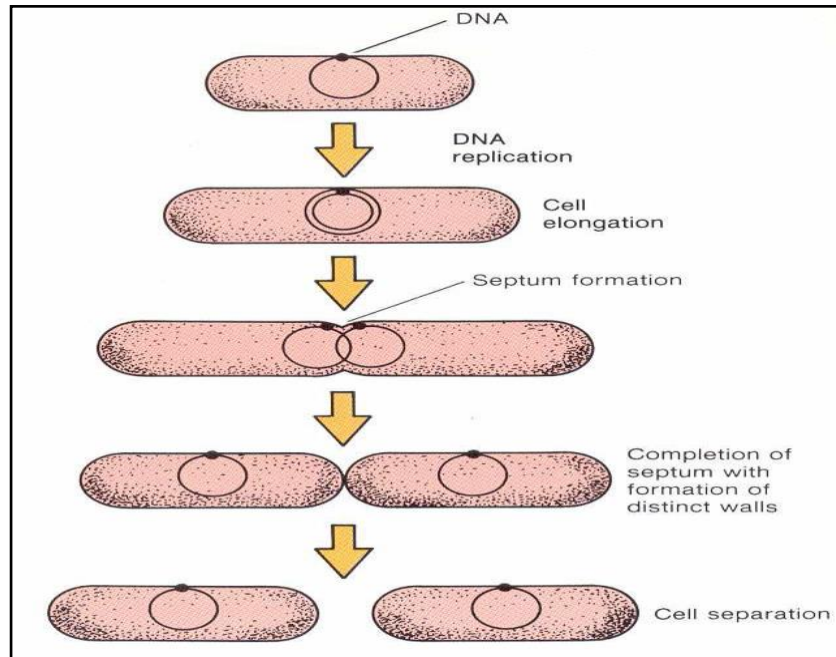
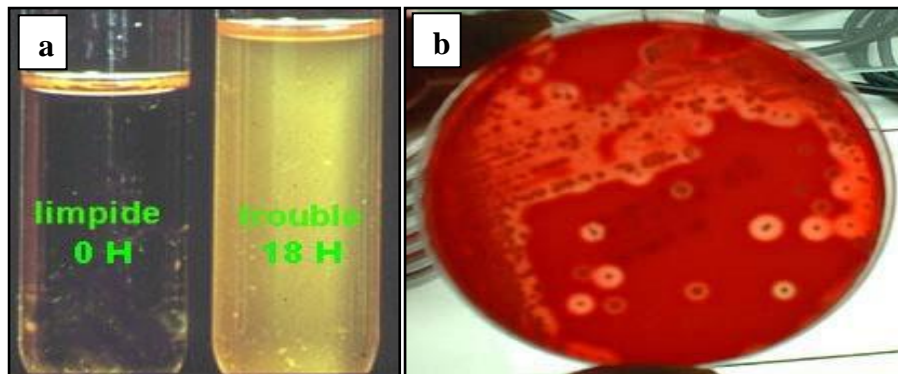


Les bactéries entrent dans un processus de croissance, dans un milieu où les conditions nutritionnelles et physicochimiques adéquates sont réunies. La croissance bactérienne signifie l'augmentation du nombre de cellules bactériennes dans le milieu, suite à leur division par scissiparité en deux cellules filles, séparées par un septum de division formé par la paroi cellulaire (figure 1). Le septum (point de division) qui va former la cloison de séparation des deux cellules filles. Chaque cellule recevra une copie du chromosome et la moitié des composants cellulaires.



**Figure1** : La division bactérienne par scissiparité.

Cette croissance est révélée par l'apparition de colonie dite Unité Formant Colonie (UFC) sur milieu solide, et par l'apparition de trouble sur milieu liquide (figure 2).



**Figure 2** : Aspect de la croissance : a/sur milieu liquide, b/sur milieu solide.

**1. Mesure de la croissance** : l'estimation de la croissance bactérienne peut être faite par des méthodes directes (dénombrement des cellules bactériennes) ou par des méthodes indirectes (mesure de la biomasse).

### 1.1. Méthodes directes :

**1.1.1. Numération totale directe** : cette technique permet le dénombrement de la totalité des bactéries dans des suspensions en milieu liquide déposées sur des lames en verre de comptage. Elle se fait au microscope optique en utilisant des cellules de comptage épaisses (ex: cellule de

Thoma, Malassez, Nageotte...) (figure 3). L'inconvénient majeur de cette méthode est qu'elle ne distingue pas entre les bactéries viables et mortes. Elle n'est donc fiable que dans le cas où la plupart des bactéries sont vivantes.

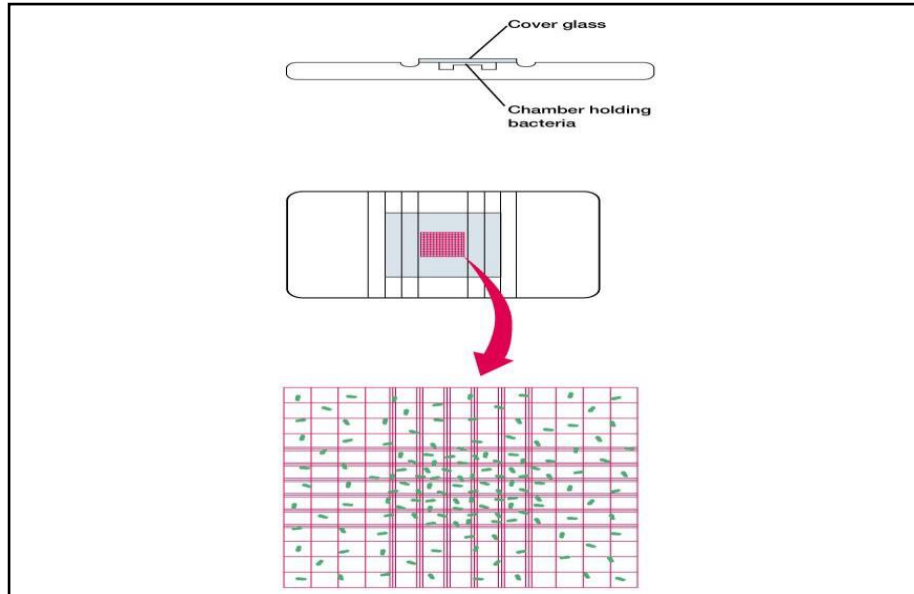


Figure 3 : La cellule de Thoma.

