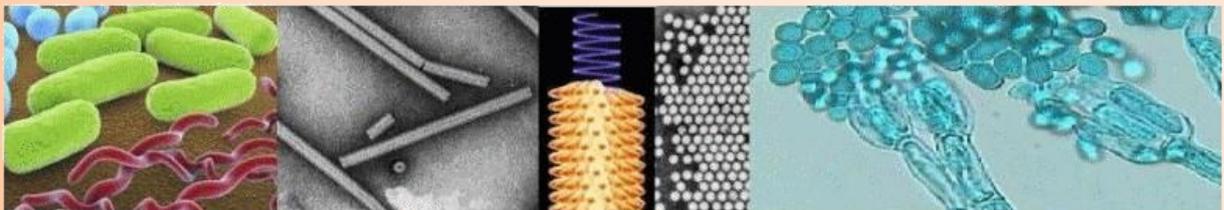
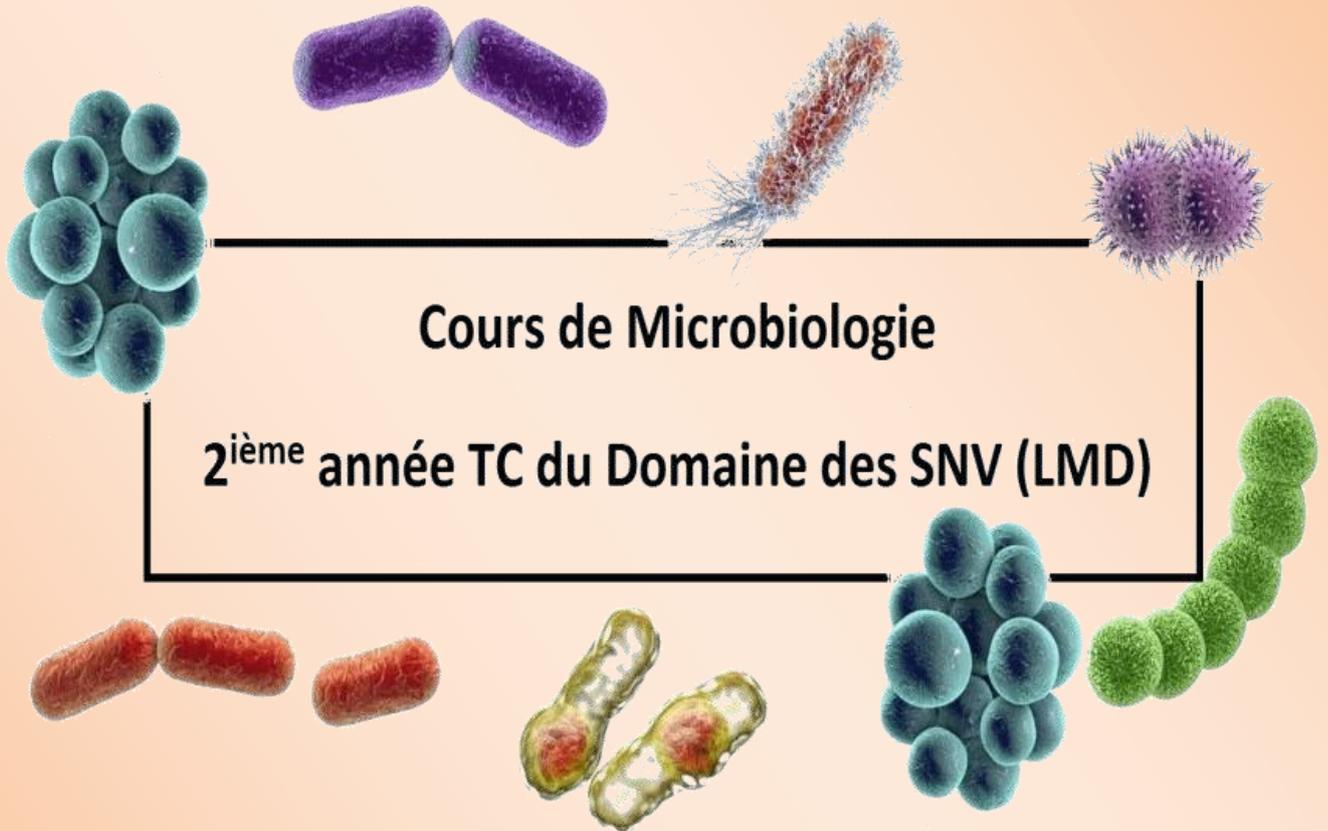


