

**Spécialité: 3<sup>ème</sup> année microbiologie**

# **Module: Microbiologie de l'environnement**

# **I. LA MICROBIOLOGIE DES EAUX**

## I.7. Contrôle de la qualité de l'eau

Le contrôle microbiologique d'une eau potable devrait logiquement consister à rechercher les germes pathogènes qu'elle pourrait contenir. C'est une opération très difficile à mettre en œuvre en raison du nombre d'analyses à réaliser et de leur coût. Mais il existe une alternative réaliste à cette situation : la recherche des **indicateurs de contamination fécale**.

Les indicateurs les plus couramment recherchés sont :

- La **flore totale aérobie mésophile (FTAM)**
- Les **coliformes fécaux**
- Les **streptocoques fécaux**
- Les **clostridium sulfo-reducteurs**.

| Flores                                           | Méthodes                         | Milieux                                                        | Température d'incubation | Durée d'incubation |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Coliformes fécaux (<i>E. coli</i>)</b>        | En milieu liquide (NPP)          | Schubert                                                       | 44°C                     | 24 h à 48 h        |
|                                                  | Par filtration sur membrane      | Gélose lacotsé au TTC et au tergitol 7                         | 44°C                     | 24h                |
| <b>FTAM</b>                                      | En milieu solide (dans la masse) | PCA                                                            | 22°C *<br>37°C           | 72h *<br>24h       |
| <b>Streptocoques fécaux</b>                      | En milieu liquide (NPP)          | Roth et EVA Lytski                                             | 37°                      | 24h à 48h          |
|                                                  | Par filtration sur membrane      | gélose de Slanetz et Bartley                                   | 37°C                     | 24h                |
| <b>Spoires des anaérobies sulfito-réducteurs</b> | En milieu solide (en profondeur) | Gélose viande-foie additionnée de sulfite de Na et Alun de fer | 37°C                     | 24h à 48h          |

**(TTC) : chlorure de triphényltetrazolium**

**(PCA) : Plate Count Agar**

**\* :22 °C** pour différencier la flore saprophyte de l'eau et 37°C (température du corps humain) pour favoriser les bactéries d'origine intestinales.

## **II. LA MICROBIOLOGIE DU SOL**

## II. 1. Les constituants du sol

- Le sol est un milieu poreux constitué de trois phases : **solide** qui occupe entre **40 et 70%** du volume total du sol, **liquide** et **gazeuse** constituant **30 à 60 %** du volume total du sol; ces proportions varient au cours du temps.
- Les **constituants liquides** représentent **l'eau et les substances dissoutes**.

- Pour les **constituants gazeux**, on retrouve les même gaz que dans l'atmosphère ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ...) mais en proportions et concentrations différentes.

- **Les constituants solides minéraux et organiques.**

- ✓ Les premiers issus de la roches mère peuvent être de taille et de qualité minéralogique diverses et sont classés selon leur granulométrie.

- ✓ Les seconds, sont issus de la décomposition d'êtres vivants et constituent les matières organiques du sol.

## II.2. Spécificité de l'écosystème tellurique

- Les sols sont caractérisés par des couches d'épaisseur et de structure variables. Qu'il s'agisse de couleur, texture, structure, porosité, pH, contenu organique ou contenu minéral, chaque couche diffère de celle qui la précède ou de celle qui la suit.
- Ces propriétés distinctives influencent à leur tour l'humidité, le contenu gazeux et le contenu biologique des différentes strates du sol.
- Une couche riche en matière organique, lieu d'une grande activité biologique, est ainsi très différente d'une couche faite de roche qui a peu de matière organique et donc peu d'activité biologique.



## II. 3. Les microorganismes du sol

Les microorganismes du sol sont constitués de 5 principaux groupes:

- Les virus
- Les bactéries
- Les actinobactéries
- Les champignons
- Les algues.

Les **bactéries, les actinobactéries et les champignons** représentent l'essentiel de la biomasse microbienne du sol.

## II. 3.1. Les bactéries

- Les bactéries sont ubiquistes et elles présentent une population très abondante dans le sol, mais leur activité est principalement concentrée dans les premiers centimètres du sol.
- On peut y retrouver tous les types de bactéries:
  - ✓ Autotrophes
  - ✓ Hétérotrophes
  - ✓ Aérobie
  - ✓ Anaérobie
  - ✓ Mésophile
  - ✓ Psychrophile
  - ✓ Thermophile.

