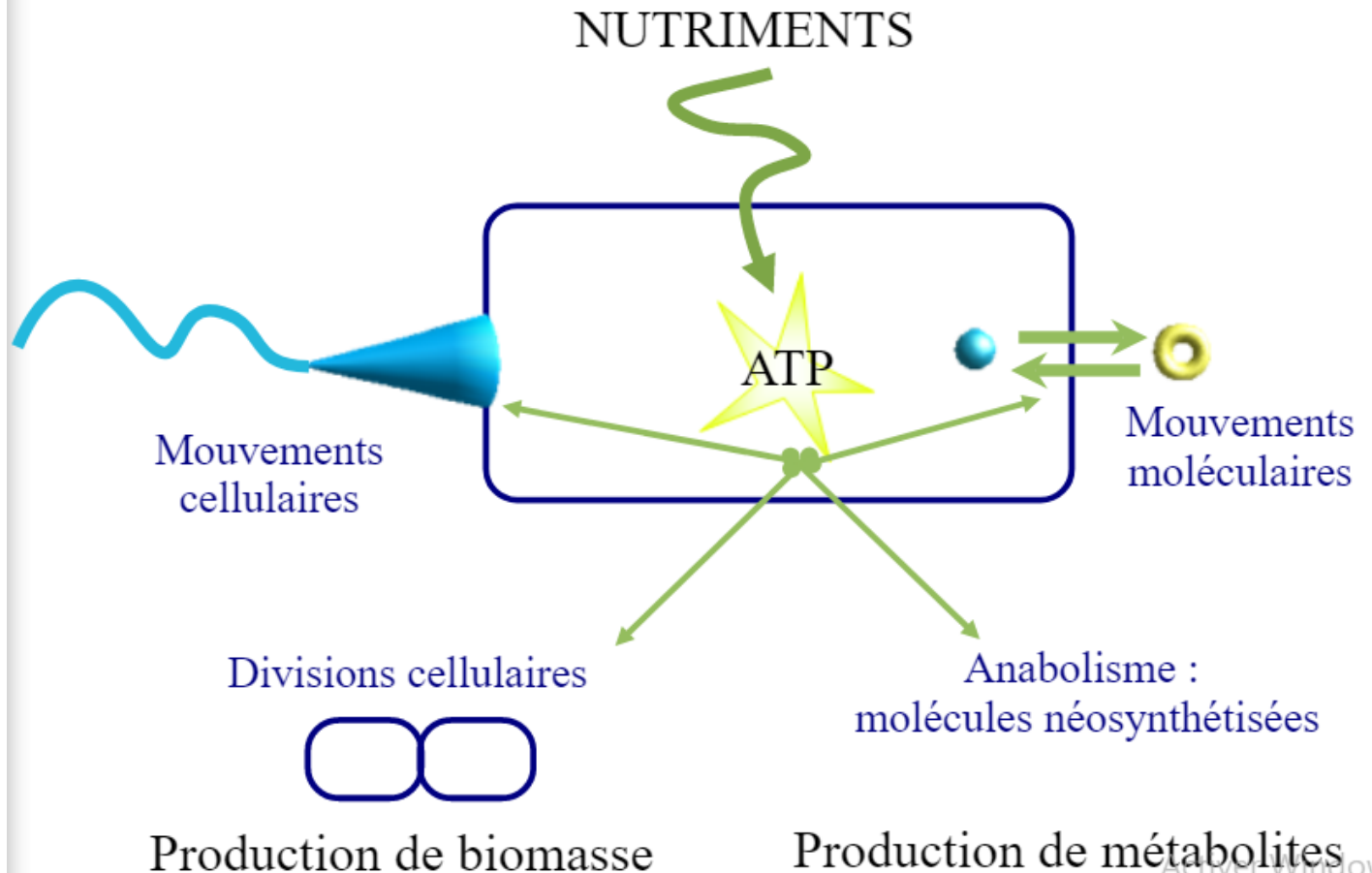


## LA NUTRITION

La nutrition doit être satisfaite par deux types de substances : les substances élémentaires, c'est à dire les matériaux constitutifs de la cellule : carboné, azotés, minéraux... et les substances énergétiques permettant à la cellule de réaliser la synthèse de ses propres constituants.