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed BOUDIAF – M'sila
Faculté des Sciences



Dr HENDEL Noui

4. CHAPITRE IV: NUTRITION BACTERIENNE

La diversité dans la nature des substrats chimiques et des conditions physico-chimiques de nutrition engendre des profils nutritionnels bactériens très divers appelés **types trophiques**. La nutrition bactérienne requiert deux (02) types de substances : des substances élémentaires constitutives de la cellule : carbonées, azotées, minérales..., et des substances énergétiques nécessaires à la synthèse des constituants cellulaires.

En présence de ces besoins élémentaires et énergétiques, la majorité des bactéries peuvent croître et se multiplier, mais certaines autres en sont incapables car un ou plusieurs constituants essentiels nécessaires à la synthèse d'un composant indispensable à la vie cellulaire leur font défaut. Ces constituants ou métabolites doivent leur être fournis pour assurer leur développement. Ces besoins spécifiques sont appelés **facteurs de croissance**.

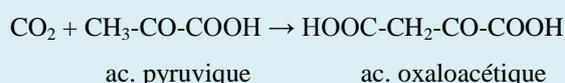
4.1. Besoins élémentaires

4.1.1. Source de carbone

Le carbone est le composant principal du matériel cellulaire ($\approx 50\%$ du poids sec). Les bactéries tirent le carbone de 02 sources différentes selon leur type trophique :

- Les bactéries autotrophes (Grec : *autos* = auto ; *trophe* = nutrition) utilisent le CO_2 moléculaire comme seule ou principe source de carbone. Le CO_2 est réduit en divers composés organiques.
- Les bactéries hétérotrophes (Grec : *heteros* = autre) présentent la majorité des bactéries. Elles utilisent des composés organiques comme source principale de carbone pour former leur matériel cellulaire.

Les différents substrats carbonés sont ajoutés dans les chaînes métaboliques spécialisées. Le CO_2 est important chez les hétérotrophes : son absence empêche la croissance de nombreuses espèces (*E. coli*, *Salmonella typhi*). Il serait nécessaire à la synthèse de certains métabolites essentiels :



4.1.2. Source d'énergie

Selon le type d'énergie utilisé dans les fonctions cellulaires, on distingue 02 catégories de bactéries :

- Les bactéries **phototrophes** (Grec : *photos* = lumière) ou **photosynthétiques**, peu nombreuses, puisant l'énergie par la conversion de l'énergie lumineuse (solaire) en énergie chimique biologiquement utilisable (ATP) au moyen du processus de photosynthèse. La plupart d'entre elles utilisent le CO₂ comme source de carbone : elles sont dites dans ce cas photolithotrophes (Grec : *lithos* = pierre) ou photoautotrophes. Les autres bactéries phototrophes utilisent des composés organiques comme sources de carbone : ce sont des bactéries **photoorganotrophes** ou **photohétérotrophes**.

- Les bactéries **chimiotrophes** ou **chimiosynthétiques** qui puisent l'énergie de l'oxydation de composés chimiques. Ces composés peuvent être organiques : glucides, acides organiques ...chez les bactéries dites **chimioorganotrophes** ou **chimiohétérotrophes**, ou des substrats inorganiques tels que : NH₄⁺, NO₂⁻, H₂, H₂S, S, S₂O₃⁻², CO, F⁺², MN⁺²... chez les bactéries dites **chimiolithotrophes** ou **chimioautotrophes**.