**1.1.2. Décompte sur des membranes filtrantes :** très utiles lorsque le nombre des bactéries est très bas. Utilisée pour la recherche des coliformes dans l'eau, comme preuve de contamination fécale. On procède par filtration sur membrane de 100 ml d'eau puis la membrane est mise en culture sur milieu gélosé en boîte de Pétri (figure 4). Particulièrement utile pour étudier des échantillons aquatiques.

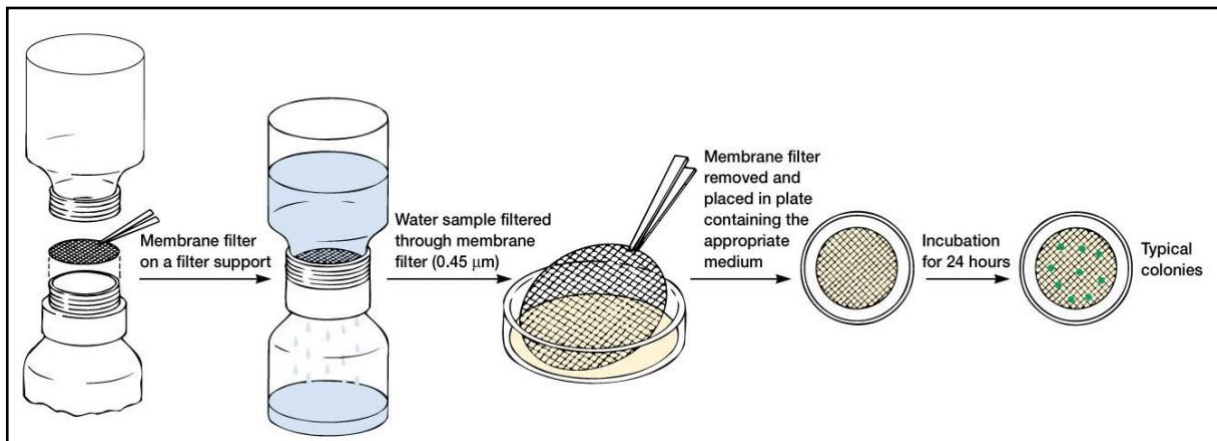


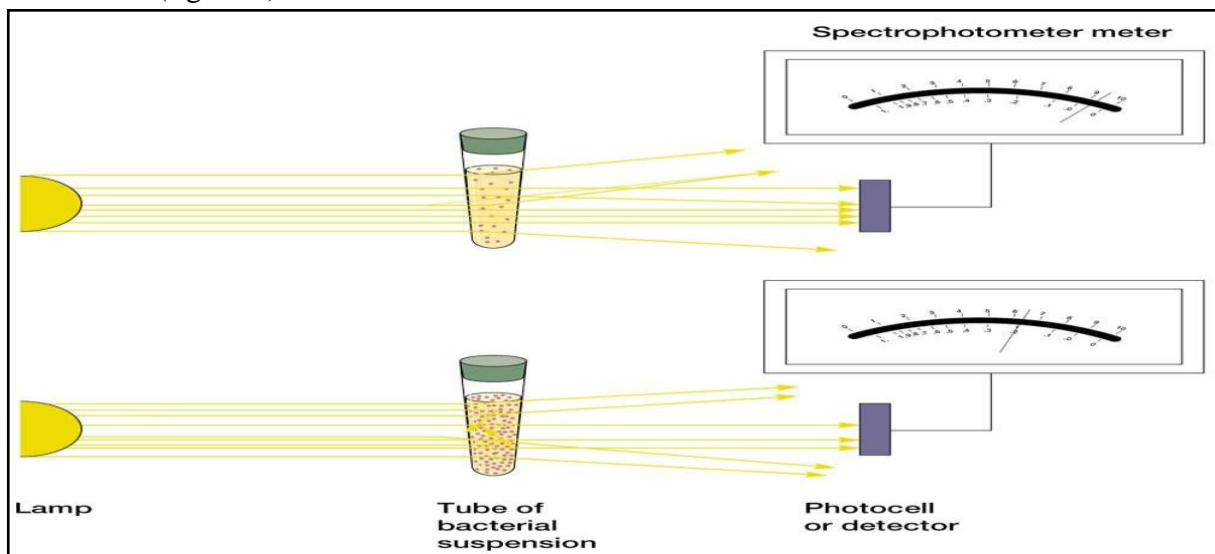
Figure 4 : Décompte sur membrane filtrante.

**1.1.3. Décompte après étalement sur milieu solide :** cette méthode permet l'appréciation des bactéries viables et cultivables. Cette technique consiste à réaliser des dilutions décimales du produit à étudier et à ensemencer soit 1 ml en profondeur d'un milieu solide en surfusion, soit 0,1 ml en surface d'un milieu gélosé approprié à l'aide d'un râtelier. Après incubation, chaque cellule se multiplie pour donner une colonie visible à l'œil nu et facilement dénombrable. En tenant compte du facteur de dilution, on peut déduire la concentration bactérienne initiale. Cependant, le résultat est exprimé en Unités Formants Colonies (UFC) /ml. Il arrive que plus d'une bactérie donne une seule colonie.

Remarque : il existe une autre technique statistique semi-quantitative dite du "nombre le plus probable" (NPP), qui sera évalué par rapport à la table de Mac Grady.

## 1.2. Méthodes indirectes :

**1.2.1. Mesure de la turbidité :** densité optique d'une culture bactérienne à l'aide d'un spectrophotomètre. Si la technique est bien maîtrisée, on peut avoir des estimations correctes de la croissance bactérienne. C'est la technique la plus employée car la plus simple, la plus rapide et la moins coûteuse. Son inconvénient majeur est sa sensibilité relativement modérée; il faut des concentrations d'au moins  $10^7$  bactéries / ml pour avoir des densités optiques mesurables (figure 5).



