

Pr. N. BENAMROUCHE

3ème année de Médecine Année universitaire 2024-2025

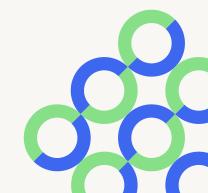




Tableau des matières

01

Introduction

04

Croissance bactérienne

07

Conclusion

02

Nutrition bactériene

05

Conditions physico-chimiques de la croissance bactérienne 03

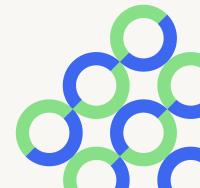
Métabolisme bactérien

06

Applications des connaissances de la physiologie bactérienne

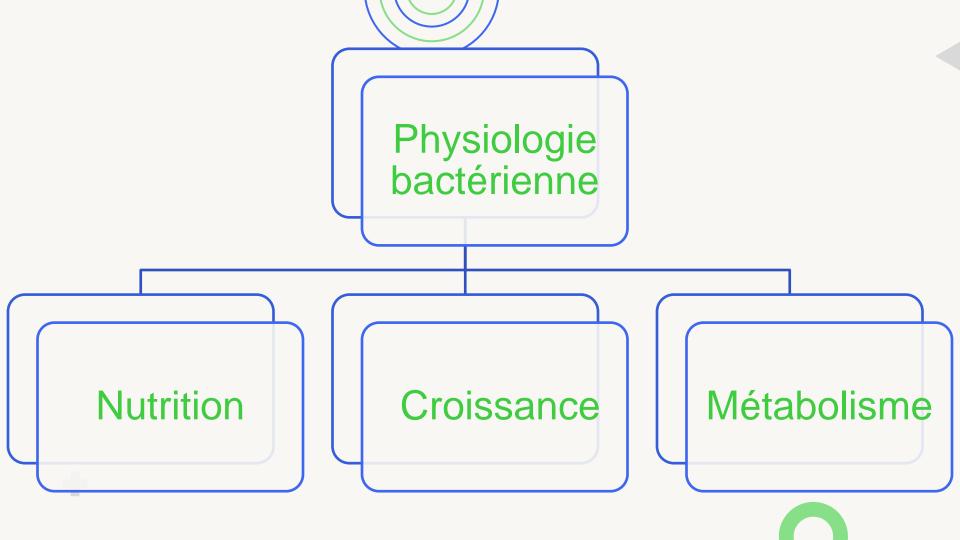
01

Introduction



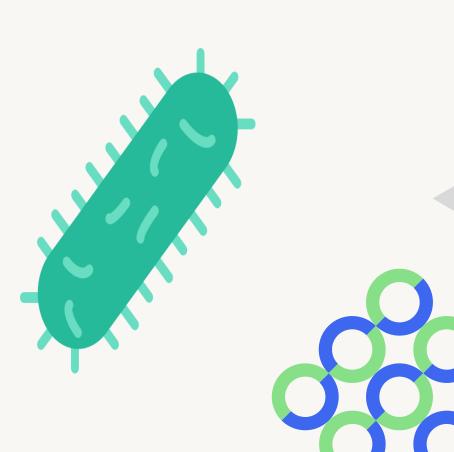
Introduction

- La physiologie bactérienne consiste à étudier la nutrition, le métabolisme et la croissance des bactéries en fonction des variations (naturelles ou contrôlées) du milieu dans lequel elles vivent.
- L'étude de la nutrition est l'analyse des besoins élémentaires et énergétiques nécessaires à la croissance de la bactérie, ainsi que des facteurs physico-chimiques susceptibles d'influencer cette croissance.
- Dans un environnement optimal, la cellule bactérienne, grâce à son système enzymatique très développé, va donner naissance en peu de temps (20 minutes pour la majorité des bactéries de l'environnement), à deux bactéries filles : on parle de croissance bactérienne. Elle se manifeste par une augmentation numérique des cellules bactériennes.



02

Nutrition bactérienne



Définition

C'est l'analyse des besoins élémentaires, énergétiques et spécifiques nécessaires au fonctionnement et à la croissance de la bactérie, ainsi que des facteurs physicochimiques susceptibles de les influencer.