Souvent, les composés organiques utilisés comme source de carbone servent aussi de substrats énergétiques (une partie est intégrée au matériel cellulaire, l'autre est oxydée pour former l'énergie).

Certaines espèces bactériennes peuvent utiliser un substrat organique unique, d'autres peuvent en utiliser plusieurs.

La grande majorité des bactéries sont chimioorganotrophes : bactéries pathogènes, bactéries de contamination alimentaire, bactéries utilisées dans l'industrie pour leur synthèse d'antibiotiques, de vitamines, d'acides aminés...

Les bactéries chimiolithotrophes forment un groupe limité intervenant dans les cycles de la matière vivante dans le sol et dans les eaux : *Hydrogenomonas* (NH₄⁺), *Nitrosomonas* (nitrite), *Nitrobacter*, *Thiobacillus* (composés réduits soufrés)...

Les bactéries intracellulaires (Rickettsies, Chlamydie) sont appelées **paratrophes** et tirent leur énergie de leur parasitisme obligatoire.

4.1.3. Source d'azote

L'azote est un composé majeur des protéines, des acides nucléiques et d'autres constituants cellulaires. Il occupe environ 12% du poids sec cellulaire. L'azote est souvent présent dans la nature sous forme inorganique : ammoniacque (NH_3), nitrate (NO_3^-), azote moléculaire (N_2). Les bactéries assimilent l'azote le plus souvent sous forme de sels d'ammonium en solution (NH_4^+) à travers l'action de certaines enzymes comme la glutamate déshydrogénase. Elles peuvent également utiliser les nitrates, les nitrites (NO_2^-) par réduction en ammoniacque assimilable et à l'exception de tous les organismes vivants, seules quelques bactéries sont capables de fixer l'azote moléculaire N_2 . Ce sont les bactéries fixatrices d'azote qui vivent en symbiose avec les plantes (*Rhizobium*) ou à l'état libre (*Azotobacter*).

La source d'azote peut être organique : groupements aminés des composés organiques R-H₂.

4.1.4. Source de Soufre et Phosphore

Le soufre est un constituant cellulaire important (ac. aminés soufrés, vitamines coenzymes). Les principales formes de soufre dans la nature sont inorganiques (S, H₂S, $(\text{S}_2\text{O}_3)^{-3}$).

De nombreuses bactéries sont capables de réduire les sulfates en sulfites pour les intégrer à leur métabolisme, certaines utilisent des composés soufrés réduits et d'autres ne peuvent croître qu'en présence de sulfure d'hydrogène H₂S.

Le phosphore est un constituant des acides nucléiques, des phospholipides et de l'ATP. Il est incorporé sous forme de phosphate inorganique. Les niveaux bas de phosphore limitent la croissance microbienne dans beaucoup d'environnements aquatiques.

4.1.5. Autres éléments minéraux

Certains de ces éléments jouent un rôle dans l'équilibre physicochimique de la cellule. Ce sont le sodium, le potassium, le magnésium et le chlore.

D'autres sont partie constituante d'enzymes ou de coenzymes : le fer des cytochromes, le magnésium de la chlorophylle. Le calcium, le cobalt, le cuivre et le manganèse jouent le

rôle d'activateurs enzymatiques. Ils sont appelés des **oligoéléments** car ils sont indispensables en quantités infimes et sont additionnés aux milieux de cultures sous-forme de traces par les produits chimiques.

4.2. Besoins spécifiques : Facteurs de croissance

Les facteurs de croissances sont des composés organiques indispensables à la nutrition et à la croissance de certaines bactéries parce qu'elles sont incapables de les synthétiser. En fonction de ces besoins, les microorganismes sont classés en 02 catégories : les **prototrophes** qui n'ont pas besoin de facteurs de croissances, et les **auxotrophes** qui les exigent (auxo : L. *auxilium* = secours).

