO₂ + énergie

3. Accepteur = organique → fermentation → hydrure de carbone

(a) F.Alcoolique

Fabricat°.vin,bière et pain

Levure=Saccharomyces cerevisiae

Sucre → Alcool (éthanol)

(b) F.lactique

fabrication du fromage et yaourt

Lactobacillus et Streptococcus lactiques

Sucre → Acide lactique → homofermentation

(c) F.Propionique

F.secondaire de certains fromages à pâte cuite=Gruyère.

Propionibactéries →

acide propionique +acide lactique

→ hétérofermentation

(d) F.acétique

Acétobactéries

Ethanol ou Glucose

↓
Acide acétique

(e) F.butanoïque =F.butyrique

F.des boîtes de conserves

Clostridium butyricum

Clostridium perfringens

Glucose → Acide butyrique +

Butanol

II.2/Catabolisme et anabolisme:

II.2.1/Catabolisme:

Dégradation des molécules organiques

↓
molécules simples + énergie

↓
Anabolisme =synthèse

a/Catabolisme des glucides:

Rôles

← Identification
Des bactéries

↓
Diagnostic

← Infection

↓
intoxication
alimentaire

↓
dégradation de la
cellulose par les bactéries

↓
digestion de l'herbe ,facilitée
pour les bovins herbivores

→ biotechnologie

↓
fermentation
Production industrielle

↓
alimentaire
lactose
fermentation lait

↓
fabrication fromage

↓
pharmaceutique
vitamines

→ Catabolisme des polysaccharides

Amidon = polyglucose

amylose 20%

amylopectine 80%

Amylases microbiennes = exoenzymes

alpha amylases = endoamylases

Maltose
+ maltotriose
+ dextrine

Bêta amylases = exoamylases

maltose
+ dextrine

gamma amylases = glucamylase

glucose

Bacillus
Clostridium
Aspergillus

cellulose = poly-bêta-(1-4)-D glucoypyranose

cellulase

glucose + maltose

Organismes cellulolytiques

Bacillus
Clostridium
Cellulomonas
pseudomonas
moisissures.

Pectine = gélatine des tissus végétaux

Pectine esterase

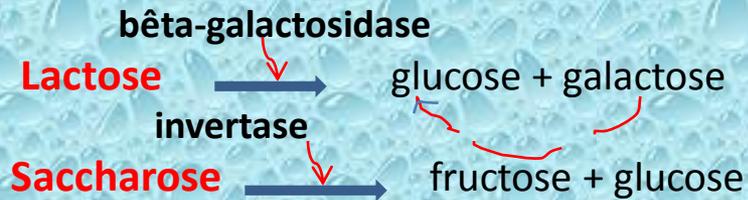
Acide galacturonique

Chitine

chitinase

chitibiose

Catabolisme des disaccharides

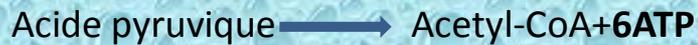


D\^egradation du glucose.

1/ **Voie de la glycolyse = Embden Meyerhof.**



2/ **D\^e-carboxylation des pyruvates:**



3/ **Cycle de krebs= cycle des acides tricarboxyliques**



Respiration

38 ATP

4 / **Voie des pentoses phosphates.**

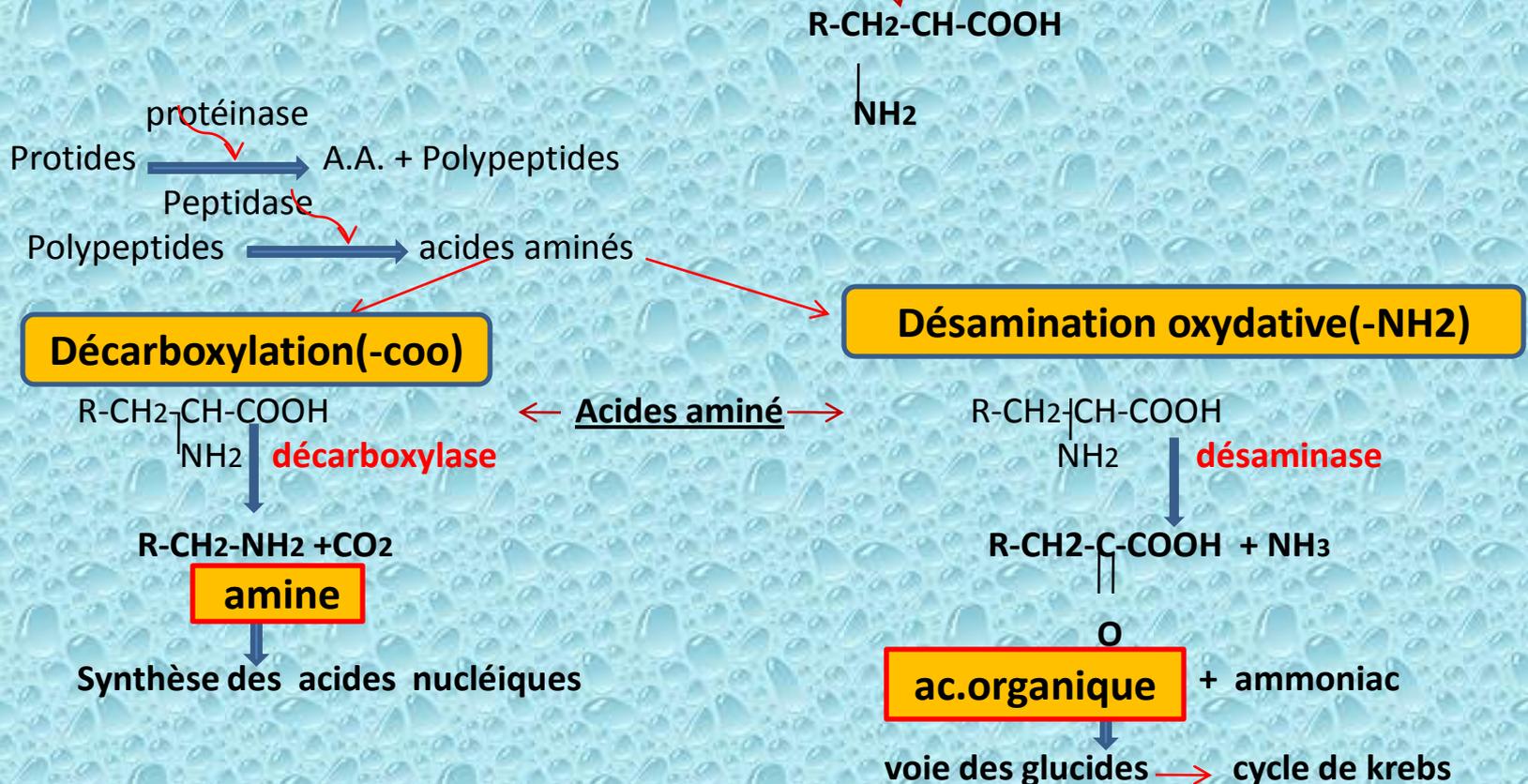


5 mol\^ecules Glucose

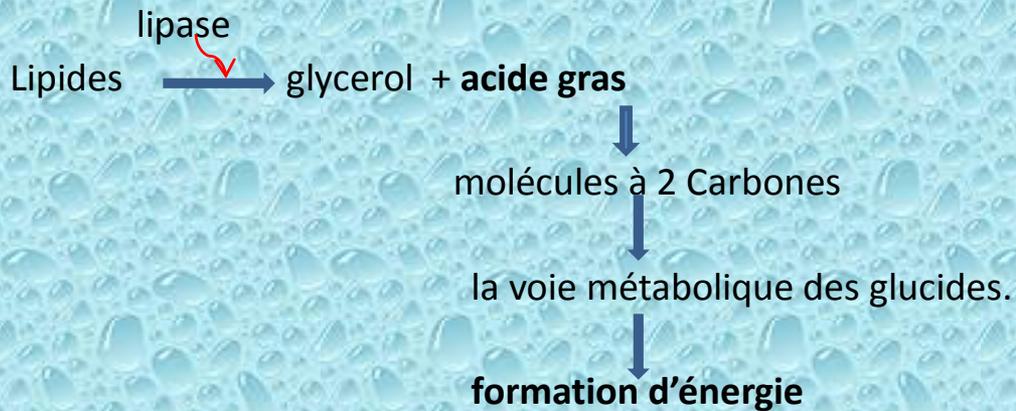
d\^egradation d'une mol\^ecule de Glucose
+ **35 ATP.**

b/Catabolisme protidique.