### Ses rôles ?



Pour étudier la **nutrition** nous analyserons les besoins élémentaires et énergétique nécessaires à la croissance de la bactérie, de même que les facteurs physico-chimiques qui la conditionnent.

## A- Besoins énergétiques et élémentaires

## B – Besoins spécifiques – Facteurs de croissance

## C – Facteurs physiques

### A- Besoins énergétiques et élémentaires

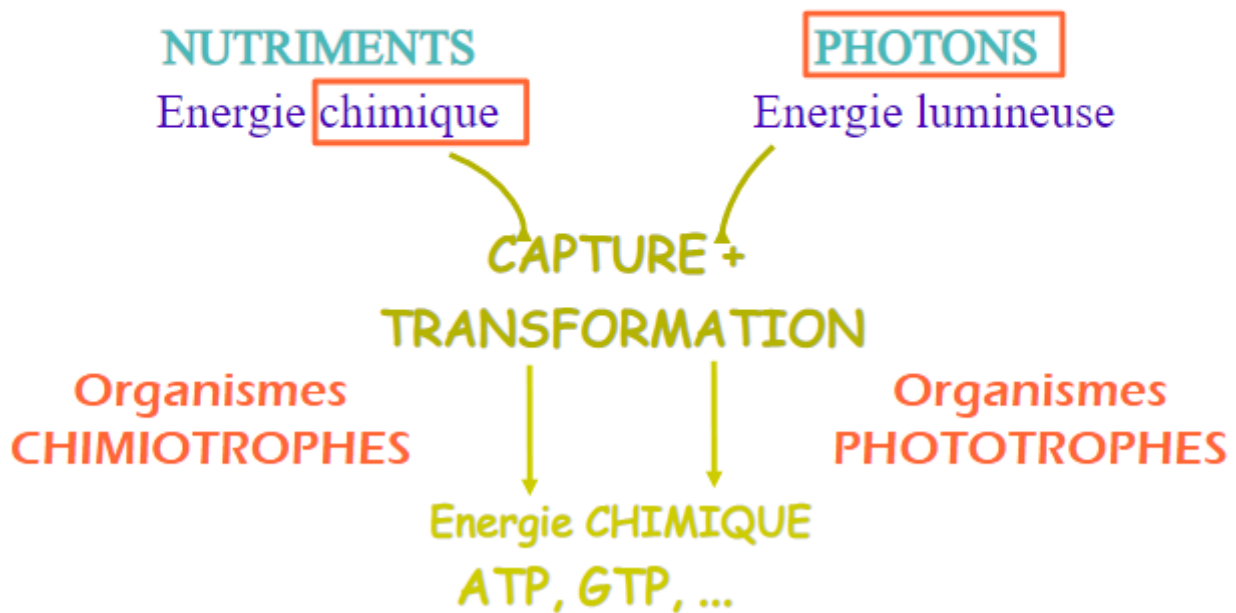
Les bactéries se multiplient à partir des aliments ou nutriments présents dans les milieux de culture.

#### 1. Sources d'énergie

Les bactéries doivent trouver dans leur environnement les substances nécessaires à leur énergie et à leurs synthèses cellulaires. Selon le type d'énergie utilisée, on reconnaît deux types de bactéries :