Il y a 03 classes majeures de facteurs de croissances : les acides aminés, les purines et les pyrimidines, et les vitamines.

Les acides aminés sont exigés pour la synthèse des protéines, les purines et les pyrimidines pour la synthèse des acides nucléiques. Les vitamines sont de petites molécules organiques qui constituent toujours tout le cofacteur d'enzyme ou une partie du cofacteur.

Les facteurs de croissances sont caractérisés par leur action à des concentrations infimes et par leur spécificité structurale et fonctionnelle. Ils sont requis en nombre plus ou moins important selon les espèces bactériennes : par exemple *Enterococcus faecalis* (bactérie d'ac. lactique) exige 08 vitamines différentes pour sa croissance et d'autres bactéries lactiques exigent la présence de plusieurs acides aminés dans le milieu.

Les besoins en facteurs de croissance d'une espèce bactérienne peuvent être quelquefois satisfaits par la présence d'une autre espèce qui synthétise le dit facteur. Ce phénomène d'interaction métabolique est connu sous le nom de **syntrophie** (repas avec).

4.3. Facteurs physiques

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

4.3.1. Température

L'effet de la température sur la croissance est dépendant de la sensibilité des enzymes à

la température. Le métabolisme est plus actif à des températures élevées et le microorganisme croît plus rapidement. Les températures les plus élevées deviennent létales. A un certain degré, les transporteurs, les enzymes et d'autres protéines sont dénaturés. Donc toutes les fonctions cellulaires sont perturbées.

Les **températures cardinales** (optimum, minimum et maximum) (Fig. 32) varient beaucoup entre les microorganismes. La température optimale des microorganismes s'étend de 0°C à plus de 75°C mais la croissance microbienne peut être produite de -20°C à plus de 100°C. Quelques microorganismes ont un intervalle de croissance restreint ; ils sont dits **stenothermiques**, d'autres peuvent croître sur une large gamme de température, ils sont appelés **eurythermiques**.