- H2O: 75 à 90 % de son poids total

- Matière sèche :

50 % de Carbone 20 % d'Oxygène 8 à 15 % d'Azote 10 % d'Hydrogène

1 à 6 % de Phosphore

0,1 à 1 % de Soufre

Autres: Potassium, Calcium, Magnésium, Chlore, Sodium, Zinc, Cobalt, Manganèse,...

: 0,3 % (traces)

1. Besoins élémentaires

Eau
O2, H2, C, N2, P, S
Ions minéraux (Mg, K, Cl, Fe, Co...)
Oligoéléments (Cu, Zn, Mn,...).

>H20

- Besoin majeur
- Composition de tous les milieux de culture
- Source d'H2 et d'O2

> A fournir en grandes quantités

- > Carbone,
- > Azote,
- > Phosphore,
- > Soufre



- > En plus faible quantité, les éléments minéraux :
- Équilibre physico-chimique de la bactérie : Na ,K , Mg et Cl
- Enzymes ou coenzymes : Fe (cytochromes)

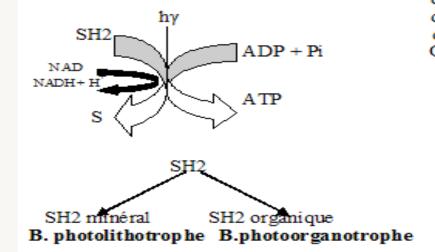
- ➢ Oligo-éléments (indispensables en quantité infime) : Ca , Mg , Co Cu, Mn,...
 - 0.14 mg de Fer/l pour synthèse de la toxine diphtérique, Fer + Magnésium pour production de Prodigiosine chez *Serratia marcescens*

2. Besoins énergétiques

- Soit l'énergie lumineuse (bactéries Phototrophes),
- Soit l'énergie fournie par les processus d'oxydo-réduction (bactéries Chimiotrophes)

Bactéries Phototrophes

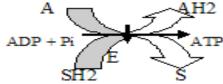
Elles utilisent un substrat oxydable minéral ou organique, comme source d'électrons.



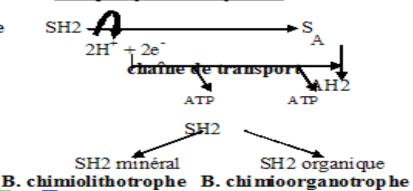
Bactéries Chimiotrophes

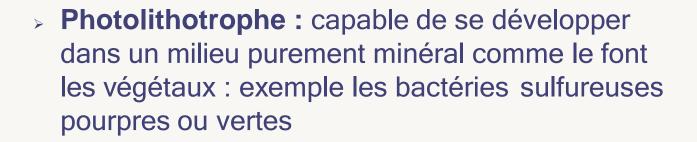
Elles puisent leur énergie au niveau de réaction REDOX, couplant une réaction d'oxydation d'un substrat SH2 à une réaction de réduction. L'énergie est fabriquée au cours de ces réactions REDOX par Phosphorylation. On distingue 2 types de Phosphorylation:

Phosphorylation au niveau du substrat :



- Phosphorylation oxydative :





Photoorganotrophe : exemple les bactéries pourpres non sulfureuses

Chimiolithotrophe : exemple bactérie oxydant l'hydrogène

➤ Chimioorganotrophe (bactéries pathogènes d'intérêt médical, de contamination alimentaire, d'usage industriel,...)