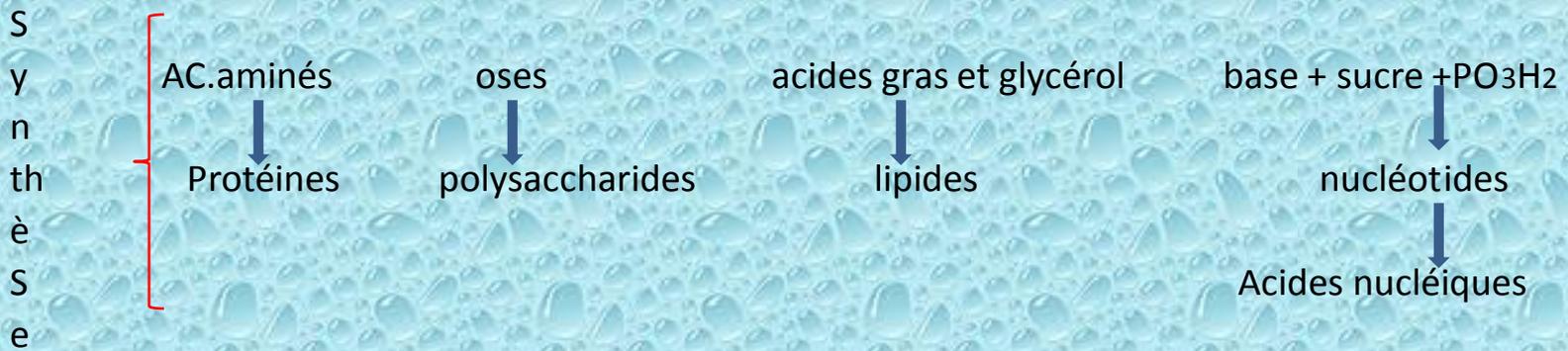
Protides = polymère d'acides aminés



c/ Catabolisme lipidique:



I.2.2: Anabolisme :



II/Culture des bactéries:

II.1/ Besoins nutritifs:

= Ensemble d'aliments d'un milieu de culture



Croissance bactérienne

II.1.1/Besoins élémentaires:

= Besoins communs de toutes les bactéries

a/Source de carbone → anabolisme + énergie

CO₂



Autotrophes



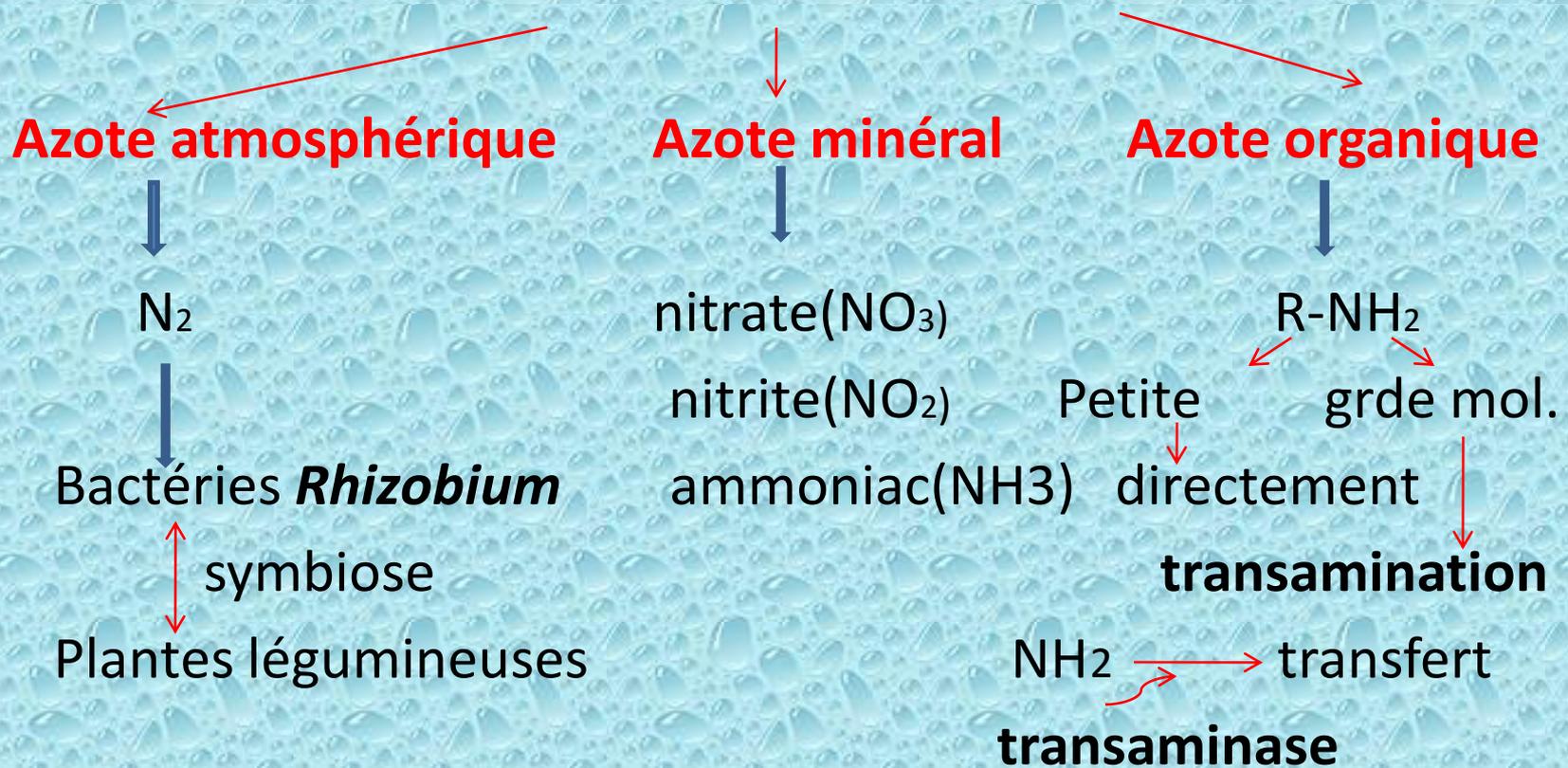
Milieu inorganique

molécules organiques



Hétérotrophes

b/Source d'azote:



c/Source de minéraux:

Le soufre

↓
Ac.aminés soufrés

↙
Méthionine

↘
Cystéine

les phosphates

↓
P inorganique = PO_4^{2-}

↙
acides nucléiques

↘
coenzyme

↘
ATP

minéraux ionisés

↓
 $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Cl}^-, \text{Mg}^{2+}$

↓
équilibre ionique des bactéries

Cofacteurs

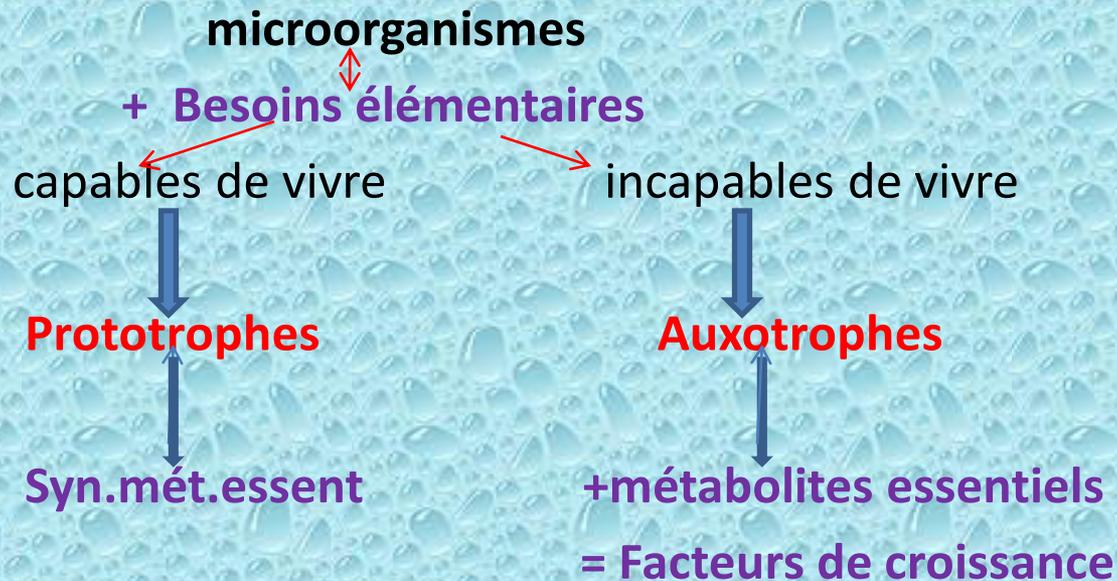
↓
 $\text{Fe}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Cu}^{2+},$

$\text{Mn}^{2+}, \text{V}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$

↓
réactions enzymatiques

II.1.2/Facteurs de croissance:

=composés organiques
bactérie incapable de les synthétiser
indispensables pour son dévelopt.



a/Nature des facteurs de croissance:

TABLEAU 4
Principaux facteurs de croissance microbiens

Facteurs de croissance		Fonction ou coenzyme	Organismes auxotrophes
Bases puriques ou pyrimidiques	Adénine	constituants des ac. nucléiques	<i>L. plantarum</i> <i>L. casei</i>
	Guanine Uracile Thymine		
Acides aminés	Acide glutamique	constituants des protéines	<i>L. arabinosus</i> <i>S. typhi</i>
	Lysine Arginine Tryptophane Tyrosine		
Vitamines	B ₁ - Thiamine	cocarboxylase (TPP)	<i>St. aureus</i> <i>L. fermenti</i>
	B ₂ - Riboflavine	FMN, FAD	<i>L. casei</i> <i>Str. hemolyticus</i> <i>Cl. tetani</i>
	B ₅ - Acide pantothérique	coenzyme A	<i>Lactobacillus</i> <i>Pr. morgani</i> <i>Zymomonas mobilis</i>
	B ₆ - Pyridoxal	pyridoxal-phosphate	<i>L. casei</i> <i>Str. faecalis</i>
	B ₁₂ - Cobalamines		<i>L. lactis</i> <i>L. lichmanii</i> <i>Euglena gracillis</i> <i>Ochromonas sp.</i>
	PP - nicotinamide	pyridine-nucléotides	<i>Y. pestis</i>

Facteurs de croissance		Fonction ou coenzyme	Organismes auxotrophes
Vitamines	Acide nicotinique	pyridine-nucléotides	<i>Pr. vulgaris</i> <i>L. arabinosus</i>
	Acide pimélique	biotine	<i>C. diphtheriae</i>
	Acide folique	formylations	<i>L. casei</i> <i>Str. faecalis</i>
	Acide para-amino-benzoïque	acide folique	<i>Cl. acetobutylicum</i> <i>Cl. tetanomorphum</i> <i>Acetobacter suboxydans</i>
	Acide lipoïque	transporteur d'électrons	<i>L. casei</i> <i>L. delbrueckii</i> <i>Cl. tetani</i>
	Biotine	« coenzyme R » (carboxylations)	<i>L. arabinosus</i> <i>Rhizobium trifolii</i> Streptocoques <i>Sc. cerevisiae</i> et autres levures
	Choline	synthèse des phospholipides	Pneumocoque type III
	Hème (facteur « X »)	synthèse des hémoprotéines	<i>H. influenzae</i> <i>H. canis</i>
	K ₃ - Ménadione	transporteur d'électrons	<i>M. paratuberculosis</i>

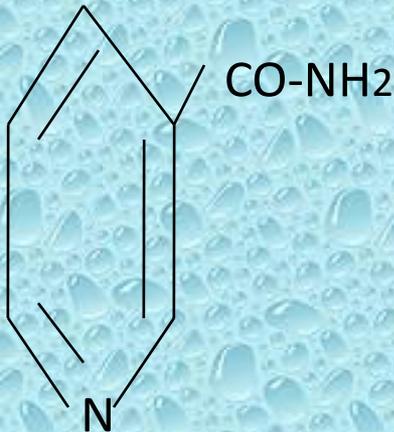
b/Propriétés des facteurs de croissance

Agissent à très faible concentration : qlq μg **vitamines**

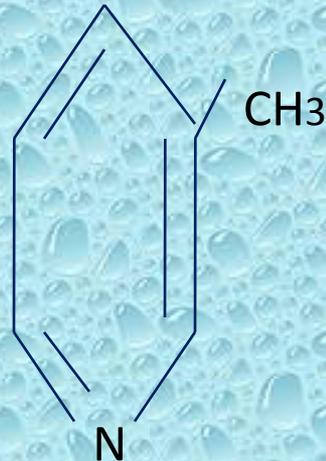
25mg / l **Ac.aminés**

10mg/l **bases**

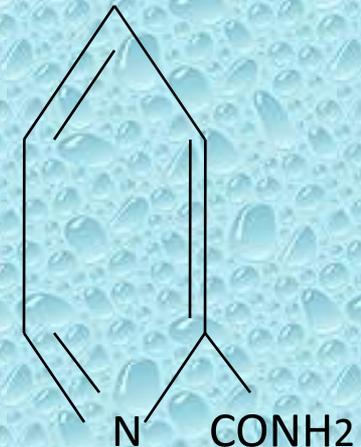
Spécifiques:Exemple \rightarrow Nicotinamide et Proteus.