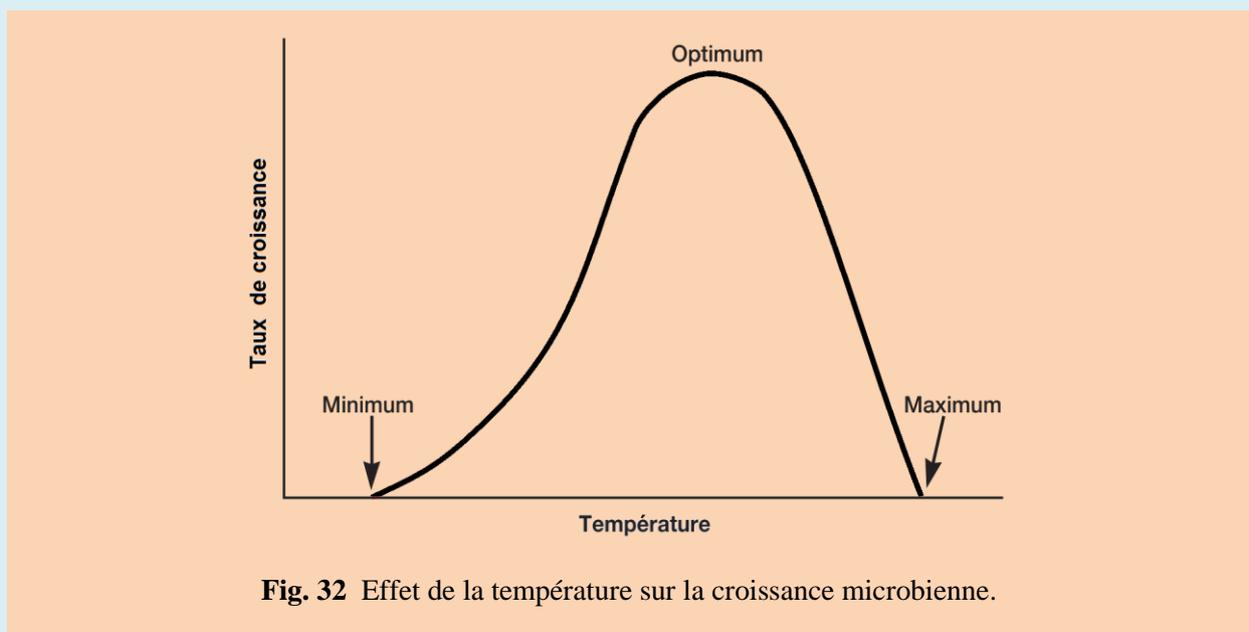


Fig. 32 Effet de la température sur la croissance microbienne.

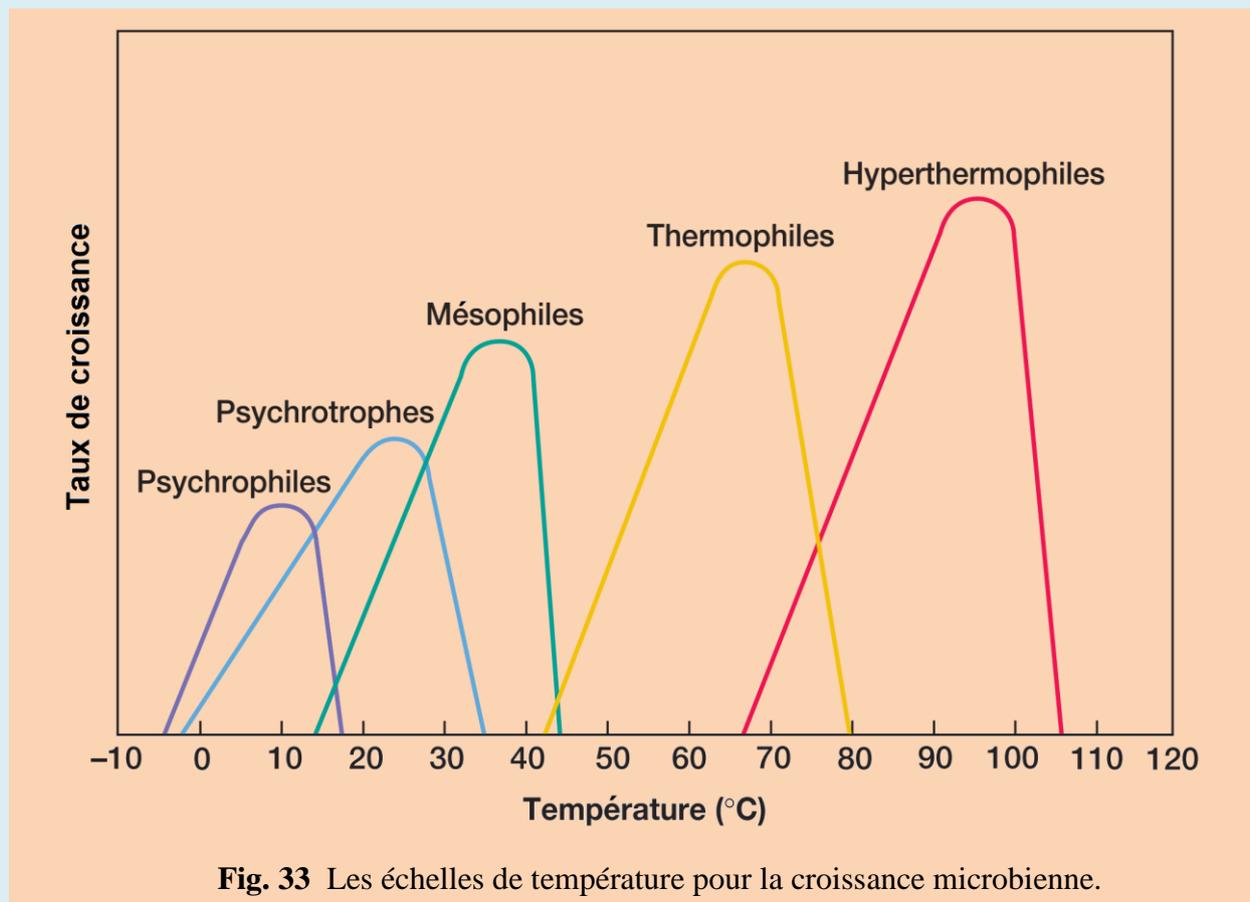
Selon la température optimale de développement, on distingue généralement 03 catégories de microorganismes (Fig. 33) :