**Figure 5 :** Estimation de la turbidimétrie par spectrophotométrie.

Cette technique est basée sur la mesure de l'absorbance de la lumière incidente par rapport à celle transmise. Plus de cellules  $\Rightarrow$  Plus de dispersion de la lumière  $\Rightarrow$  Moins de lumière détectée (augmentation de l'absorbance).

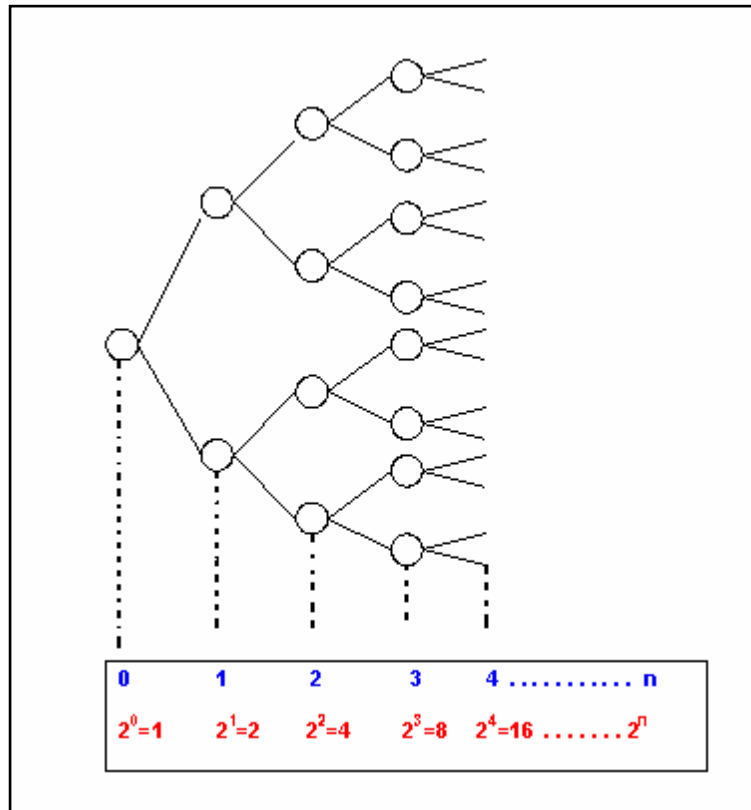
**1.2.2. Mesure de la biomasse sèche (le poids sec) :** consiste à récolter les cellules par centrifugation puis au lavage à l'eau distillée avant de les passer au séchage à  $105^{\circ}\text{C}$  jusqu'à poids constant. Le culot est ensuite pesé. Plus la biomasse est élevée plus le nombre de bactérie est grand. Cette technique ne différencie pas les bactéries vivantes des mortes. Elle est peu sensible et longue à effectuer.

**1.2.3. Dosage de certains constituants cellulaires :** certains constituants de la cellule, comme l'ATP qui est indispensable au transfert d'énergie, le FAD et le FMN (coenzymes des déshydrogénases), protéines, ADN, azote, peptidoglycane, LPS... sont utilisés comme marqueur biologique corrélatif. Ils permettent une mesure relativement précise d'une culture cellulaire donnée.

**2. Paramètres de la croissance :** ces paramètres sont appelés aussi constantes de la croissance. Il s'agit de : temps de génération (G), nombre de génération (n) et taux de croissance ( $\mu$ ).

Une bactérie, placée dans un milieu favorable peut se multiplier indéfiniment, par division binaire (figure 6). La croissance se fait selon une progression géométrique d'ordre 2 : 1, 2, 4, 8

... ou  $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots, 2^n$  (où  $n$  = nombre de générations). La division cellulaire répond une progression exponentielle à temps régulier.



**Figure 6 :** Aspect théorique de la croissance.

A partir d'une population initiale (nombre de bactéries initial)  $N_0$ , au bout de  $n$  divisions, on aura un nombre théorique de bactéries:  $N = 2^n N_0$  (1). ( $N$  = nombre de cellule en division au temps ( $t$ )).

Le temps nécessaire au doublement du nombre de cellules (le temps qui sépare deux divisions successives) est appelé **temps de génération (G)** :  $G = t / n$  (2) (son unité est l'unité du temps : heure, minute).

Le temps de génération est **spécifique à chaque espèce** et il dépend des conditions environnementales. ( $G$ ) est de 20 minutes pour *Escherichia coli*, de 1000 minutes pour *Mycobacterium tuberculosis*.

**Le taux de croissance ( $\mu$ )** exprime la vitesse de multiplication des bactéries : c'est le nombre de divisions effectuées par unité de temps (son unité est temps<sup>-1</sup> : H<sup>-1</sup>, min<sup>-1</sup>).  $\mu = n / t \Rightarrow n = \mu t$  (3).  $n$  : nombre de génération ou nombre de division (sans unité).

(1) et (3)  $\Rightarrow N = 2^{\mu t} N_0$  (4). Il s'agit d'une fonction exponentielle. La simplification par transformation logarithmique donne :  $\log N = \mu t \log 2 + \log N_0$  (5). Qui correspond aussi à :  $\log N = n \log 2 + \log N_0$  donc :  $n = \frac{\log N - \log N_0}{\log 2}$