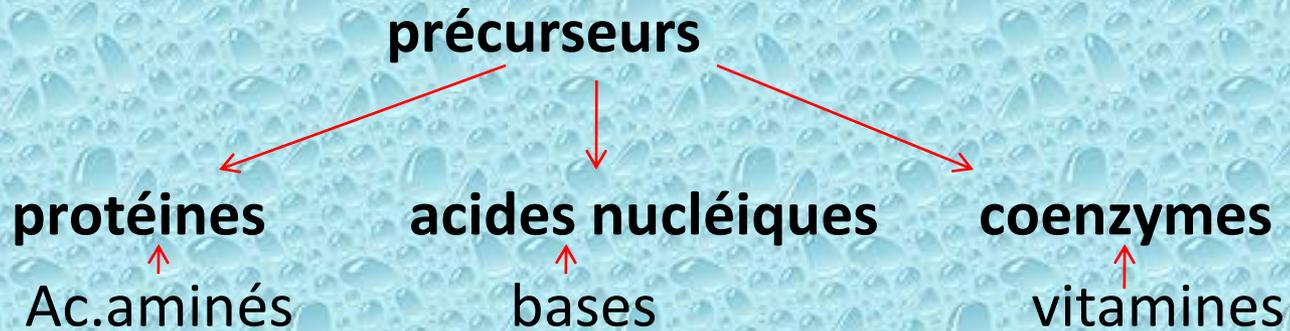
Nicotinamide
croissance de Proteus



pas de croissance



c/Mode d'action des facteurs de croissance



**F.C= constituants essentiels
synthèse de composés
indispensables à la vie cellulaire**

d/Phénomène de syntrophie:

syntrophie=

Les besoins en F.C d'une espèce microbienne Sont satisfaits par une autre sp capable de synthétiser ce Facteur de Croissance

Expérience: La culture d'*E.coli* **prototrophe** avec *Proteus* **auxotrophe** pour le nicotinamide dans un milieu minimum.

+ besoins élémentaires



Le nicotinamide est un métabolite essentiel pour les 2 espèces et un facteur de croissance pour *Proteus*.

II.2/Facteurs physiques:

a/La température:

Température optimale de croissance

↓
3 grandes catégories

Les mésophiles

Meso=median

$T_{opt}=30^{\circ}-37^{\circ}C$

$20 < T < 40^{\circ}C$

Les psychrophiles

psychro= froid

$T_{opt}=10^{\circ}C$

$T=0^{\circ}C$

Les psychrotrophes

$T_{opt}=25^{\circ}C$

s'adapte à $0^{\circ}C$

Les thermophiles

thermo=chaud

$45^{\circ}C \leq T \leq 55^{\circ}C$

**Thermophiles extrême
= hyperthermophiles**

$T_{opt}=70^{\circ}C$

Thermotrophes

$T_{opt}=30^{\circ}C, s'adapte T=50^{\circ}C$

b/Le PH: =[ion H+]

Acidophiles

Thiobacilles PH=2
Lactobacilles PH=6

PH neutre

majorité des bact
PH:6_8

basophiles= alcalophiles

Vibrio PH=9

rôle → connaissance du PH optimal → préparer les M.C.

c/La pression osmotique:

Paroi → bactéries insensibles aux variations de la P.O. (sauf si PO ↑)

Halophiles

Milieus salés

$0,2 < [NaCl] < 5,2$ mole/l

Bact marines

bact. Saumures

=*Vibrio*

Non halophiles

$[NaCl] < 0,2M$

Halotolérants

Staphylococcus

certaines *Lactobacilles*

Levures

Moisissures

d/L'aération :

Aérobies stricts

Anaérobies stricts

Aérobies_anaérobies facultatifs

Microaérophiles

Présence O₂ libre

absence O₂

+ ou - O₂

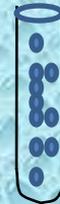
+faible quantité O₂

O₂ indispensable

O₂ utilisé
non indispensable



M.C.solide



O₂ non toxique

O₂ toxique

non toxique

III/ La croissance bactérienne:

= ↗ nbr bact (ou levure)

= ↗ masse

La mesure de la croissance

dénombrement bact

mésure masse bact

poids sec

mésure l'azote bact

=14% du poids sec

III.1/Dénombrement des bactéries

a/Détermination microscopique

Comptage direct

microscope optique

Lames creuses → quadrillées + volume connu = chambre graduée

cellule de Thoma

cellule de Malassez

Exp: dénombrement du *Pneumocoque* → méningite → L.C.R.

Inconvénients techniques → bactéries mobiles

II- LES MOYENS D'ETUDE DE LA CROISSANCE MICROBIENNE

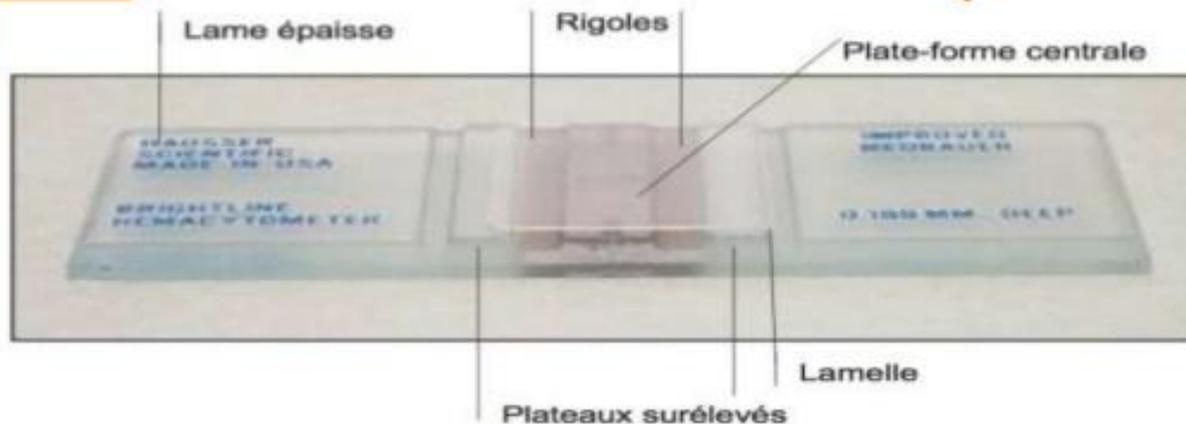
II-1 Les méthodes directes

II-1-1 Mesure de nombre des cellules

1-Comptage total

A- Lecture au microscope

Cellule de numération hématimétrie
(Cellule de Thoma, Cellule de Malassez
Cellule de Pétroff- Hauser)