- Il existe **4 groupes principaux dans les sols** :

- ✓ Les eubactéries
- ✓ Les bactéries ferrugineuses filamenteuses
- ✓ Les bactéries sulfureuses
- ✓ Les Myxobactéries

- Certains ordres (Rickettsiales, spirochaetales, etc.) sont négligés car sans intérêt en microbiologie du sol.

## A. Eubactéries

- Elles sont classifiées en **4 groupes** selon **la source d'énergie** utilisée (énergie lumineuse ou des réactions redox) et **la nature du donneur d'électron** (organique ou minéral):

- ✓ Les photolithotrophes
- ✓ Les photoorganotrophes
- ✓ Les chémolithotrophes
- ✓ Les chémo-organotrophes.

|   | Lumière | Oxygène                               | Source d'électrons            | Source de carbone | Type trophique            |
|---|---------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------|
| 1 | Oui     |                                       | Inorganique (H <sub>2</sub> ) | CO <sub>2</sub>   | <b>Photolithotrophes</b>  |
| 2 | Oui     |                                       | organique                     | organique         | <b>Photoorganotrophes</b> |
| 3 |         | Oui (oxydation d'un composé chimique) | Inorganique (H <sub>2</sub> ) | CO <sub>2</sub>   | <b>Chémolithotrophes</b>  |
| 4 |         | Oui (oxydation d'un composé chimique) | Organique                     | organique         | <b>Chémoorganotrophes</b> |

- Dans le sol les deux premières catégories sont **rares**.
- Les bactéries de la troisième catégorie sont **relativement peu abondantes** mais **jouent un rôle important**.
- Les bactéries de la quatrième catégorie constituent la **majorité des microorganismes telluriques**

- La densité bactérienne dans le sol, déterminée à partir des méthodes classiques de dilution et comptage sur milieu de culture liquide ou solide, oscille entre  **$10^6$  et  $10^9$**  et même  **$10^{10}$  unités/g de sol**. En admettant une densité de  $10^9$  cellules/ g de sol, la biomasse correspondante est de l'ordre de **2500 kg/hectare**.

- La **biomasse des champignons** est **supérieure** à **celle des bactéries** bien que la **densité bactérienne** soit **100 fois plus grande**. Cependant, la **biomasse bactérienne** est **supérieure** à la **biomasse des algues, protozoaires et nématodes réunis**.

## B. Bactéries ferrugineuses filamenteuses

- Ressemblance avec les Eubactéries sur le plan morphologique.
- Elles en diffèrent par la présence d'une gaine qui entoure les cellules en chaînes. Elles se colorent en jaune rouille sous l'influence de l'oxydation du fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) contenu dans le milieu.
- Ce sont des microorganismes essentiellement aquatiques, répandus dans certaines sources, dans les eaux et boues des étangs où elles oxydent le fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en hydroxyde ferrique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).



## C. Bactéries sulfureuses filamenteuses

- Organismes filamenteux, capables de mouvement de glissement (ressemblent aux cyanobactéries).
- Leur habitat est sensiblement le même que celui des bactéries ferrugineuses avec lesquelles elles sont fréquemment associées.
- Elles en diffèrent par l'oxydation des formes réduites du soufre ( $\text{H}_2\text{S}$ ) en soufre élément (S), puis en sulfures.



## D. Myxobactéries

- Ce sont des bactéries glissantes unicellulaires, bacilliformes et extrêmement flexibles

Diffèrent des Eubactéries par :

- ✓ Leur mobilité très particulière (glissement).
  - ✓ La flexibilité due à la finesse de leur paroi cellulaire.
- 
- La densité des myxobactéries dans le sol est d'environ 2000 à 100000 Unité/g. Leur rôle dans le sol est non négligeable, elles excrètent des enzymes extrêmement actives vis-à-vis des bactéries (notamment à Gram négatif), champignons et même contre les nématodes.

## Rôles des bactéries dans le sol

- Elles jouent un rôle fondamental dans les **cycles de l'azote** (ammonification, nitrification, dénitrification, fixation symbiotique de  $N_2$ ), Parmi elles, on peut citer les bactéries nitreuses telles que *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*.
- **Cycle du carbone** (décomposition et minéralisation), celui **du phosphore** et **du soufre**, et dans le **recyclage des déchets et des polluants** comme les pesticides.
- Elles interviennent également dans **le maintien de la structure du sol**, par la formation d'agrégats

## II. 3.2. Les actinobactéries

- Elles forment le groupe des actinomycètes, elles sont représentées essentiellement par les genres *Nocardia* et *Streptomyces*. Leur densité est en général de **3 à 15 fois plus faible** que celle des bactéries.
- Ce sont des bactéries **filamenteuses hétérotrophes** et la plupart sont des **Gram-positif**.
- Ces bactéries possèdent un **mycélium ramifié** dont le diamètre (0,5-1,5µm), plus fin que celui des champignons.
- Leur classification est basée sur **la structure de l'appareil végétative** (bâtonnets ou mycéliums); **le mode de reproduction** (fragmentation, formation de conidies végétative ou sporangiospores sexuel).