Les **mésophiles** (mésos : médian), qui préfèrent une température moyenne de croissance maximale entre 20 et 45°C.

Les **psychrophiles** (psychro : froid), dont la température optimale de croissance est située entre 0°C et 20°C.

Les **thermophiles** (thermo : chaud) qui ont un taux de croissance maximal entre 45°C et 80°C.

Cette classification n'a pas de limites strictes : certains mésophiles peuvent être des thermophiles facultatifs et inversement. Les **psychrotrophes** poussent aux températures de réfrigération mais se multiplient rapidement à +10°C à +20°C. Les **thermotrophes** qui peuvent pousser aux environs de 50°C mais plus nettement aux températures moyenne de 30°C.



La plupart des bactéries du sol et des eaux, ainsi que les bactéries saprophytes et les bactéries pathogènes de l'homme et des mammifères sont mésophiles. Les thermophiles sont

naturellement dans les écosystèmes naturels de l'eau, du sol et de l'air, mais se multiplient abondamment dans les milieux qui leur sont favorables tels que les sources thermales. Les archaebactéries sont des thermophiles extrêmes et ont un développement optimum aux températures très élevées (105°C pour *Pyrodictium occultum*). Les psychrophiles ou psychrotrophes peuvent contaminer et altérer les produits biologiques conservés à basse température, de même que les aliments congelés.

Les bactéries des températures extrêmes, psychrophiles ou thermophiles extrêmes ont des structures cellulaires et métaboliques adaptées. Leurs enzymes ne sont actives qu'aux températures spécifiques. Elles possèdent dans leurs protéines des petites séquences d'acides aminés différentes. Leur stabilité est renforcée par des liaisons ioniques nombreuses. Les acides gras membranaires sont saturés ; conférant la stabilité aux températures élevées.

4.3.2. pH

Toute variation du pH du milieu affecte les activités physiologiques cellulaires et donc la croissance microbienne. Chaque espèce bactérienne se développe dans une gamme définie de pH et à un pH optimum de croissance. Les **acidophiles** ont leur optimum de croissance entre pH₁ et pH_{5,5} ; les **neutrophiles** entre pH_{5,5} et pH₈ ; les **alcalophiles** entre pH_{8,5} et pH_{11,5} . La majorité des bactéries et des protozoaires sont des neutrophiles. La plupart des mycètes et des algues sont légèrement acidophiles (pH₄ à 6). Il y a de nombreuses exceptions pour les microorganismes pouvant se développer à des pH très acides (pH ≈ 0) ou alcalin.

Les microorganismes gardent un pH cytoplasmique neutre par les systèmes antiports potassium/proton et sodium/proton ou par des mécanismes impliquant la synthèse de protéines spécifiques. Ils modifient fréquemment le pH de leur habitat en produisant des déchets métaboliques acides ou basiques.

Des tampons sont ajoutés aux milieux de culture pour empêcher l'inhibition de la croissance due aux modifications importantes du pH. Les tampons phosphates (K₂HPO₄ ou KH₂PO₄) permettent de couvrir une large zone de pH autour de la neutralité.