## Les types trophiques :

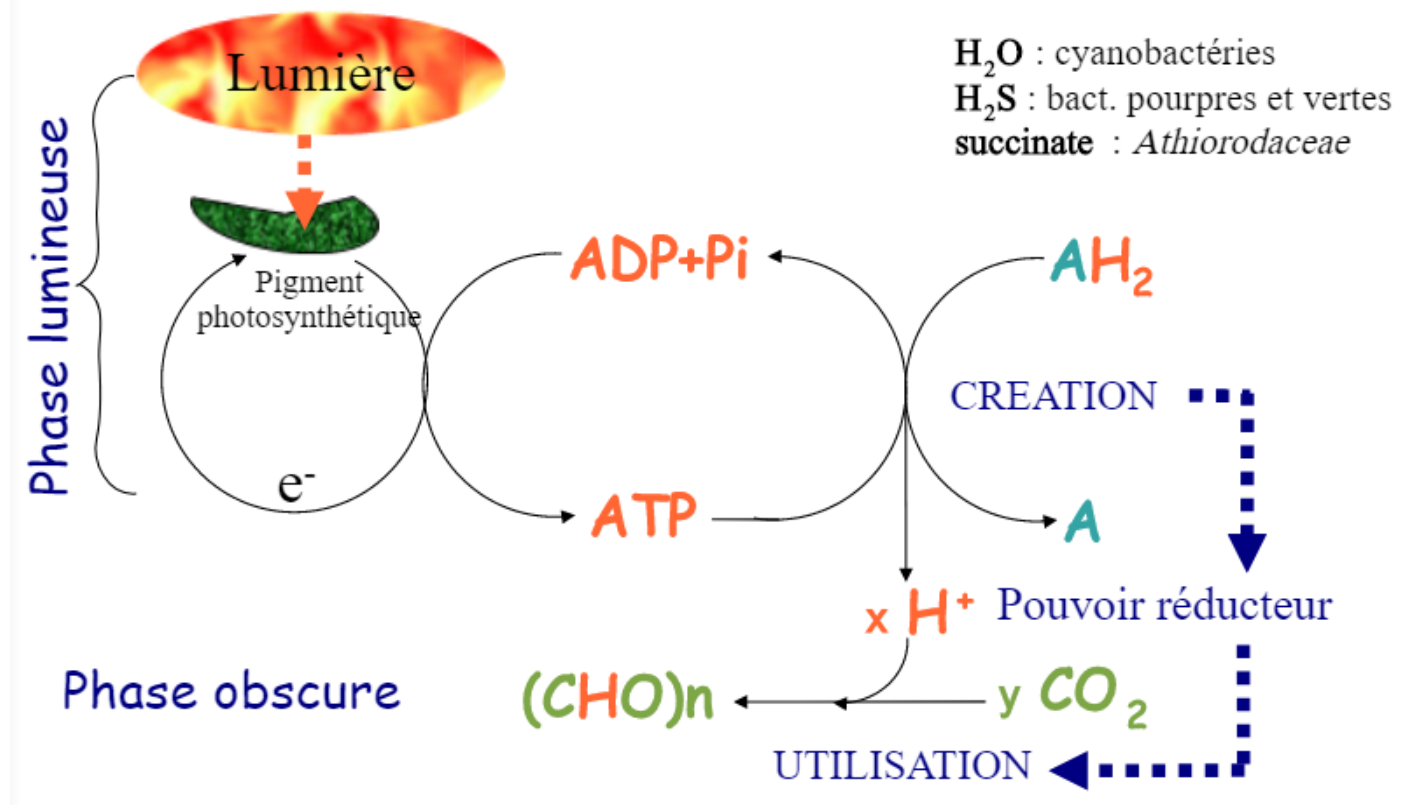
se définissent à partir de la nature des sources d'énergie



- ❖ Les bactéries **phototrophes** utilisent l'énergie lumineuse pour la photosynthèse (synthèse d'ATP à partir d'ADP et de phosphate inorganique).

La **phototrophie** bactérienne peut faire appel à des composés minéraux ou organiques comme sources d'électrons.