## Rôles des Actinomycètes dans le sol

- Les actinomycètes sont des décomposeurs primaires des matières végétales résistantes comme l'écorce, les feuilles et les tiges.
- Ils sont particulièrement efficaces dans la dégradation de la **cellulose**, de la **chitine**, et de la **lignine**.
- Les espèces du genre **Frankia** forment des symbioses fixatrices d'azote en associations avec les casuarinacées et d'autres plantes supérieures.
- Ces bactéries ont aussi d'autres capacités métaboliques très importantes, comme la production de **pigments**, **vitamines** et **d'antibiotiques**.

## II. 3.3. Les champignons

- Les champignons sont des **eucaryotes hétérotrophes** et **immobiles** dotés d'une structure filamenteuse végétative appelée **mycélium**.
- Les Eumycètes sont constitués de quatre principaux groupes qui diffèrent par la structure de leur mycélium et de leur organe reproducteur survivant dans le sol:
  - ✓ Les zygomycètes
  - ✓ Les ascomycètes
  - ✓ Les basidiomycètes
  - ✓ Les deutéromycètes

## Rôles des champignons dans le sol

- Les champignons interviennent principalement dans **la dégradation des sucres complexes** (cellulose, lignine) et dans les processus **d'ammonification** (dégradation des matières azotées).
- Ils interviennent dans un grand nombre **d'interactions mutualistes** (mycorhizes); et ont une part importante dans plusieurs relations **commensales, parasitismes et compétitives** avec les autres organismes du sol.
- Les champignons jouent un rôle dans **le recyclage** des déchets, des sécrétions chimiques et excréments des racines des plantes, des animaux et des microorganismes.

## II. 3.4. Les algues et les protozoaires

- **Les algues** sont considérées comme relativement peu abondantes dans le sol.
- Elles sont difficiles à identifier, d'autant que la plupart d'entre elles dérivent d'espèces aquatiques mal connues.
- Les algues du sol incluent des espèces coccoides ou filamenteuses.
- Les groupes les plus courants sont des ***Chlorophyceae*** et certaines **diatomées** qui sont particulièrement présent dans les milieux humides.
- **Les protozoaires** isolés des sols sont variés et se développent dans les zones superficielles humides, au niveau des films d'eau entourant les particules de sol.