0,100 mm
Tiefe
Depth
Profondeur

0,0025 mm²

Profondeur

Thoma

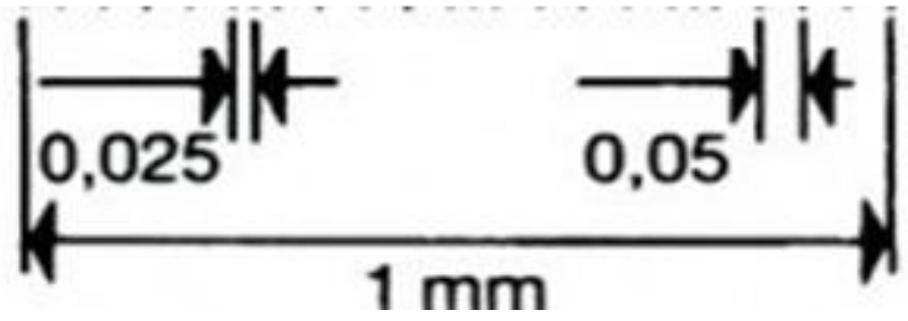
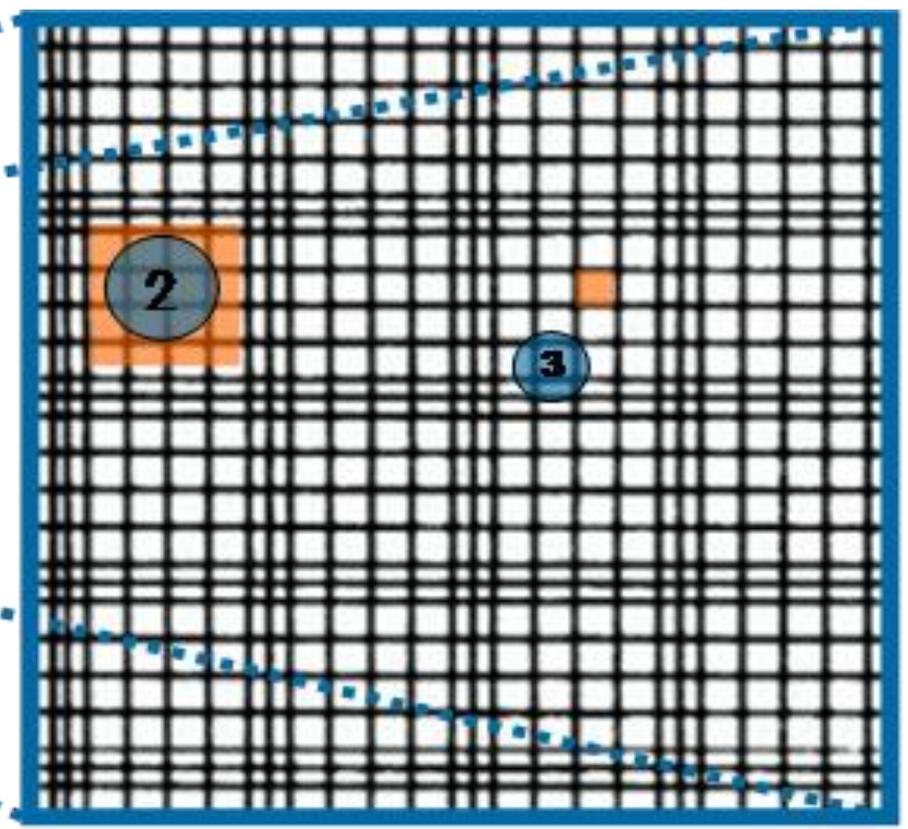
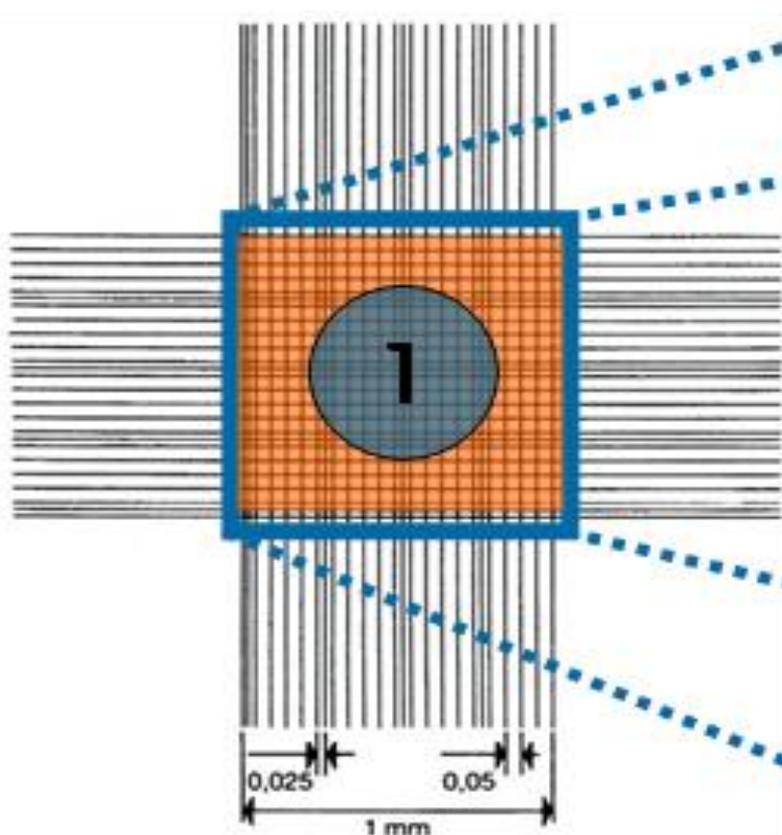


0,100 mm
Tiefe
Depth
Profondeur

0,0025 mm²

Thoma
neu







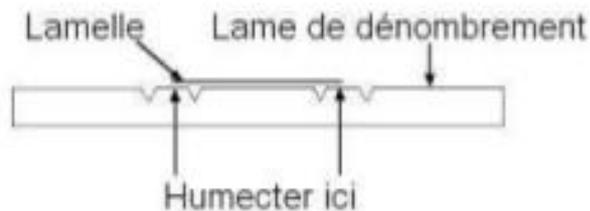
0,200 mm
Tiefe
Depth
Profondeur

Malassez



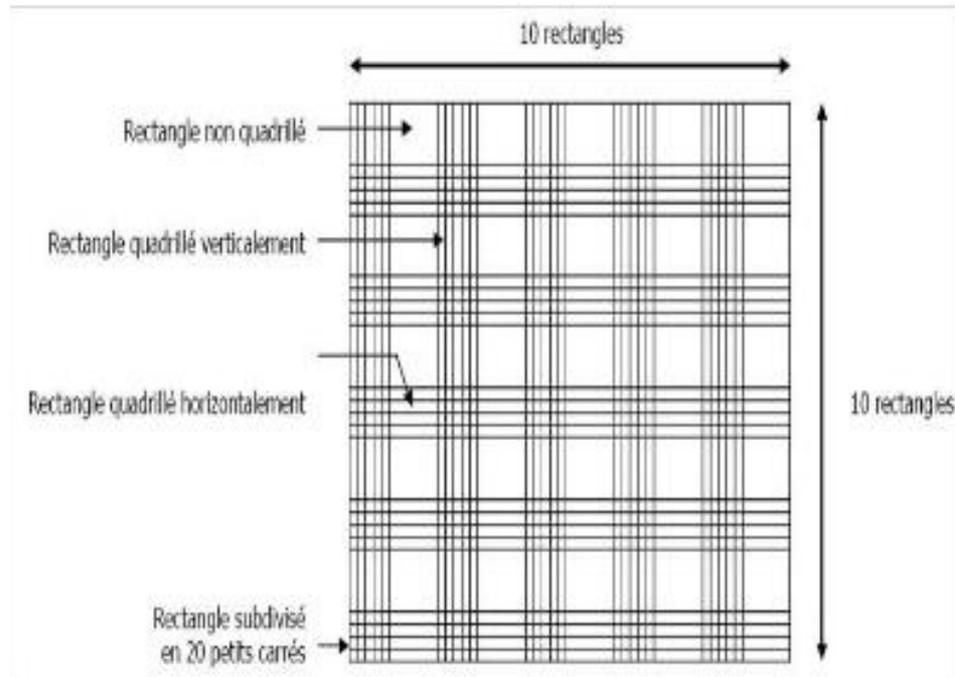
Assistent

Principe



- La cellule de Malassez est une lame de verre spéciale comportant 2 rigoles qui délimitent une surface plane.
- Au centre de cette surface plane est tracé un quadrillage délimitant 100 carrés.
- Lorsqu'on place la lamelle, celle-ci est maintenue à une certaine distance du quadrillage, délimitant un volume de $0,01 \text{ mm}^3$





Le quadrillage est donc constitué de 10 bandes verticales de 0,25 mm de large et de 10 bandes horizontales de 0,20 mm de large formant ainsi 100 rectangles, on ne comptera les cellules que dans 10 des 25 rectangles non contigus pris au hasard dans la cellule



Technique de Breed

Un volume précis d'une suspension bactérienne
étaler à la surface de la lame(1cm²)

↓
fixation

↓
coloration

↓
séchage

↓
compter les bactéries dans plusieurs champs microscopiques
calculer la moyenne

Exp: dénombrement du **bacille de Koch**.