La pente de la droite de l'équation (5) qui a la forme ( $Y = aX + b$ ), représente le taux de croissance ( $\mu$ ). Graphiquement,  $\mu$  représente la pente de la droite de la phase exponentielle :

$$\mu = \ln x_2 - \ln x_1 / (t_2 - t_1).$$

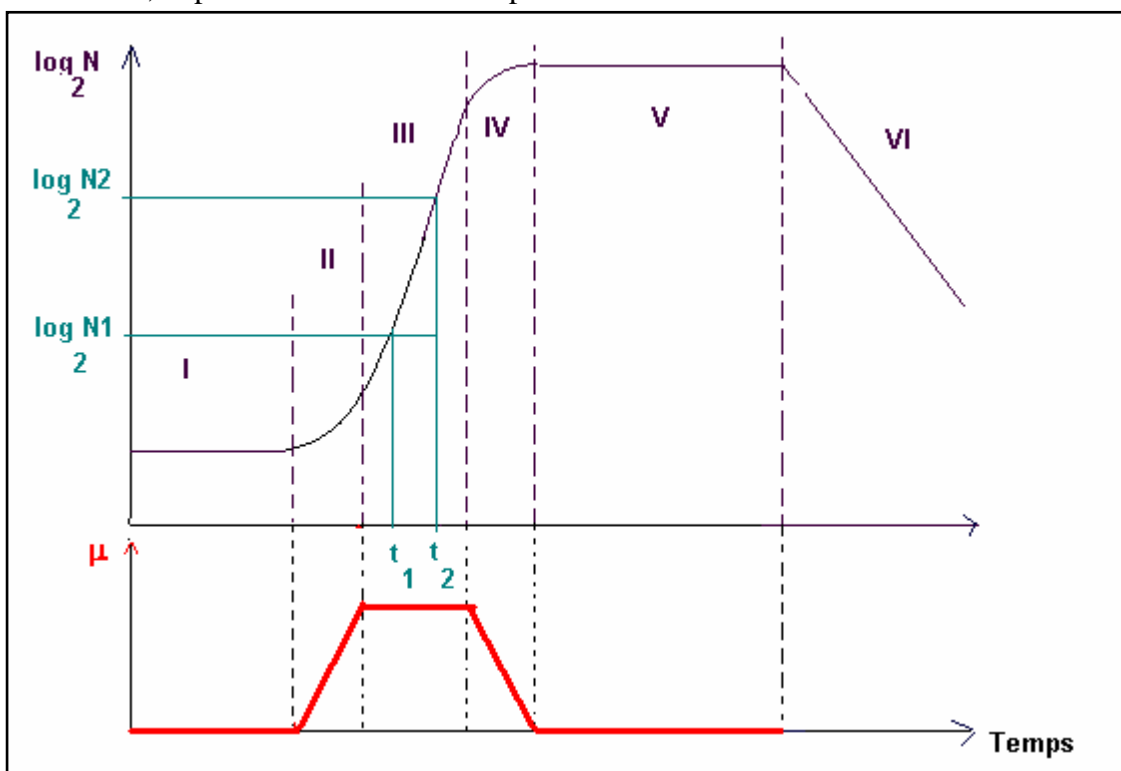
**Exemple :** une population bactérienne croit de  $10^3$  à  $10^9$  cellules / ml en 10 heures.

$$n = (\text{Log}10^9 - \text{log}10^3) / \text{Log} 2 = 6 / 0.3 = 20 \text{ divisions.}$$

$$G = 10 / 20 = 0.5 \text{ heures} = 30 \text{ minutes.}$$

$$\mu = 1/G = 1/0.5 = 2 \text{ heures}^{-1} = 0.03 \text{ minutes}^{-1}.$$

**3. Courbe de croissance (en mode discontinu) :** dans une culture discontinue où le milieu de culture n'est pas renouvelé et par conséquent, les nutriments s'épuisent avec le temps. C'est un système clos (fermé) où le cycle de développement des bactéries est le résultat d'une croissance dans un milieu limité en nutriments. La croissance suit une courbe à 06 phases (figure 7) : La phase de **latence**, la phase d'accélération, la phase de **croissance exponentielle**, la phase de ralentissement, la phase **stationnaire** et la phase de **déclin**.



**Figure 7 :** Courbe de croissance en mode discontinu.

**I. Phase de latence :** le taux de croissance est nul ( $\mu = 0$ ). Les bactéries ne se divisent pas, mais s'adaptent aux conditions de leur milieu environnemental. C'est le temps nécessaire à la bactérie pour synthétiser les enzymes spécifiques aux substrats (nutriments) présents (cette phase est absente ou on peut la supprimer, si on effectue un repiquage sur milieu identique au précédent). La durée de cette phase dépend de plusieurs facteurs : milieu de préculture doit être le même pour limiter le temps de latence, l'inoculum doit être jeune (plus la culture de l'inoculum est vieille, plus la durée de cette phase est longue) et l'importance de l'inoculum (plus l'inoculum est important, plus le temps nécessaire à l'adaptation est court).

**II. Phase d'accélération** : pendant laquelle la vitesse de croissance augmente ( $\mu \neq 0 : 0 < \mu < \mu_{\max}$ ). Début de la division cellulaire, mais toutes les cellules n'ont pas commencé à se diviser en même temps.

**III. Phase de croissance exponentielle** : où la vitesse de division est constante et maximum ( $\mu = \text{maximum et constant}$ ). La majorité des bactéries sont dans un bon état physiologique et se divisent de façon exponentielle. Les bactéries sont complètement adaptées au milieu, elles se multiplient le plus rapidement possible. Le temps de génération des bactéries pendant cette phase est le plus court (**G est minimum**). La presque totalité de la masse cellulaire est représentée par des cellules viables (mortalité nulle). Cette phase dure tant que, les nutriments sont disponibles et les substances toxiques absentes et le pH est optimal.

**IV. Phase de ralentissement** : (décélération) où  $\mu$  diminue et G augmente. La vitesse de croissance diminue (ralentissement de la croissance). Il y a un épuisement du milieu de culture et une accumulation des déchets métaboliques toxiques. Il existe un début d'autolyse des bactéries.

**V. Phase stationnaire** : le taux de croissance devient nul ( $\mu = 0$ ). Le nombre de cellules ne varient plus, les bactéries qui continuent à se multiplier compensent celles qui meurent par autolyse. Cette phase est déclenchée par l'épuisement du milieu en nutriments, l'accumulation de déchets toxiques et la variation du pH (ex: acides organiques) libérés dans le milieu par les bactéries suite à leurs activités métaboliques.

**VI. Phase de déclin** : le taux de croissance est négatif ( $\mu < 0$ ). Le nombre de bactéries viables diminue durant cette phase, les bactéries ne se divisent plus. Ceci est dû à une lyse cellulaire sous l'action des enzymes protéolytiques endogènes (autolyse). Cependant, il persiste une croissance au dépend de substances libérées lors de la lyse cellulaire (**croissance cryptique**).