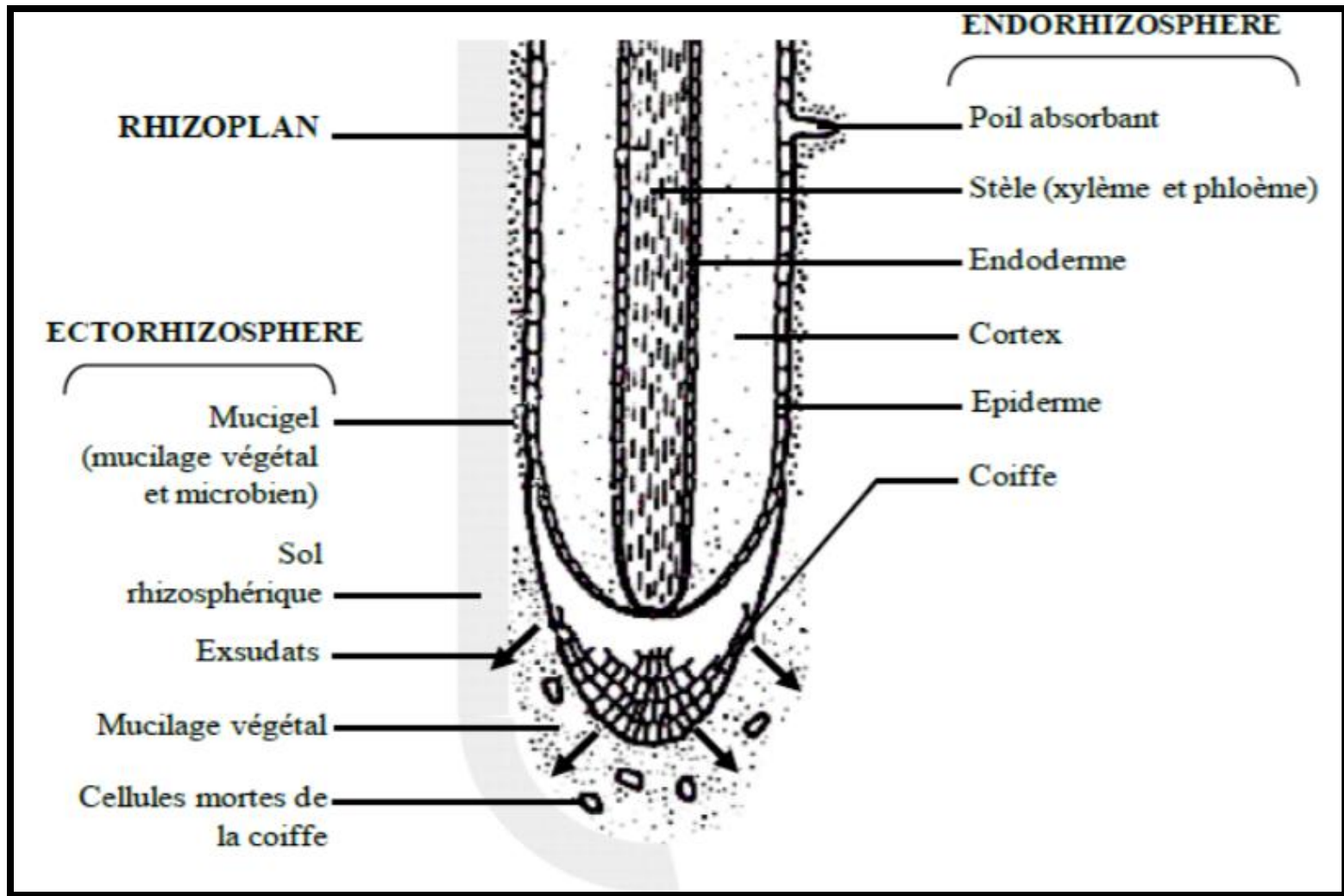
## II. 4. La rhizosphère

- La rhizosphère est définie comme le volume de sol soumis à l'influence de la racine, c'est une zone d'intense activité microbienne.
- La plante, via les exsudats racinaires, met à la disposition de la microflore des substrats (sucres et acides aminés), qui favorisent le développement de ces microorganismes, qu'ils soient pathogènes ou bénéfiques.

On considère en général, trois parties dans la rhizosphère :



- 1) **Ectorhizosphère**: Fine couche du sol qui adhère fortement aux racines, et qui peut être enlevée par une agitation modérée;
- 2) **Rhizoplan** ou **surface des racines** dont la microflore est extraite par agitation vigoureuse des racines, débarrassées du sol ectorrhizosphérique
- 3) **Endorhizosphère** : épiderme de la racine constituant un habitat pour certaines bactéries.



**Schéma illustrant les trois parties de la rhizosphère**

## II.4.1. Les associations racines-microorganismes au niveau de la rhizosphère

- De nombreuses interactions, bénéfiques (**symbioses**) ou non, voire délétères (**pathogénie**) sont observées entre plantes, bactéries et champignons du sol.

- Parmi les **interactions bénéfiques** on peut citer :

### A. La symbiose mycorhizienne

- Les associations symbiotiques entre les champignons du sol et les racines des végétaux sont très répandues dans la nature; elles sont appelées « **mycorhizes** ».

- Ces champignons **apportent à la plante des éléments nutritifs**, essentiellement le phosphore, utiles à sa croissance, **ils renforcent également ses défenses naturelles** vis-à-vis des stress d'origine biotique ou abiotique. Comme exemple de ces symbiotes on peut citer, les genres ***Glomus*, *Gigaspora*, *Pezizella* et *Rhizoctone***.

## **B. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)**

- D'autres microorganismes, en particulier les bactéries du genre ***Bacillus* ou *Pseudomonas*** qualifiées de « PGPR », sont également capables de **stimuler la croissance des plantes** et de **s'opposer à l'activité d'agents pathogènes**.

- Les bactéries fixatrices d'azote des genres ***Rhizobium***, ***Bradyrhizobium*** et ***Azorhizobium*** fixent l'azote atmosphérique pour le réduire en **ion ammonium** qui assimilé par la plante hôte et intégré dans la synthèse de ses acides aminés pour construire ses propres protéines.

## **II.4.2. Interaction plante-sol-microorganismes**

### **II.4.2. 1. Influence du sol sur la plante**

**A. La texture du sol :** la texture grossière du sol favorise l'enracinement; on a noté chez le blé que le nombre de racines secondaires est 5 fois plus élevé dans le sol sableux (0.2 mm) que dans le sol argileux (<0.002 mm).