## Schéma de la photosynthèse



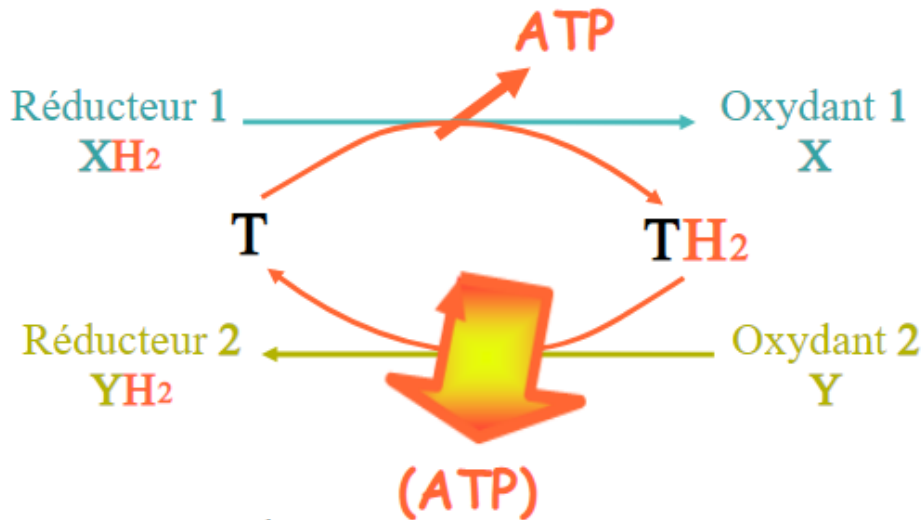
- **Photolithotrophes** des bactéries capables de se développer dans un milieu purement minéral (bactéries sulfureuses pourpres (*Thiorhodaceae*)).
- **Photoorganotrophes** qui nécessitent des composés organiques comme sources d'électrons : telles sont les bactéries pourpres non sulfureuses (*Athiorhodaceae*).

- ❖ Les bactéries **chimiotrophes** puisent leur énergie à partir de composés minéraux ou organiques.

# Les chimiotrophes

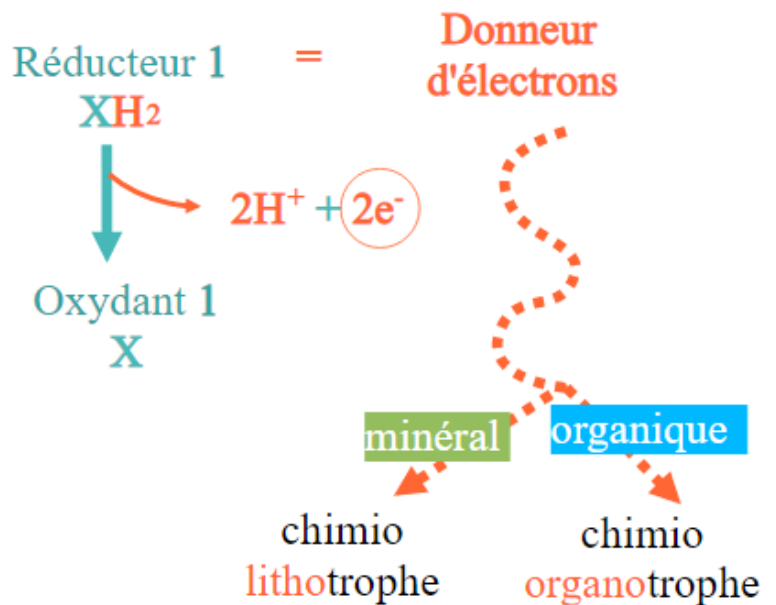
Energie libérée lors de **réactions chimiques d'oxydo-réduction**