**Détermination graphique du taux de croissance  $\mu$**  : d'après la courbe de la figure 7, le taux de croissance maximum peut être déterminé graphiquement, durant la phase exponentielle de croissance (représente la pente de cette phase droite), comme suit:

$$\mu = (\log_2 N_2 - \log_2 N_1) / t_2 - t_1$$

Le taux de croissance est très variable selon les espèces et les conditions de culture.

**3.1. Culture en diauxie** : c'est une croissance qui se traduit par une courbe biphasique (figure 8). C'est un phénomène de double croissance, lorsqu'on utilise un milieu synthétique contenant deux sources de carbone, parce que les bactéries préfèrent l'utilisation d'un substrat par rapport à l'autre. Cette situation est obtenue dans les milieux glucosés enrichis d'un second glucide (lactose, maltose, xylose, sorbitol...). Lorsque des bactéries sont cultivées en présence de glucose et de lactose, la cinétique obtenue s'explique par le fait que le glucose est toujours métabolisé comme premier substrat et épuisé, les enzymes du métabolisme du glucose sont constitutives (présentes dans le cytoplasme des cellules). Alors que, les enzymes de la phase secondaire qui déterminent la diauxie sont inductibles (ne sont synthétisées qu'en la présence de leurs substrats spécifiques), et une fois leur inhibition levées par la disparition du glucose). Elles commencent par l'utilisation du glucose jusqu'à son épuisement. On observe ensuite un temps de latence, durant lequel les bactéries vont synthétiser les enzymes nécessaires à l'utilisation du lactose et à la phase stationnaire par rapport au métabolisme du glucose, avant la reprise de la multiplication bactérienne.

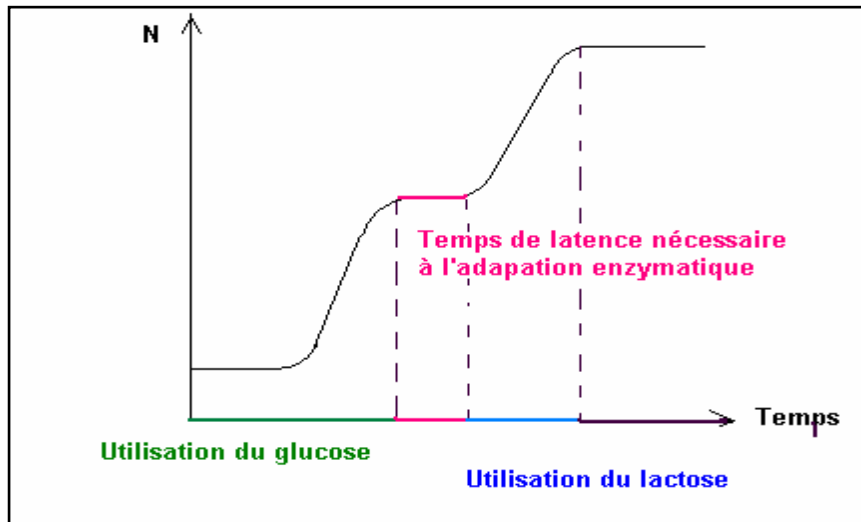


Figure 8 : Culture en diauxie.

**3.2. Croissance en culture continue :** c'est un système ouvert dans lequel les bactéries sont maintenues dans un état de croissance équilibré et optimal (il y a maintien d'une croissance exponentielle continue). Cette situation est assurée, lorsque le milieu de culture est renouvelé régulièrement (addition en continu du milieu nutritif stérile), et que les métabolites sont éliminés en même temps. La valeur du taux de croissance  $\mu$  est maximale et constante.

**4. Culture bactérienne :** les bactéries peuvent être cultivées en milieux liquide, solide et semi-liquide. Les milieux liquides sont utilisés pour la culture de bactéries pures. Les milieux solides ou semi-solides, à base d'agar, sont utilisés pour l'isolement de bactéries. Dans ces milieux, ont été ajoutés des nutriments favorisant la croissance des bactéries étudiées.

Les milieux de culture sont des préparations utilisées pour faire croître, reproduire, transporter et conserver des micro-organismes, peuvent être liquides ou solides. Les milieux solides sont généralement solidifiés par addition de l'agar (habituellement on utilise 1.5%) (figure 9).

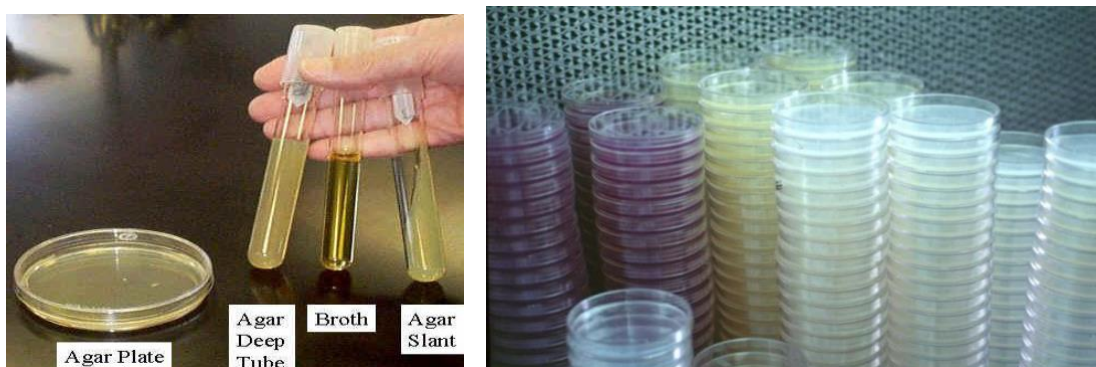


Figure 9 : Milieux de culture liquides et solides.

Les bactéries introduites dans le milieu de culture constituent l'**inoculum**. Les micro-organismes qui s'y développent forment **une culture**.