4.3.3. Oxygène

Certaines bactéries sont **aérobies strictes** exigeant l'oxygène libre pour leur développement. D'autres, **anaérobies strictes**, ne peuvent se multiplier qu'en l'absence totale

de l'oxygène libre. Celles capables de croître avec ou sans oxygène sont **aéro-anaérobies** ou **anaérobies facultatives**. Enfin, les **micro-aérophiles** qui ne se reproduisent qu'en présence d'une faible tension d'oxygène.

Ces quatre types respiratoires peuvent être mis en évidence par ensemencement d'un milieu gélosé solide en tube fin et profond. Les aérobies strictes cultivent seulement en surface, les anaérobies strictes dans le fond, les aéro-anaérobies facultatives sur toute la hauteur et les micro-aérophiles dans une zone intermédiaire (Fig. 34).

On parle des **aérophiles** qui se développent à la surface des milieux liquides en formant un voile (levures oxydantes).

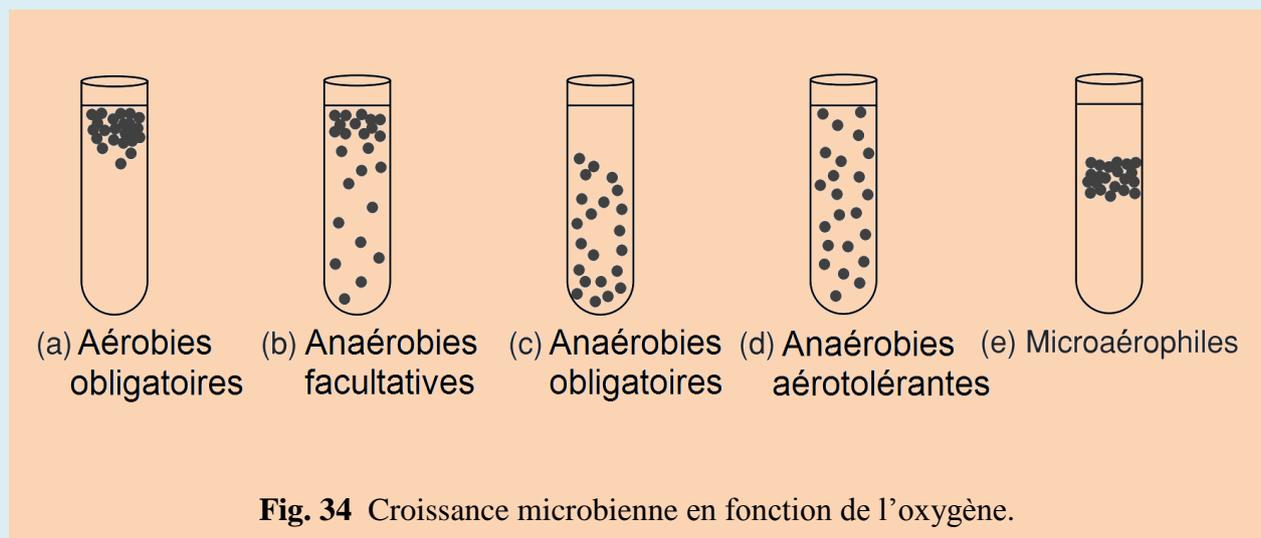


Fig. 34 Croissance microbienne en fonction de l'oxygène.

La culture des microorganismes aérobies ne présente pas de difficultés. Celle des anaérobies nécessite des précautions spéciales :

- L'absence d'oxygène libre dans la zone profonde d'un milieu solide.
- L'addition de réducteurs aux milieux liquides.
- L'élimination de l'oxygène du récipient où les milieux de culture sont déposés.

4.3.4. Pression osmotique :

La plupart des bactéries sont pratiquement insensibles aux variations de pressions osmotiques. Elles sont protégées par leurs parois rigides.

Les bactéries marines, adaptées à un milieu contenant 35g/l de chlorure de sodium, sont appelées halophiles et doivent être cultivées dans des solutions contenant au moins 1% de sel. Les microorganismes cultivant sur les milieux hyper-sucrés sont appelés **osmophiles**.