Rq: diamètre du champs microscopique est mesuré au préalable

Avec micromètre objectif.

b/Mesure de la masse des bactéries par turbidimétrie

Mésurer le trouble = **turbidité** du milieu

↓
Photomètre

↓
Absorption de la lumière



$\text{Log } I_0/I = A = \text{Absorbance}$

I_0 = lumière incidente

I = lumière absorbée

$\text{Log } I_0/I = KCL = KC \Rightarrow C = \text{Log } I_0/I \times 1/K$

L = épaisseur de la cuve = 1cm

C = [cellulaire]

K = coefficient d'absorbance

*Inconvénients de la méthode: ne différencie pas entre cellule vivante et morte. ➡

*Dénombrement après dilution et ensemencement sur milieu solide ➡ cellule vivante.

c/Dénombrement indirect par mesure de l'activité bactérienne

Consommation d'un substrat dans le milieu

Source d'azote

source de carbone

O₂

facteurs de croissance

Concentration d'un constituant cellulaire

[ATP]

Production d'une molécule excrétée par la cellule

CO₂ (oxydation des substrats carbonés → sucre)

Variation physicochimique du milieu

Mesure PH au cours fermentation

Il existe une corrélation entre activité et nombre bactérien

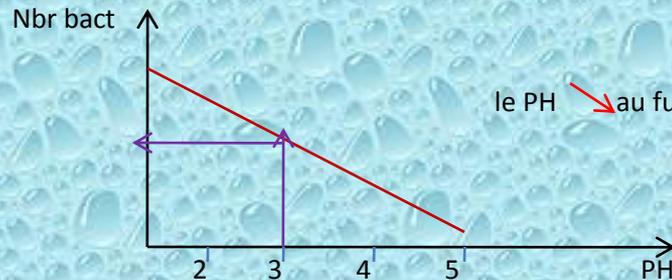
Exp:

Dégradation du lactose par les bactéries

PH du milieu

mesure de l'activité cellulaire par mesure de la variation du PH.

courbe d'étalonnage: Le nombre de bactéries(mesuré par une autre méthode) en fonction de la variation du PH



III.2/ Constantes de la croissance:

Milieu convenable → croissance rapide des bactéries avec

2 constantes de croissance

Taux de croissance

temps de génération

III.2.1/Temps de génération=G:

G=intervalle du temps qui sépare 2 divisions

$$G = \text{temps d'incubation} / \text{nombre de divisions} = t/n$$

n=nombre de générations =nombre de divisions

G=constante spécifique des bactéries

Exemple:

E.coli → G= 20 mn à 37°C → temps d'incubation → 18h → milieu liquide } prélèvements
→ 24h → milieu solide } pathologiques
→ 48h } biotope=environnement(eau)

bacille de la tuberculose → G=800 mn → t = 45 jours. →

Lactobacillus acidophilus → G=100mn

Relation étroite entre G et temps d' incubation.

III.2.2/ Taux de croissance= μ :

= nombre de générations par unité de temps.

$$\mu = n/t = \text{vitesse en h}^{-1}$$

III.3/Expression mathématique de la croissance:

	To	Suite géométrique:				n
Génération:	0	1	2	3	4	n
Nbr de bact:	N_0	$2N_0$	2^2N_0	2^3N_0	2^4N_0	2^nN_0

$$N_n = 2^n N_0$$
$$n = \mu t$$

$$N_n = 2^{\mu t} N_0 \Rightarrow N_n / N_0 = 2^{\mu t}$$

$$\text{Log } N_n / N_0 = \mu t \text{Log } 2$$

$N_0 = \text{constante}$
 $\text{Log } 2 = \text{cst}$
 $\mu = \text{constante}$

La courbe du nombre de bactéries en fonction du temps = droite

Théorie

La croissance bactérienne

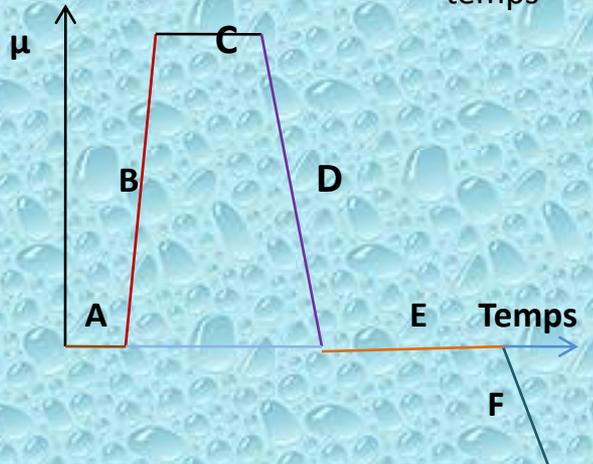
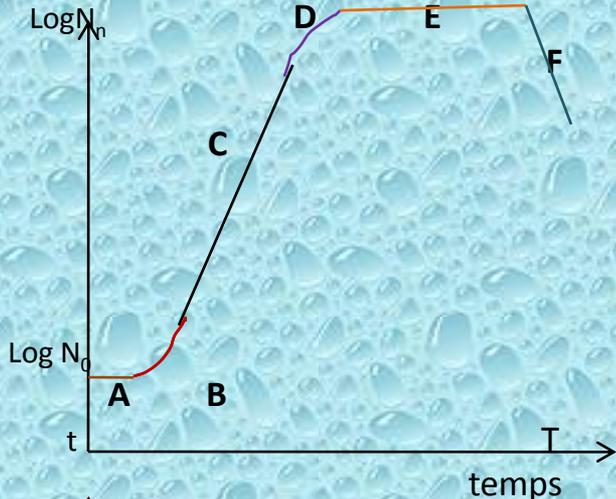
contraintes

nourriture
équipement enzymatique
substances toxiques du métabolisme

La vraie courbe n'est pas une droite

Expérience

Courbe de croissance en milieu non renouvelé (croissance discontinue) phases de la croissance et paramètres d'état (μ, G): $\text{Log} N_n / N_0 = \mu t \text{ Log} 2$



A=Phase de latence

$\mu_t = 0$ $N_n = N_0$
 durée +ou - longue ou inexistante

La masse bact âge composition du milieu
 +inoculum ↑ + Cel .jeune inoculum d'une phase C
 +A est réduite + A courte milieu nutritif

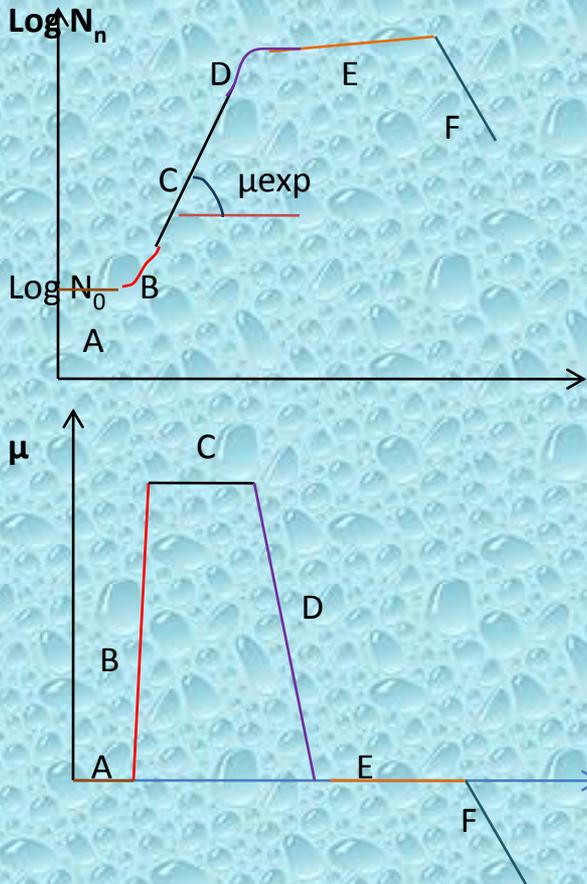
Milieu neuf identique milieu différent
 ↓ ↓
 culture démarre en phase Exponentielle C Phase de latence