#### 4.1. Classification des milieux de culture selon la consistance :

\* **Milieux liquides :** appelés aussi bouillons de culture.

\* **Les milieux solides :** peuvent être coulés en boîte de Pétri ou répartis en tube (gélose inclinée, gélose profonde). Selon la quantité d'agar, on a des géloses solides (1,5% d'agar) et des géloses

molles ou semi solides (0,75% d'agar). La croissance des bactéries se traduit par l'apparition de colonies qui sont des amas cellulaires, ayant des aspects, des tailles et des formes différents selon les espèces.

**4.2. Classification des milieux de culture selon la composition chimique :** la composition et le pH du milieu sont adaptés selon le type trophique de la bactérie et de ses exigences.

**4.2.1. Les milieux synthétiques :** la composition chimique du milieu est connue, qualité et quantité. Ils sont utilisés pour les bactéries autotrophes ou des tests bien précis.

**4.2.2. Les milieux complexes ou empiriques :** très nutritifs de composition indéfinie. Utilisés pour la culture de nombreux organismes. Employés pour la culture des chimiohétérotrophes. Ils sont constitués d'extrait de soja, de viande, de levure, digérés par des enzymes. Ils fournissent une source de carbone, d'azote, vitamines B. Exemple : bouillon nutritif.

**4.2.3. Les milieux semi-synthétiques :** c'est un mélange de composés chimiques purs et de substances naturelles empiriques.

**4.2.4. Les milieux sélectifs :** ces milieux inhibent la croissance de la majorité des micro-organismes et stimulent celles des bactéries qu'on cherche à isoler. On fait intervenir par exemple, un pH acide, une concentration de sel élevée.

**4.2.5. Les milieux différentiels :** contiennent un indicateur (colorant) qui permet de différencier deux types bactériens qui poussent sur le même milieu, mais ne dégradent pas tous les deux un substrat particulier.

**4.2.6. Les milieux enrichis :** ils contiennent, en plus des composants de base, des composants indispensables aux bactéries, que celles-ci ne peuvent pas synthétiser. Ce sont des milieux utilisés pour l'obtention des bactéries dites exigeantes et auxotrophes.

**4.2.7. Les milieux d'identification :** utilisés dans la mise en évidence des caractères biochimiques des bactéries dans l'identification différentielle.

**4.2.8. Les milieux de conservation :** ce sont des milieux pauvres au sein desquels les bactéries survivent dans un état de vie ralentie.

**5. Agents antimicrobiens :** de multiples agents physiques et chimiques sont utilisés pour inhiber ou tuer les microorganismes selon plusieurs procédés.

### 5.1. Définitions :

- **Stérilisation :** procédé qui permet de détruire ou d'éliminer d'un objet ou d'un habitat toutes les formes de vie microbienne. Un objet stérile est totalement exempt de microorganismes, de spores ou d'autres agents infectieux viables. Un agent chimique permettant la stérilisation est un **agent stérilisant**.
- **Désinfection :** elle peut concerner le matériel, le sol, les mains... C'est une opération permettant **l'élimination momentanée de microorganismes et l'inactivation des virus**. Les désinfectants sont des agents généralement chimiques appliqués sur des produits inertes, n'assurant pas forcément la stérilisation complète d'un objet. Elle est inefficace sur les endospores.
- **Antiseptie :** opération permettant l'inhibition ou la destruction de micro-organismes pathogènes au niveau de tissus vivants. En principe, on doit réserver le terme "désinfection" aux milieux inertes et "antiseptie" aux tissus vivants. Les antiseptiques sont moins toxiques que les désinfectants, mais leur utilisation reste externe.



- **Décontamination** : comme la désinfection est une action au résultat non permanent. Elle permet d'inhiber les micro-organismes, sans forcément les tuer. Elle s'applique à des tissus vivants. C'est un processus réduisant la population microbienne à des niveaux considérés sans danger par les normes de la santé publique.
- **Asepsie** : ensemble des règles à respecter par les équipes médicales empêchant tout apport exogène de microorganismes. La stérilisation, la désinfection et la décontamination sont des moyens permettant de réaliser l'asepsie.
- **Antibiotiques** : ce sont des **agents chimiothérapeutiques**, agissant de manière spécifique au niveau d'une voie métabolique microbienne, et inhibant ainsi la croissance microbienne. Les antibiotiques « naturels » sont synthétisés par des micro-organismes (bactéries et moisissures). Les antibiotiques « semi-synthétiques » sont obtenus par modification chimique des antibiotiques naturels. Les antibiotiques « synthétiques » tels que les sulfamides sont obtenus par synthèse chimique. Les antibiotiques agissent à des concentrations de l'ordre du  $\mu\text{g/ml}$  *in vitro*.

**Type d'action** : selon l'effet de l'agent antimicrobien sur la croissance des micro-organismes, on distingue :

- Une action **bactériolytique** avec une lyse (la mort) des cellules. Les nombres de bactéries totales et viables diminuent brutalement.
- Une substance est dite **bactériostatique** (ou fongistatique) si elle possède la propriété d'inhiber momentanément la multiplication des bactéries (ou des champignons).
- Une substance est dite **bactéricide** (ou fongicide) si elle détruit totalement les bactéries (ou les champignons).
- **Spectre d'activité** : il s'agit de la liste des espèces vis-à-vis desquelles un agent exerce son pouvoir bactéricide ou bactériostatique. Si les désinfectants et les antiseptiques ont un spectre très large, les antibiotiques ont un spectre beaucoup plus étroit. Par exemple la pénicilline G n'agit que sur les bactéries à Gram positif.

**5.2. Classification des agents antimicrobiens** : la classification habituelle sépare les agents physiques, les agents chimiques et les agents chimiothérapeutiques.

### 5.2.1. Agents physiques :

**1. La température** : elle est utilisée soit par le froid (**réfrigération, congélation**) soit par la chaleur (**la pasteurisation**) pour **la conservation** des aliments. Dans les deux cas, le nombre de micro-organismes est stabilisé par la diminution de la croissance.