3. Substances spécifiques ou facteurs de croissance

Acides aminés, bases puriques et pyrimidiques ou des vitamines

besoins quantitatifs de 10 μ g (AA , bases) et de 1 μ g (vitamines)

Caractères communs:

- actifs à concentration infime
- étroitement spécifiques

Bactéries Auxotrophes (Exigeantes)

Bactéries Prototrophes (non exigeantes)

Exemples:

E. coli : n'exige aucun facteur de croissance, se multiplie sur milieu minimum

<u>Haemophilus influenzae</u> : bactérie auxotrophe exige facteur V (coenzyme I et II) et facteur X (Hémine)





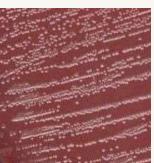


Culture d'Haemophilus influenzae

et

test du satellitisme

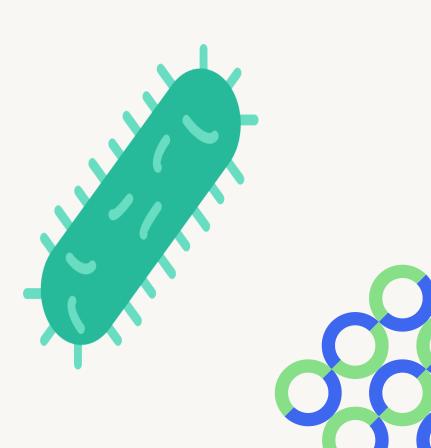






03

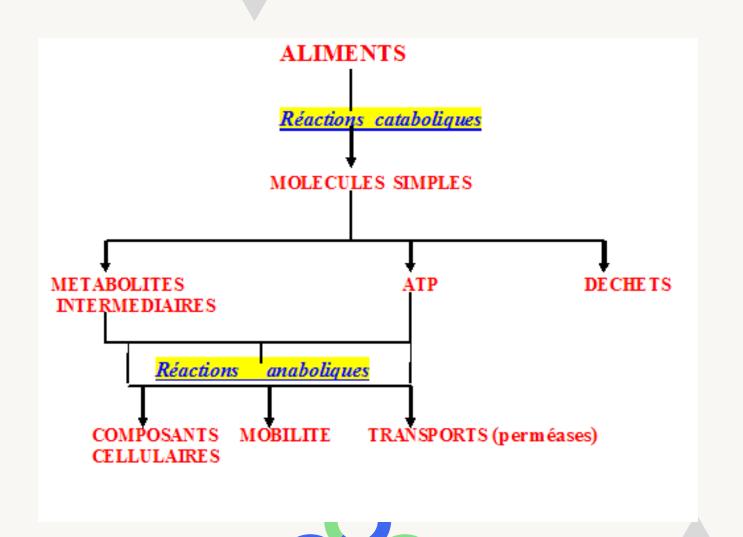
Métabolisme bactérien



Définition

Transformations chimiques (réactions de biosynthèse et de dégradation), qui assurent l'élaboration des constituants bactériens et leur fonctionnement

Permet de définir des caractères d'identification biochimique qui représentent des critères essentiels dans la classification (ou Taxonomie) bactérienne





CATABOLISME

REACTIONS

EXERGONIQUES

ENERGIE

REACTIONS

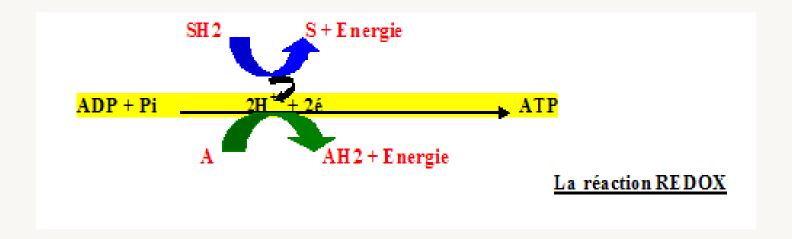
ENDERGONIQUES

STOCKAGE OU ANABOLISME

ATP

REACTIONS DE BIOSYNTHESE









Métabolisme énergétique d'une bactérie chimioorganotrophe : réactions REDOX avec libération d'énergie, partant d'un substrat organique

Le composé organique peut être :

- un hydrate de carbone (surtout le glucose) source la plus importante d'énergie
- un acide aminé
- un acide gras
- un alcane
- une base purique ou pyrimidique

Les réactions redox productrices d'énergie sont intégrées dans 2 types de processus énergétiques :