A=phase d'adaptation enzymatique

B=Phase d'accélération

N_n ↑ μ_t ↑ $\mu_t = \mu_t \text{ max}$

Courbe de croissance:
 $\text{Log } N_n / N_0 = \mu t \text{ Log } 2$



C=Phase exponentielle

N_n ↗ ← $\mu_{\text{expo}} = \text{constante} = \text{max}$
 = droite théorique → = pente de la droite

Les bactéries se multiplient activement
 libèrent des métabolites secondaires

Intérêt industriel

causant des maladies

Vitamines
 Antibiotiques

toxine

Bacillus polymyxa

Bacillus licheniformis

Polymyxine

Bacitracine

μ dépend des conditions d'environnements

T° PH Nature et [aliment]

= Paramètres physicochimiques

= paramètres d'action de la croissance

D = Phase de décélération

N_n ralentit

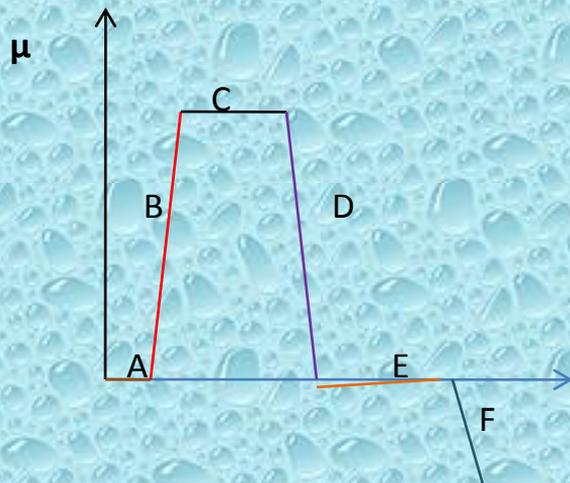
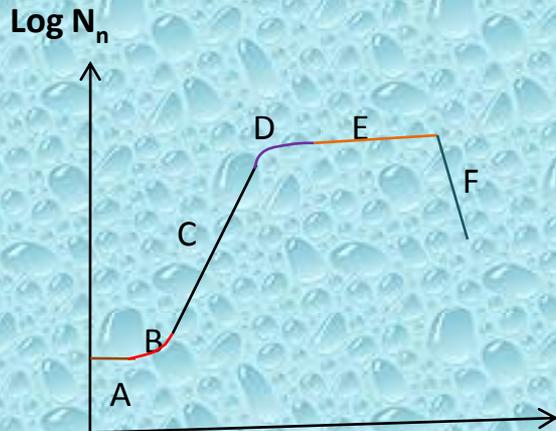
μ_t ↘

$\mu_t=0$

Phase stationnaire

COURBE DE CROISSANCE

$$\text{Log} N_n / N_0 = \mu t \text{Log} 2$$



E= Phase stationnaire

$$N_n = \text{constante}$$

$$\mu_t = 0$$

Milieu défavorable à la croissance bactérienne

- Epuisement des aliments du milieu ↔ facteur limitant
- Accumulation déchets toxiques du métabolisme.
- Evolution défavorable du PH .
- Sporulation de certaines bactéries .

F= Phase de déclin

Pas de division cellulaire

Les bactéries meurent → lyse par les autolysines

$$\mu_t < 0$$

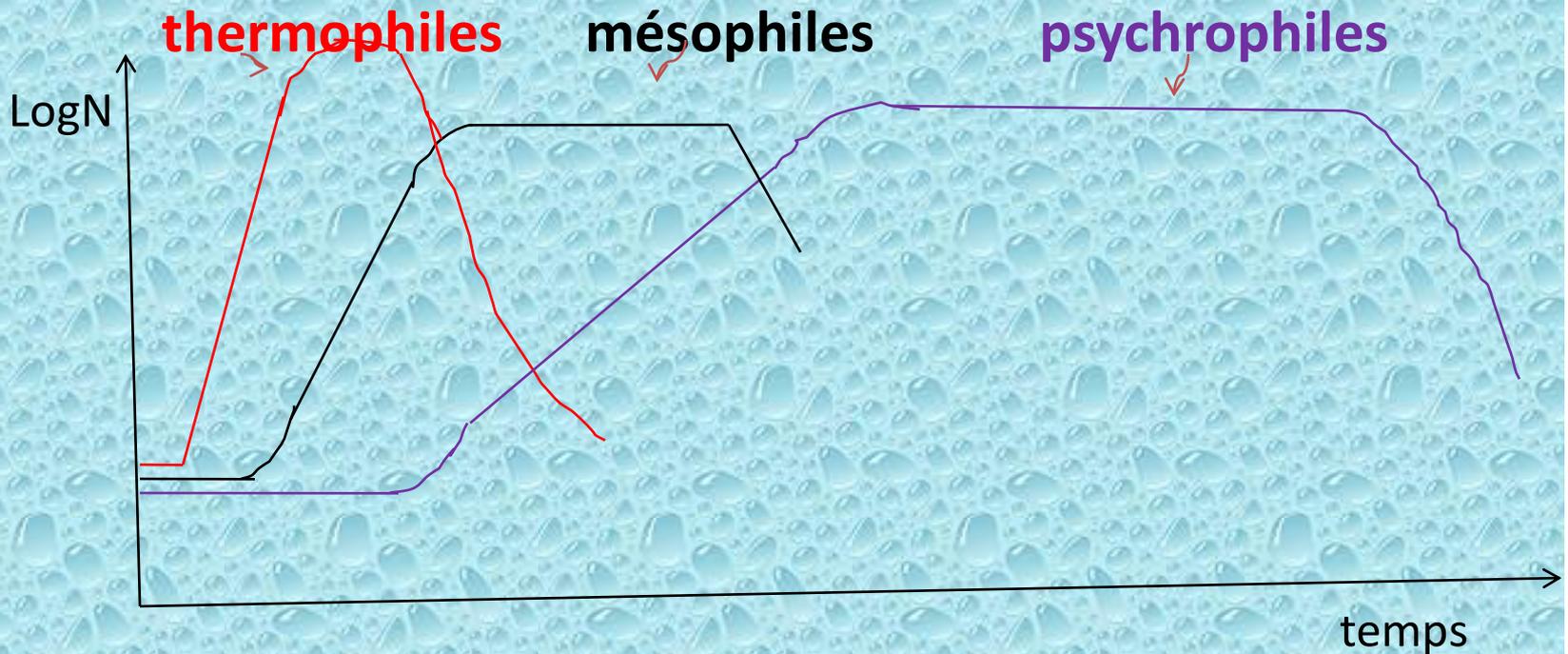
N_n

$$\neq 0$$

Bactéries mortes = source de nourriture.