La température permet également **de détruire** les micro-organismes (stérilisation, appertisation). Les destructions thermiques utilisent **la chaleur humide ou la chaleur sèche**. La chaleur entraîne la coagulation et la dénaturation des protéines cellulaires (enzymes), qui est facile quand elles sont hydratées, ce qui explique l'efficacité de la stérilisation par la chaleur humide que par la chaleur sèche.

**1.1. Chaleur humide (stérilisation)** : les formes végétatives bactériennes et fongiques et les virus sont détruits à la température de l'eau bouillante, mais ce n'est pas le cas des spores (surtout les endospores bactériennes).

**L'appertisation** : consiste à plonger des légumes enfermés hermétiquement dans des bouteilles, dans de l'eau bouillante. Cette méthode est très utilisée dans l'industrie des conserves.

**L'autoclave :** C'est un outil de **stérilisation par la chaleur humide sous pression**, constitué d'une enceinte métallique hermétiquement close dans laquelle on chauffe l'eau sous pression (1 bar) pour faire agir de la vapeur d'eau saturée. La stérilisation est obtenue par dénaturation des protéines, après chauffage à 121°C pendant 15 à 20 minutes. Il y'a plusieurs modèles d'autoclaves de tailles et de formes différentes.

**La tyndallisation :** utilisée pour la stérilisation des matières fragiles, très altérables par la chaleur. C'est une opération (décrite par Tyndall) consistant à chauffer un milieu à 60-70°C pendant 30-60 minutes trois fois consécutives en laissant un intervalle de 24 heures entre chaque chauffage. Ainsi, certains milieux ne supportant pas l'autoclavage peuvent être stérilisés. La dormance des spores thermorésistantes est levée au cours du premier chauffage, les cellules végétatives issues de la germination de ces spores sont détruites lors des traitements suivants.

**La pasteurisation :** méthode de conservation découverte par Pasteur dans les années 1860. Un chauffage modéré (pas très élevé 60°C) permet la destruction des germes pathogènes fréquemment présents dans le lait ou ses dérivés, les jus de fruits... La pasteurisation a l'avantage de laisser intacts les vitamines présentes dans le produit traité, qui conserve également ses caractères organoleptiques (couleur, odeur, saveur). On distingue plusieurs types de pasteurisation :

**Pasteurisation basse température :** 60-70°C pendant plusieurs minutes

**Pasteurisation haute température :** 90°C durant 30 secondes puis refroidissement à 10°C (lait)

**Pasteurisation UHT (ultra-haute température) :** 140°C pendant quelque secondes puis refroidissement brutal (lait, jus de fruit)

**1.2. La chaleur sèche :** son utilisation est limitée, car elle est moins efficace que la chaleur humide. Pour certains matériels qu'il n'est pas souhaitable de mettre au contact de la chaleur humide, on utilise la chaleur sèche, fournie par des fours électriques ou à gaz. La mort des microorganismes est obtenue par dénaturation des protéines, après un chauffage à 180 °C pendant 30 minutes (160°C / 2 heures). La chaleur sèche est moins efficace que la chaleur humide.

**2. Radiations :** chaque type de radiation a une longueur d'onde spécifique qui détermine son énergie, son mécanisme d'action et son domaine d'application.

**2.1. Rayons Ultraviolets :** les radiations ultraviolettes (UV) sont absorbés par La matière vivante et se caractérisent par une longueur d'onde inférieure à 300 nm (proches de 260 nm), sont très létales mais ne pénètrent que très peu le verre ou l'eau. Les lampes germicides sont utilisées pour la stérilisation des salles de chirurgie ou la décontamination de surfaces de travail. Les radiations UV provoquent la dénaturation des protéines et la mutation des acides nucléiques par la formation de dimères de pyrimidines (des agents mutagènes).

**2.2. Radiations ionisantes (X et  $\gamma$ ) :** leur pouvoir de pénétration est plus important. Les radiations  $\gamma$  stérilisent à froid des antibiotiques, des hormones ou des objets plastiques à usage unique. Chez les organismes vivants, l'ionisation de l'eau et d'autres molécules engendre la formation d'électrons et de radicaux libres chimiquement très réactifs (ex : le radical hydroxyle  $\text{OH}^\cdot$ ) capable de dénaturer l'ADN et les protéines (enzymes) ce qui provoque la mort des cellules irradiées.

**3. Pression :** les ultrapressions sont capables de détruire les microorganismes. Le traitement d'aliments à 4 000 bars permet de réduire sensiblement leur teneur en microorganismes. L'usage industriel est limité par l'importante dépense énergétique nécessaire.

**4. Filtration :** la filtration est une excellente méthode pour réduire la population microbienne de substances thermosensibles ou pour stériliser des solutions, comme des protéines, vitamines, sérum, antibiotiques... La filtration stérilisante est appelée stérilisation à froid.

### 5.2.2. Agents chimiques :

**1. Oxydants :** oxydent les groupements thiol SH libres des enzymes et provoquent leur altération irréversible. On trouve :

- **Eau oxygénée :** un désinfectant des plaies, sa décomposition rapide limite son efficacité.
- **Chlore et dérivés :** le chlore, sous forme de gaz ou de diverses combinaisons chimiques (hypochlorites et chloramines), est le désinfectant de choix pour l'eau de distribution et les piscines, également employé dans les industries alimentaires. Son application produit de l'acide hypochloreux (HClO) entraînant une oxydation des constituants cellulaires. L'eau de Javel (hypochlorite de sodium : NaOCl) assure rapidement la destruction des bactéries et des champignons sur le sol ou les ustensiles. Seules les formes sporulées nécessitent des doses très élevées pour être éliminées.
- **Iode :** l'iode, peu soluble dans l'eau, est utilisé en solution dans l'alcool (teintures d'iode) ou sous forme d'iodure de sodium ou de potassium. Il permet la désinfection de la peau (antiseptie préopératoire) et des plaies superficielles mais peut entraîner des brûlures. Les iodophores comme la Bétadine sont des complexes organiques libérant progressivement l'iode, solubles dans l'eau, non irritants et non tachants.