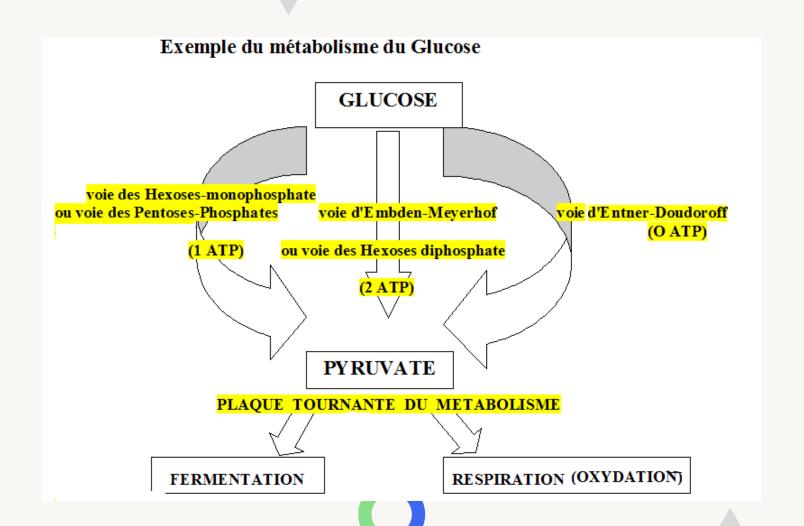
La Fermentation et la Respiration



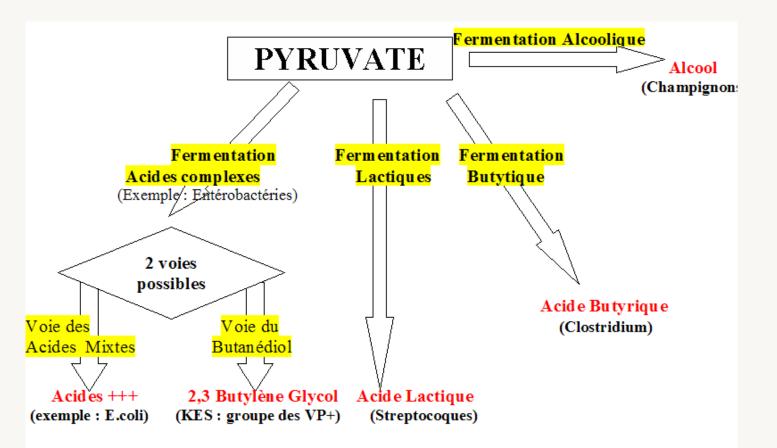
La fermentation « vie sans air » .

Oxydation biologique au cours de laquelle l'accepteur final d'H2 et d'électrons est un composé organique. Ce composé peut être présent dans le milieu ou provenir de la dégradation d'un substrat oxydable. Les voies fermentaires se déroulent au sein du cytoplasme bactérien. L'énergie est produite par Phosphorylation au niveau du substrat. Le bilan énergétique est réduit.





Fermentation du Glucose





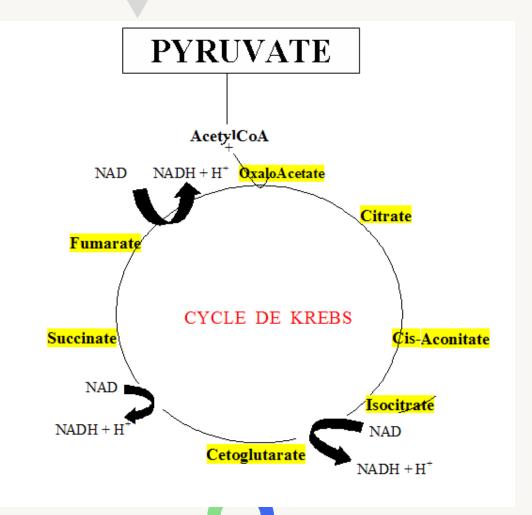


- Voies métaboliques au cours desquelles l'oxygène moléculaire ou des composés oxygénés inorganiques ou ioniques jouent le rôle d'accepteur d'électrons et d'H2 dans les réactions redox
- Ces voies sont liées à la membrane cytoplasmique de la Bactérie
- L'énergie est produite par phosphorylation dite oxydative et libérée par paliers via le cycle tricarboxylique de KREBS et la CHAINE RESPIRATOIRE; Le bilan énergétique est élevé

Le cycle de Krebs

L'Acetyl~CoA réagit avec l'acide oxaloacétique pour former de l'acide citrique succession de réactions d'oxydation et de décarboxylation, avec réductions de NAD en NADH2 couplées aux réactions d'oxydation. Du point de vue énergétique, chaque tour de cycle de Krebs génère 4 réactions de déshydrogénation donc un bilan énergétique de 12 ATP.