**NUTRIMENTS** : ce sont des **réducteurs**

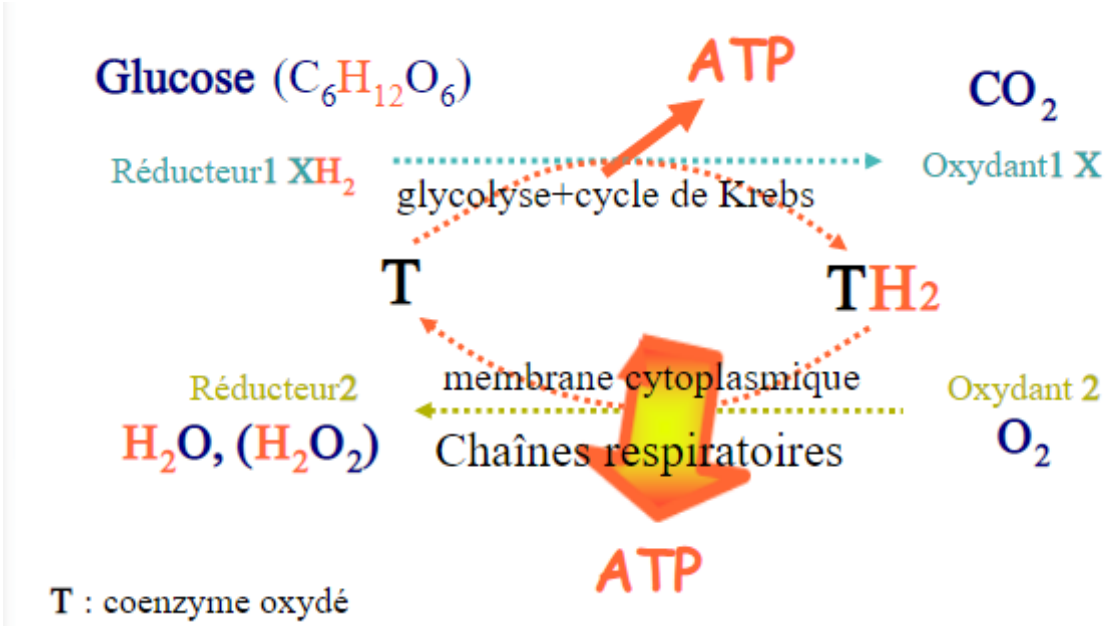


**T** : coenzyme oxydé

Elles utilisent des donneurs et des accepteurs d'électrons (élément minéral : bactérie **chimolithotrophe** ; élément organique : bactérie **chimioorganotrophe**).



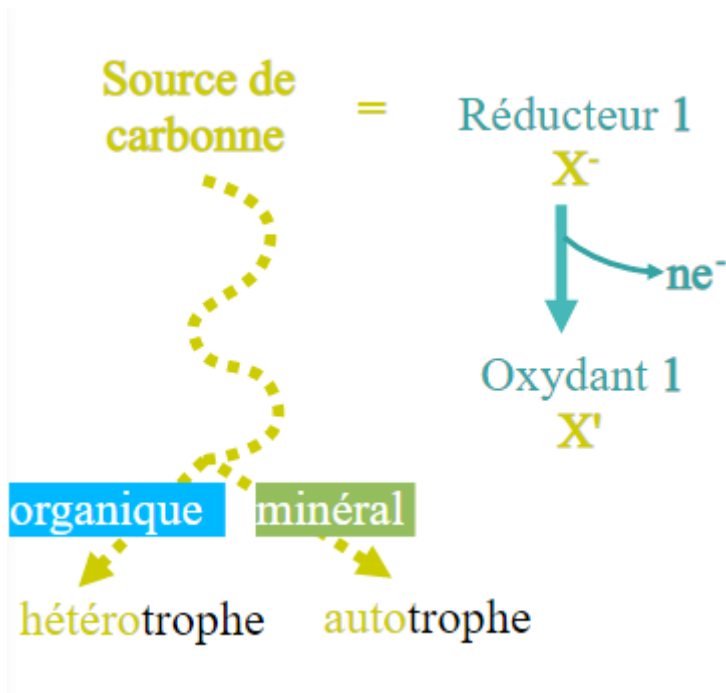
La grande majorité des bactéries d'intérêt médical sont **chimioorganotrophes**.