Variation de la courbe de croissance selon le paramètre d'action = température

→ 3 catégories de microorganismes



Croissance bactérienne en milieu renouvelé

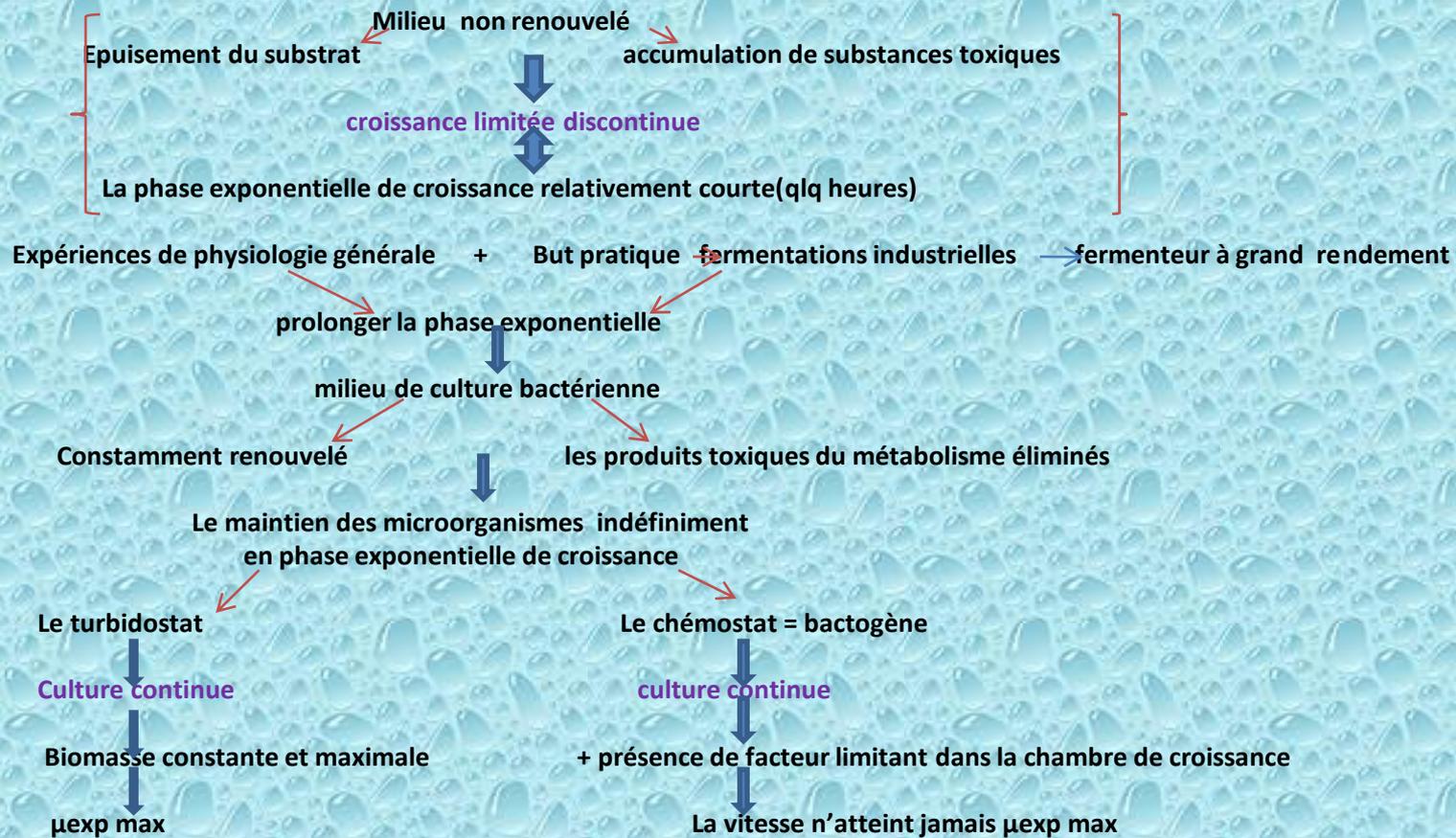


Planche 12: Turbidostat ; chémostat

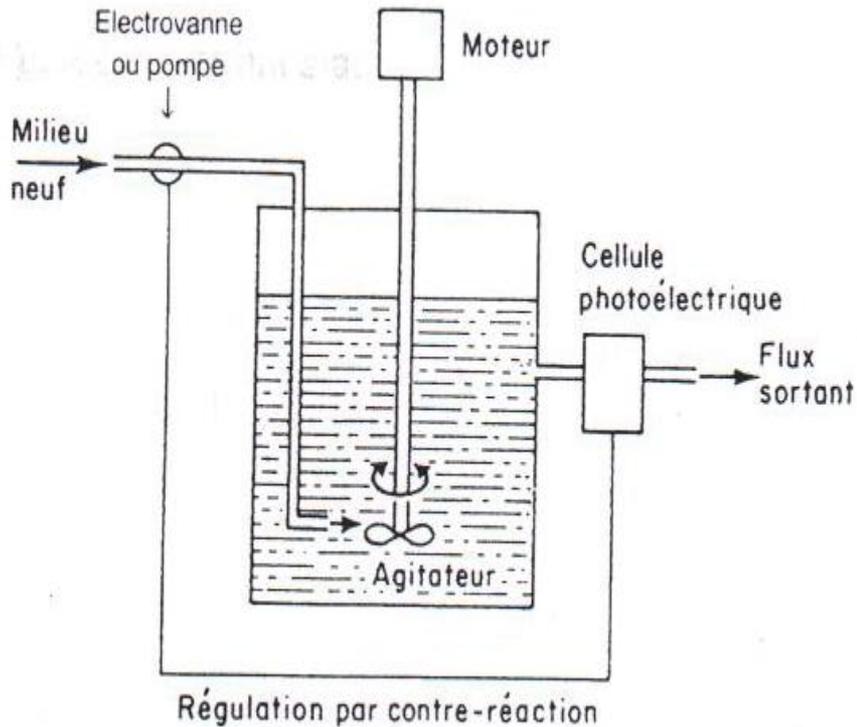


Fig. 17 - Turbidostat.

apport permanent dumilieu de culture autorégulation: la masse reste toujours constante et maximale = $\mu_{exp}M$.

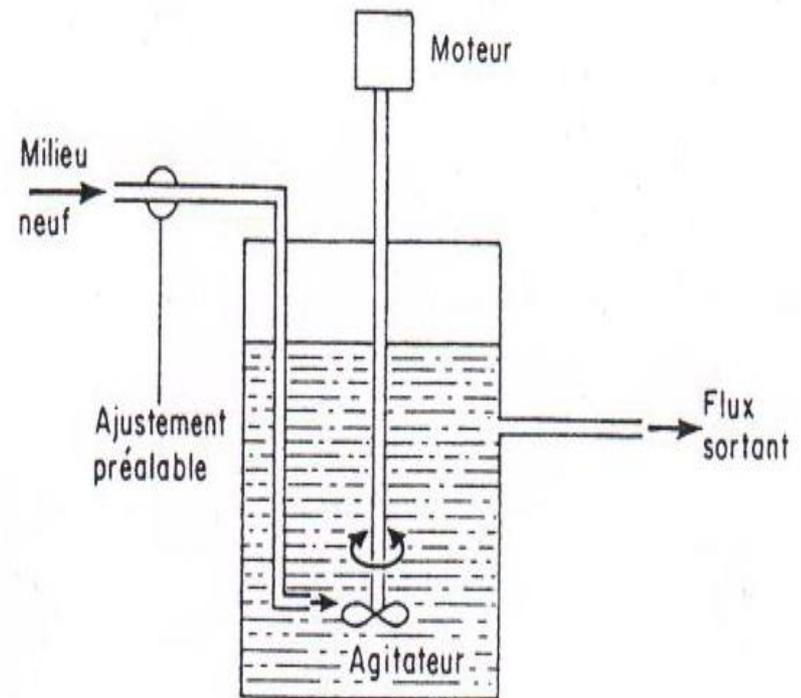


Fig. 18 - Chémostat.

Les μ org se multiplient jusqu'à une limite = [facteur limitant] donc apport du milieu neuf qui chasse par le trop plein, le volume de culture bactérienne. la vitesse n'atteint jamais $\mu_{exp} M$

Fermenteurs industriels