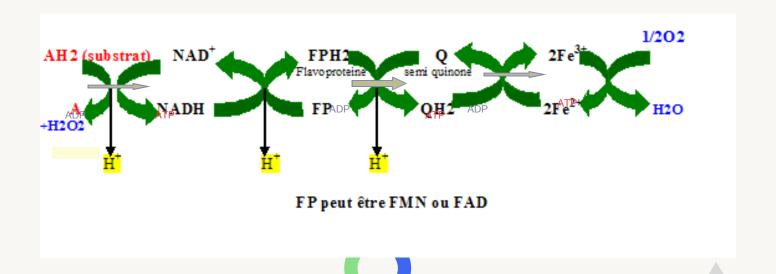


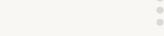




La chaîne respiratoire

- Chaîne cytochromique de transfert des électrons
- y sont associés des phosphorylations oxydatives
- Font intervenir des transporteurs d'électrons et de protons
- •Chez les bactéries, on distingue 2 types possibles de chaines respiratoires





La respiration se fait donc en 2 étapes :

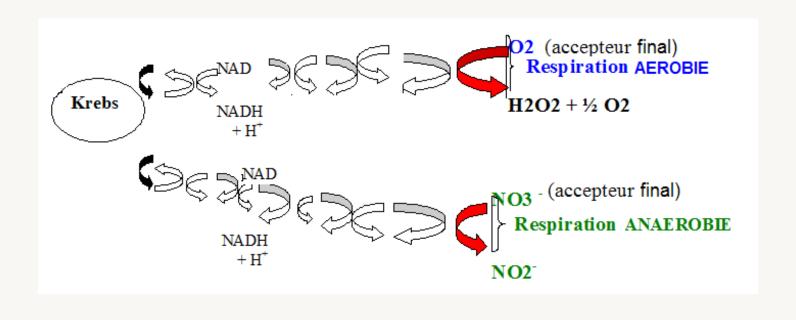
- 1) Le cycle tricarboxylique de Krebs, avec libération de CO2 par oxydation couplée à la réduction de 3 NAD+ et de 1 FAD+ par tour de cycle.
- 2) La chaîne respiratoire avec coenzymes de déshydrogénases, Quinones et Cytochromes.

Selon l'accepteur final d'électrons et d'H2, on peut distinguer :

- 1) Dans la respiration aérobie, l'accepteur final dans la réaction de réduction est l'O2.
- 2) Dans la respiration anaérobie, l'accepteur final est un composé inorganique ou ionique (NO3- fumarate) et la réaction de réduction fait intervenir une Nitrate réductase.