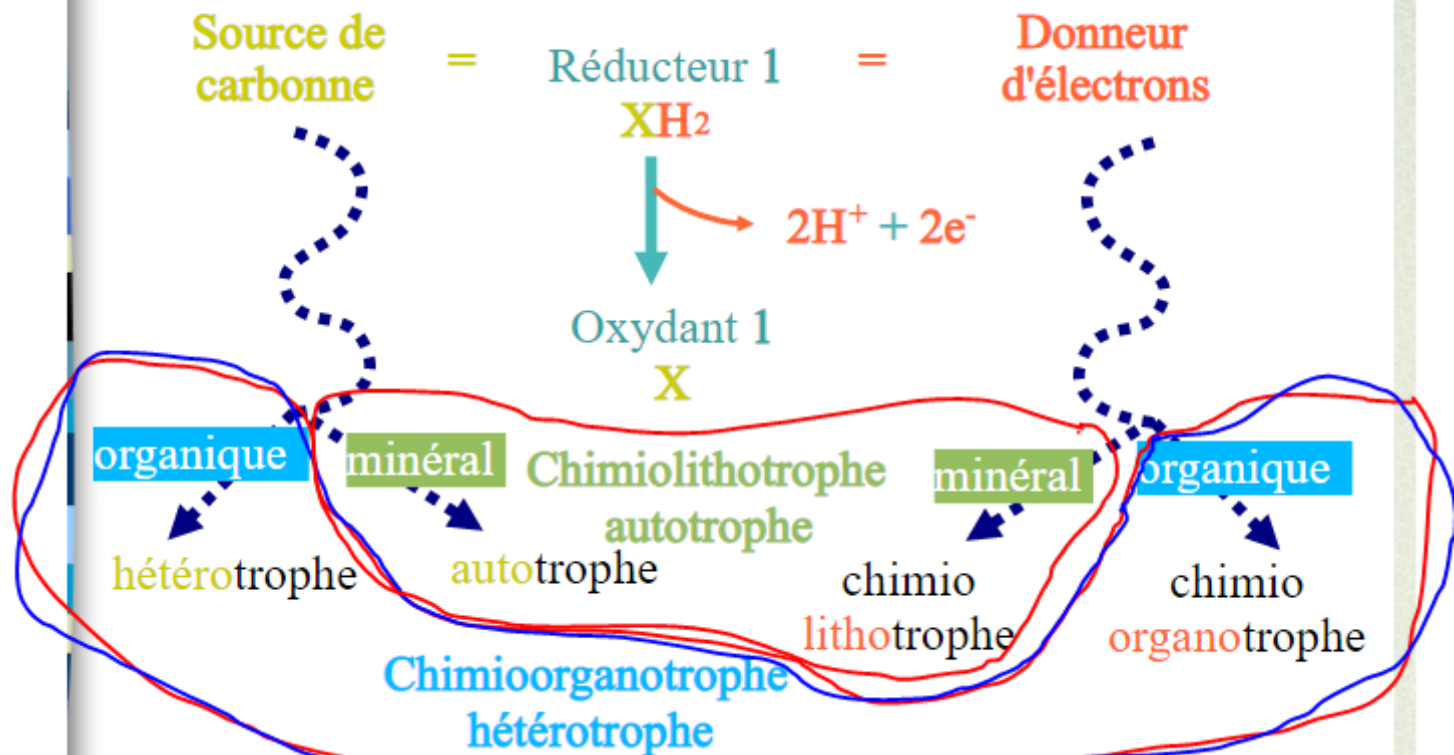
## 2. Sources de carbone

Le carbone est l'un des éléments les plus abondants de la bactérie. Le plus simple des composés est l'anhydride carbonique ou CO<sub>2</sub>. Celui-ci peut être utilisé par la bactérie pour la synthèse de certains métabolites essentiels qui ferait intervenir une réaction de **carboxylation**.

Le CO<sub>2</sub> est la seule source de carbone pour les bactéries **autotrophes**. Les bactéries **hétérotrophes** utilisent facultativement le CO<sub>2</sub>. Les bactéries hétérotrophes dégradent une grande quantité de substances hydrocarbonées (alcool, acide acétique, acide lactique, polysaccharides, sucres divers).



# Les chimiotrophes : nature du réducteur 1



## 3. Sources d'azote et besoins en soufre

Les bactéries ont besoin de substances azotées pour synthétiser leurs protéines. La provenance de cet azote peut se faire par fixation directe de l'azote atmosphérique ou par incorporation de composés azotés (réactions de désamination, de transamination)

Le soufre est incorporé par les bactéries sous forme de sulfate ou de composés soufrés organiques.