**2. Savons et détergents synthétiques :** les savons sont des sels sodiques ou potassiques d'acide gras de poids moléculaire élevé. Ils permettent l'emprisonnement des germes dans la mousse, puis leur élimination par rinçage. Des composés à pouvoir mouillant, bactéricides (les détergents ou surfactants), ils agissent par adsorption au niveau des surfaces cellulaires, détruisant la membrane plasmique et inactivant les enzymes respiratoires.

### 3. Autres :

- **Alcools :** ce sont des désinfectants et des antiseptiques largement utilisés, bactéricides et fongicides. L'éthanol et l'isopropanol sont utilisés en solution (70°). Ils agissent par dénaturation des protéines.
- **Métaux lourds :** les ions de métaux lourds comme le mercure, l'argent, l'arsenic, le zinc et le cuivre inactivent les enzymes des bactéries et des cellules de l'hôte, ce qui explique leur toxicité.
- **Phénols :** les composés phénoliques inhibent les systèmes enzymatiques ou découplent les réactions énergétiques. Efficaces contre les bacilles tuberculeux.
- **Aldéhydes :** le formaldéhyde et le glutaraldéhyde détruisent les virus, les bactéries et les champignons par dénaturation des protéines et des acides nucléiques. Ce sont d'excellents désinfectants des surfaces, des instruments et appareils.
- **Gaz :** la stérilisation par les gaz est un procédé de plus en plus courant pour les objets thermosensibles (seringues, boîtes de Pétri...) et les locaux (chambres des malades).

• **Colorants** : sont utilisés comme antiseptiques à usage local : vert malachite, vert brillant, violet de méthyle, violet de gentiane, acridine... Ils ont fréquemment une action sélective vis-à-vis des bactéries à GRAM positif ou à GRAM négatif.

• **Conservateurs alimentaires** : un additif antimicrobien doit être bactéricide et fongicide, non détruit au contact de l'aliment, non toxique et ne diminuant pas les qualités de l'aliment. Ex : salage, fumage, emploi de l'acide lactique, de l'acide acétique... Autres conservateurs : acide sulfureux, bisulfite de sodium, acide benzoïque, acide salicylique, huiles essentielles...

**5.2.3. Agents chimiothérapeutiques** : les agents chimiothérapeutiques tuent les microorganismes pathogènes ou inhibent leur développement à des concentrations faibles pour ne pas être toxiques pour l'hôte (toxicité sélective). Ils sont utilisés dans le traitement des maladies infectieuses. Leur spectre d'activité peut être étroit (efficace sur un nombre limité d'espèces bactériennes et parfois sur une seule espèce) ou large (agissent sur un nombre important d'agents pathogènes). Les principaux micro-organismes producteurs d'antibiotiques sont : des bactéries : *Streptomyces* (Streptomycine, Néomycine, Erythromycine...), *Bacillus* (Bacitracine, Polymyxines), des moisissures : *Penicillium* (Pénicillines, Griséofulvine...).

**Classification des antibiotiques** : les antibiotiques peuvent être classés selon divers critères : origine (naturels, synthétiques et semi synthétiques. Voir définition), spectre d'activité (large ou étroit), parenté chimique (la structure de base commune à plusieurs antibiotiques permet de regrouper ces antibiotiques dans une même famille), site d'action (leur cible d'attaque au niveau de la cellule bactérienne : inhibition de la synthèse de la paroi, inhibition de la synthèse des protéines, inhibition de la réplication et de la transcription de l'acide nucléique, détérioration de la membrane plasmique, inhibition de la synthèse de métabolites essentiels : antimétabolites) (figure 10).

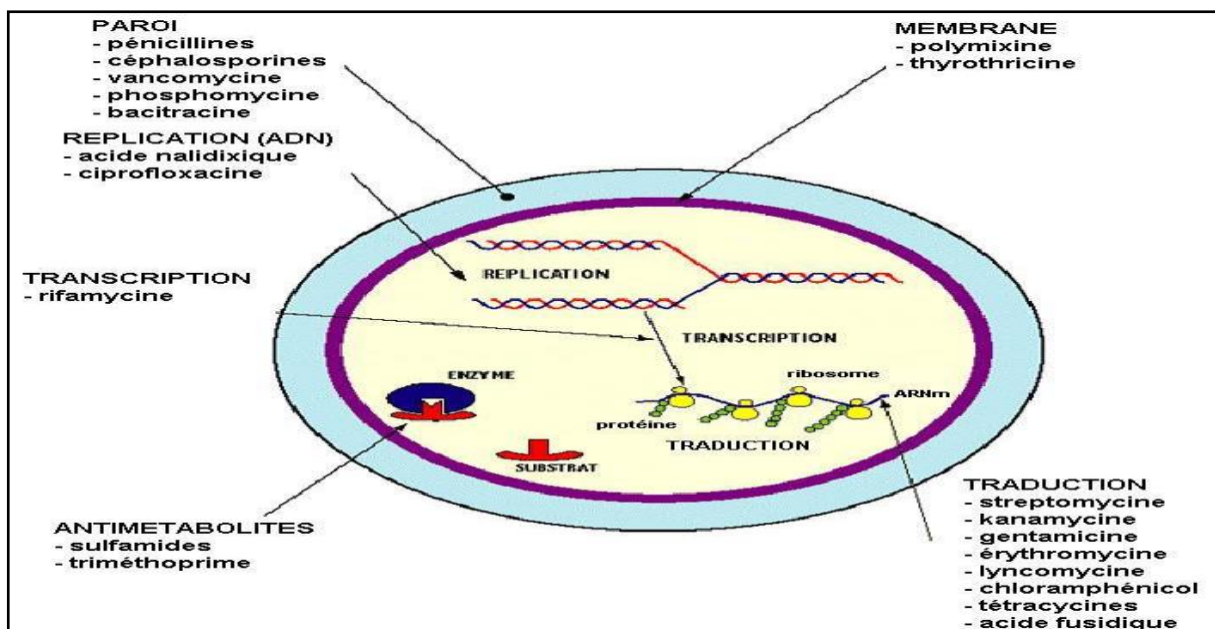


Figure 10 : Mode d'action des antibiotiques sur les bactéries.