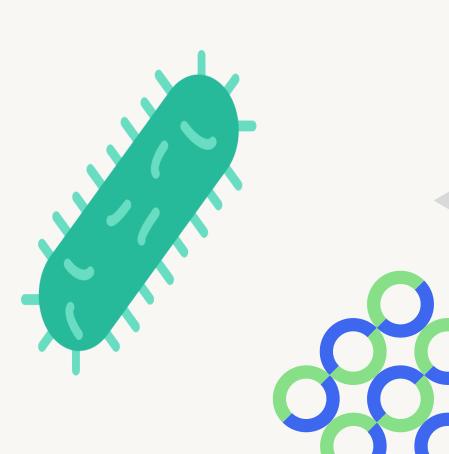






04

Croissance bactérienne



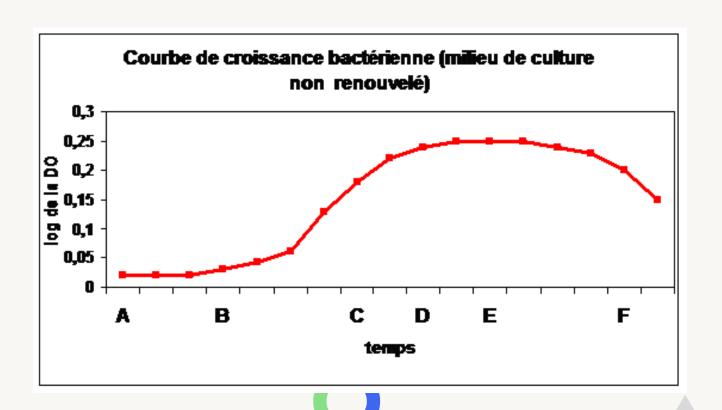


- Dédoublement à intervalle régulier de la masse bactérienne et du nombre de cellules d'une culture bactérienne (scissiparité)

-Temps de génération :Temps requis pour un dédoublement ex. E. coli :TG= 20mn M. tuberculosis : TG= 20 h

-Taux de croissance : nombre de divisions par unité de temps (ex. 3 pour E.coli)

Cinétique de la croissance bactérienne





Phase A: Phase de latence

Phase B: Phase d'accélération

Phase C: Phase de croissance exponentielle : Le taux de croissance

atteint la valeur maximale

Phase D: Phase de ralentissement

Phase E: Phase stationnaire: La masse bactérienne est maximale

<u>Phase F</u>: Phase de déclin : La masse bactérienne décroît du fait de la lyse accélérée

des bactéries



<u>a- Croissance continue</u>: utilisées dans l'industrie pour obtenir des corps bactériens de même âge (préparation de vaccins bactériens), ou des métabolites bactériens (vitamines), des toxines bactériennes (préparation d'anatoxines) en grande quantité

<u>b- La diauxie</u> : on fournit à la bactérie 2 sources de carbone et d'énergie











05

Conditions
physico-chimiques
de la croissance
bactérienne



Facteurs physiques







- <u>les bactéries mésophiles</u> : 20°C -40°C (mésophiles) Bactéries pathogènes, bactéries des cavités naturelles, peau, muqueuses,...
- <u>Les bactéries thermophiles</u>: 45°C -65°C, généralement 55°C. Bactéries des sources thermales .ex. Bacillus et Clostridium
- Les bactéries psychrophiles : 0°C-10°C ou 20°C. Contaminants des produits laitiers, des produits biologiques (sang ou dérivés sanguins) ex. Pseudomonas , Acinetobacter, Aeromonas
- Les bactéries cryophiles : < 0°C :bactéries des océans et des glaciers



ETUVE BACTERIOLOGIQUE

Le pH

neutre ou légèrement alcalin (7 -7.5).

Exemples : E.coli cultive entre pH 4.4 et pH8

Lactobacillus acidophilus cultive mieux à pH 6

Vibrio cholerae se multiplie au pH optimal de 9

Solutions Tampons: tampons phosphates (K2HPO4 et KH2PO4): pH dans une large zone autour de 7, ne sont pas toxiques et source de phosphore.





Les bactéries tolèrent des variations de concentrations ioniques

Certaines bactéries tolèrent des concentrations salines importantes ex.

Enterococcus (6.5% Nacl) Staphylococcus aureus (7.5% Nacl)

La Pression partielle d'Oxygène

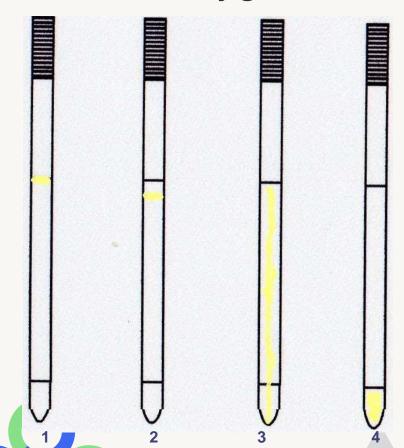
1 Bactérie aérobie stricte : ex. Pseudomonas aeruginosa