## 4. Besoins inorganiques

Le phosphore fait partie des acides nucléiques et de nombreuses réactions enzymatiques. Il permet la récupération, l'accumulation et la distribution de l'énergie dans la bactérie. Il est incorporé sous forme de phosphate inorganique.

## 5. Autres éléments

D'autres éléments jouent un rôle dans le métabolisme bactérien (sodium, potassium, magnésium, chlore) et dans les réactions enzymatiques (calcium, fer, magnésium, manganèse, nickel, sélénium, cuivre, cobalt, vitamines)

## B – Besoins spécifiques – Facteurs de croissance

Les facteurs de croissance sont des substances organiques indispensables à la croissance et que la bactérie n'est pas capable de synthétiser (les acides aminés, les bases puriques et pyrimidiques et les vitamines).

En fonction de ces besoins a l'habitude de classer les micro-organismes en deux catégories :

👉 Les **prototrophes** qui ne nécessitent pas de facteurs de croissance, les éléments habituels déjà cités leur suffisent.

✌ Les **auxotrophes** qui les exigent. Certains auxotrophes n'exigent qu'un seul facteur de croissance. A l'opposé, d'autres en nécessitent un très grand nombre.

Les facteurs de croissance englobent trois catégories de substances: les acides aminés, les bases puriques et pyrimidiques et les vitamines.

## C – Facteurs physiques

Un certain nombre de facteurs physiques interviennent au cours de la nutrition. Ils peuvent l'empêcher, l'inhiber ou la favoriser.

### 1. Effet de la température

Les bactéries peuvent être classées selon leur température optimale de croissance.

- ◆ Bactéries **mésophiles**: qui préfèrent une température "moyenne" comprise entre 20 et 40°C.  
Ex. : *Escherichia coli* : température de croissance proche de celle du corps humain (37°C)
- ◆ Bactéries **thermophiles**: qui se multiplient préférentiellement entre 45 et 65°C. Ex: *Thermus aquaticus* : températures de croissance comprises entre 45°C et 70°C.
- ◆ Bactéries **psychrophiles** dont la température optimale de croissance est située aux environs de 0°C.(Ex. : ) :Températures proches de 0°C (optimum à 10-15°C).
- ◆ Bactéries **psychrotrophes** qui cultivent abondamment aux températures de réfrigération, mais qui se multiplient plus rapidement à +10 ou +20°C ou même à +30°C. Ex. : *Pseudomonas* : températures de croissance proches de 0°C avec optimum de croissance proche des bactéries mésophiles.
- ◆ Bactéries **hyperthermophiles** (Ex.: *Archaea*) : températures de croissance supérieures à 80°C .

### 2. Le pH

Le pH (concentration en ion hydrogène [H<sup>+</sup>]) de l'environnement varie entre 0,5 (sols acides) et 10,5 (eaux alcalines des lacs).

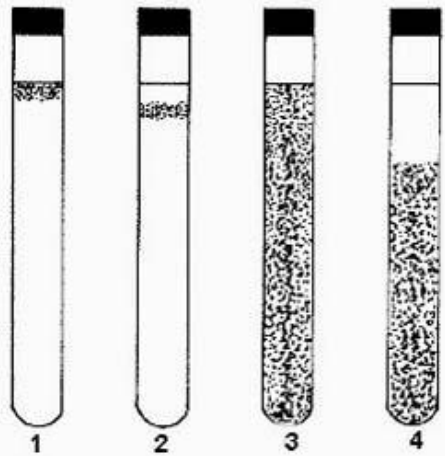
Les bactéries pathogènes ou liées à l'écosystème humain se développent le plus souvent dans des milieux neutres ou légèrement alcalins.

On distingue les bactéries:

- ◆ **neutrophiles** qui se développent pour des pH sont compris entre 5,5 et 8,5 avec un optimum voisin de 7. La plupart des bactéries médicalement importantes sont ainsi.
- ◆ - **alcalophiles** qui préfèrent les pH alcalins : cas de *Pseudomonas* et *Vibrio*, donc milieux de culture particuliers
- ◆ - **acidophiles** qui se multiplient mieux dans des milieux acides : cas des *Lactobacillus* qui exigent un pH relativement bas, voisin de 6.

### 3. Les exigences gazeuses

Il existe plusieurs classes de bactéries en fonction de leurs rapports avec l'oxygène.



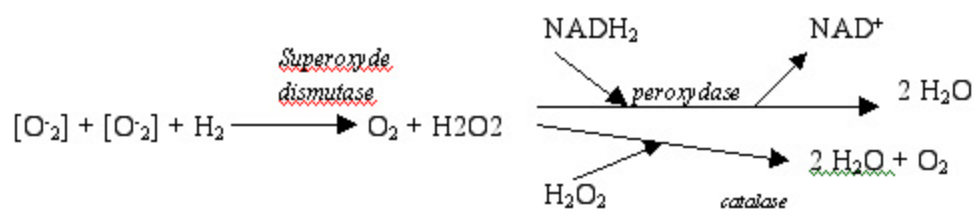
**1** - Les bactéries **aérobies** strictes ne se développent qu'en présence d'air. Leur source principale d'énergie est la respiration. L'oxygène moléculaire, ultime accepteur d'électron, est réduit en eau (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Neisseria*).

**2** - Les bactéries **microaérophiles** se développent mieux ou exclusivement lorsque la pression partielle d'oxygène est inférieure à celle de l'air (*Campylobacter*, *Mycobacteriaceae*).

**3** - Les bactéries **aéro-anaérobies** facultatives se développent avec ou sans air. C'est le cas de la majorité des bactéries rencontrées en pathologie médicale : les entérobactéries (*Escherichia*, *Salmonella*), les streptocoques, les staphylocoques. L'énergie provient de l'oxydation des substrats et de la voie fermentaire.

**4** - Les bactéries **anaérobies** strictes ne se développent qu'en absence totale ou presque d'oxygène qui est le plus souvent toxique. Ces bactéries doivent se cultiver sous atmosphère réductrice. La totalité de l'énergie est produite par fermentation. C'est le cas des bactéries intestinales (*Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Clostridium*) et de nombreuses bactéries présentes dans les flores normales de l'organisme. La toxicité de l'oxygène s'explique par la production de radicaux superoxydes que les bactéries anaérobies ne peuvent pas détruire (absence de superoxyde dismutase) et/ou par l'absence d'une activité enzymatique à type de catalases et de peroxydases.

Mode d'action de la superoxyde dismutase, de la catalase et de la peroxydase



### 4. Effet de la pression osmotique

Elle est directement proportionnelle à la concentration totale des ions et molécules en solution. Lorsque cette concentration est la même dans le milieu et à l'intérieur de la cellule bactérienne, on parle de milieu **isotonique**, lorsqu'elle est inférieure ou supérieure, on dit que le milieu est **hypotonique** dans le premier cas, **hypertonique** dans le second.

La plupart des bactéries sont pratiquement insensibles (assez tolérantes) aux variations des concentrations ioniques. Elles sont protégées par leurs parois rigides.



## 5. Effet de l'eau libre

La disponibilité de l'eau présente dans l'atmosphère ou dans une substance intervient dans la croissance bactérienne. L'activité de l'eau (**A<sub>w</sub>**) est inversement proportionnelle à la pression osmotique d'un composé. Ainsi, elle est affectée par la présence plus ou moins importante de sels ou de sucres dissous dans l'eau.

- Présence de sels : Les bactéries **halophiles** nécessitent du sel (NaCl) pour leur croissance. Cette concentration peut varier de 1-6% pour les faiblement halophiles jusque 15-30% pour les bactéries halophiles extrêmes (*Halobacterium*).

Les bactéries **halotolérantes** acceptent des concentrations modérées de sels mais non obligatoires pour leur croissance (Ex. : *Staphylococcus aureus*).

- Présence de sucres : Les bactéries **osmophiles** nécessitent des sucres pour leur croissance. Celles **osmotolérantes** acceptent des concentrations modérées de sucres mais non obligatoires pour leur croissance. Enfin les bactéries **xérophiles** peuvent se multiplier en l'absence d'eau dans leur environnement