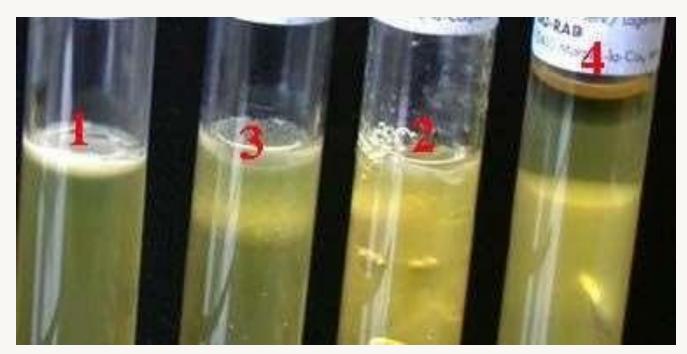
2 Bactérie Microaérophile : ex. Campylobacter jejuni

3 Bactérie aérobie-anaérobie facultative : ex. les Entérobactéries

4 Bactérie anaérobie stricte : ex. Bacteroides fragilis

Gélose VF(Viande-Foie)





Aérobie Stricte

MicroAérophile

Aérobie-Anaérobie facultative

Anaérobie Stricte

Facteurs inhibant la croissance



Facteurs inhibant la croissance

- Radiations : les bactéries sont sensibles aux rayons X et UV (soleil), rayons Gamma.
- Substances anti-bactériennes : les antiseptiques et les antibiotiques s'opposent à la croissance des bactéries et sont utilisés pour leur destruction (voir chapitres consacrés).

Toutefois, certaines substances sont des inhibiteurs sélectifs de certaines bactéries.

Elles sont ajoutées dans les milieux pour favoriser sélectivement la multiplication des bactéries survivantes : c'est le principe des milieux sélectifs.

Généralités sur les Milieux de culture

Connaissant l'ensemble des besoins nutritifs de la bactérie, nous pouvons introduire la notion de culture bactérienne.



Définition

Le milieu de culture doit apporter à la bactérie un mélange équilibré de tous les nutriments nécessaires, à des concentrations qui permettent une croissance optimale, c'est à dire :

- ni trop faible, sinon le milieu s'appauvrit vite et la bactérie cultive mal;
- ni trop forte sinon le milieu devient vite toxique.

La composition du milieu de culture varie à l'infini.

Elle est choisie en fonction du but à atteindre et des besoins requis par la bactérie.

Le milieu peut être liquide ou solidifié par addition d'Agar : C'est une substance extraite d'algues rouges desséchées (Agar-agar) et qui possède la propriété de fixer une grande quantité d'eau d'où gélification.

CRITERES de Classification

Composition chimique

Naturels ou Complexes	Semi- synthétiques	Synthétiques
-Extraits de Matière Organique + Glucose -Exemples : Gélose nutritive -Types : Extraits de Levure	Milieu synthétique + Extrait de Levure	Compositio n chimique bien définie
Peptones pepsiques Peptones trypsiques Peptones pancréatiques	Exemple : Citrate de Kristensen	Exemple :Citrate de Simmons

Consistance

- milieu liquide (ex. bouillon de Clark Lubs)
- milieu solide ou gélosé (ex. gélose Chapman)
- milieu semi-liquide ou faiblement gélosé (ex. milieu Mannitol-mobilité).

Utilisation

- <u>les milieux usuels ou de base</u> (ex. gélose nutritive, bouillon nutritif)
- <u>les milieux enrichis</u> (ex. gélose au sang , Bouillon pour Hémoculture)
- <u>les milieux sélectifs ou électifs</u> (ex. gélose Hektoen)
- les milieux d'identification (ex. milieu TSI)
- les milieux de conservation
- les milieux de transport (milieu T.G.V.)





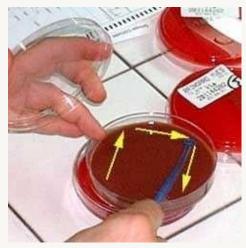












Ensemencement





Incubation sous jarre

Incubation à l'étuve



Applications des connaissances de la physiologie bactérienne



APPLICATIONS DE LA PHYSIOLOGIE BACTERIENNE

<u>Le diagnostic bactériologique</u>: culture et identification des germes à partir du prélèvement pathologique (urine, selle, sang, LCR,...)



Données de physiologie bactérienne	Implications sur le diagnostic bactériologique	
Besoins nutritifs	Choix des milieux de culture	
Exigences environnementales (facteurs physico- chimiques)	Choix de la T° et de l'atmosphère d'incubation	
Temps de génération, taux de croissance	Délais de culture et rendu du résultat	
Croissance bactérienne	Dénombrement des bactéries dans un prélèvement	
Type métabolique Caractères biochimiques	Identification bactérienne	
Effets des antibiotiques sur la croissance bactérienne	antibiogramme	



<u>Hémoculture</u>

- Systèmes non automatisés: ex. Hémoculture Signal (OXOID)

Signe de croissance bactérienne= Gaz dégagé par le métabolisme bactérien et détecté par l'Indicateur





Systèmes automatisés





Croissance bacterienne detectee via un produit du métabolisme biochimique ;

Exemple : Détection du CO2 d'origine bactérienne

Automate BACT/ALERT et Automate BACTEC





<u>L'Antibiogramme</u>: évaluation in vitro, de la sensibilité d'une souche bactérienne donnée, à une gamme d'antibiotiques différents.

L'antibiothérapie :

Les modifications de la courbe de croissance (bactéricidie) permettent de mesurer l'activité antibactérienne des antibiotiques sur une souche bactérienne donnée.

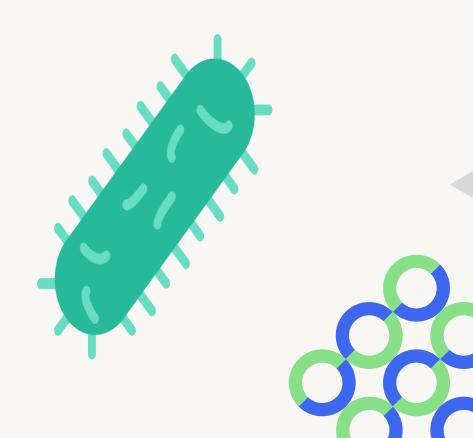
L'efficacité de la stérilisation ou de la désinfection par le contrôle Microbiologique :

L'étude de la courbe de croissance permet de vérifier la vitesse de destruction des bactéries par la chaleur, les UV, ou d'autres agents physiques ou chimiques. Application au contrôle de la stérilité ou de la densité microbienne dans certains locaux: air des blocs opératoires, décontamination des surfaces.., application au contrôle de qualité microbiologique des aliments, des médicaments, des produits cosmétiques,...

<u>Biofilm et infections nosocomiales</u>: les bactéries s'organisent en biofilms à la surface du matériel implanté tel cathéter vasculaire, sonde urinaire, sonde de dérivation,...

Pour éliminer ces bactéries inaccessibles à l'antibiothérapie, il faut procéder à l'ablation du matériel mis en place.

07Conclusion



Conclusion

Les notions de physiologie bactérienne nous permettent de mieux comprendre les conditions dans lesquelles les bactéries se multiplient pour donner de la croissance.

Ceci permet, en reproduisant ces conditions in vitro, de cultiver et d'identifier à partir d'un produit pathologique, et de tester aux antibiotiques, les bactéries impliquées dans un processus infectieux.

Références

- Cours Polycopié du Pr. Benslimani sur le site Internet de la Société Algérienne de Microbiologie
 Clinique : <u>WWW.samic-inf.com</u>
- Leclerc H., Gaillard J.L., Simonet M. Microbiologie générale : La Bactérie et le monde bactérien Edition DOIN 1995
- Marchal N., Bourdon J.L., Richard CL .Les Milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries, Édition DOIN 1991
- Olds R.J. Atlas en couleurs de Microbiologie Édition MALOINE 1979 5Consultez les liens disponibles dans le site du Réseau AARN (Algerian Antimicrobial Resistance Network) que vous trouverez à l'adresse Internet : <u>WWW.sante.dz</u>