**B. la porosité :** la porosité influe sur l'aération du sol et l'enracinement de la plante.

Pour une porosité de 30% ---> longueur de racine 6.4 cm.

Pour une porosité de 50% ---> longueur de racine 10.8 cm.

**C. Teneur du milieu en ions minéraux :**

Les éléments minéraux (azote, phosphore, potassium) sont importants pour la croissance des plantes, qui fixent le carbone atmosphérique par photosynthèse. Les éléments minéraux doivent impérativement être apportés par le milieu dans lequel pousse la plante.

### **II.4.2.2. Influence du sol sur les microorganismes**

- L'humidité du sol est nécessaire pour la vie des microorganismes et leur déplacement.
- L'apport de matière organique dans le milieu tellurique favorise la croissance des microorganismes hétérotrophes.
- Les amendements apportés au sol pour améliorer les qualités physiques et l'acidité du sol modifient et influent le peuplement microbien.

### **II.4.2.3. Influence de la plante sur les microorganismes**

- La plante exerce un effet sélectif sur la microflore rhizosphérique. La sélection se fait en fonction de la nature des exsudats racinaires.

- Certains exsudats **stimulent** certaines bactéries telle que ***Azotobacter*** qui est stimulé par les exsudats du balisier rouge (*Canna indica*).
- D'autres exsudats **inhibent** la croissance microbienne comme la production d'importante quantité de substances toxiques pour les microorganismes par les racines des plantes au moment de leur phase active de croissance (germination), comme les **substances phénoliques** : Acide isochlorogénique et l'acide gallique.

#### II.4.2.4. Influence des microorganismes sur la plante

- Les microorganismes rhizosphériques ont plusieurs effets positifs vis-à-vis des plantes. Cependant, certains peuvent être des pathogènes (phytopathogènes).



- Les plantes peuvent absorber par leurs racines de nombreuses substances organiques telles que les phytohormones, acides aminés, vitamines, antibiotiques, dérivés phénoliques, enzymes et protéines, pesticides provenant de l'activité métabolique des microorganismes telluriques.

### **A. Phytohormones synthétisées par les microorganismes**

- Produits métaboliques des microorganismes capables de stimuler la croissance et le développement des plantes, l'élongation et la ramification des racines pour augmenter l'absorption de l'eau et les sels minéraux.

- Parmi ces phytohormones on peut citer:
  - ✓ les **Auxines (AIA)** produit par *Azotobacter* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas fluorescents*, *Xanthomonas*, *Rhizobium* spp.. **La gibbéréline** produite par *Fusarium moniliforme* et les **kinines** produites par *Bacillus megaterium*.

## **B. Vitamines**

- Dans la rhizosphère, la densité des bactéries synthétisant des vitamines essentiellement du groupe **B** (Riboflavine, pyridoxine, acide Nicotinique, Biotine) est élevée,
- Ces vitamines peuvent être utilisées par les plantes ayant des problèmes physiologiques au niveau de la synthèse des vitamines.

### C. Acides aminés

- Les microorganismes du sol jouent un rôle de premier plan dans l'approvisionnement du sol en acides aminés : Ils synthétisent des acides aminés à partir de l'azote minéral et les excrètent dans le sol (*Bacillus subtilis*, *Azotobacter* et *Rhizobium*).

### D. Antibiotiques

- La rhizosphère est le foyer de production d'antibiotiques. Ces derniers peuvent jouer un rôle protecteur pour les plantes contre l'invasion de microorganismes pathogènes.

## II.5. Méthode d'analyse microbiologique d'un échantillon de sol

### Méthode de suspensions-dilutions

- Il s'agit de peser **1 gramme** de sol sec qu'on met dans un tube à essai contenant **9 ml** d'eau distillée stérile. Le mélange est agité afin de mettre en suspension les particules de sol ainsi que les cellules bactériennes, spores et les mycéliums qui y sont attachés.
- La suspension obtenue correspond à la solution mère, à partir de cette dernière, **1 ml** est pris aseptiquement et mis dans un autre tube contenant **9 ml** d'eau distillée stérile, ce qui permet d'obtenir la dilution  **$10^{-1}$** . Des dilutions décimales successives sont ainsi réalisées jusqu'à la concentration  **$10^{-6}$** .

- Ensuite l'ensemencement se fait en surface (pour la flore fongique), c'est-à-dire **0,1 ml** de chaque suspension est étalée sur la surface d'un milieu gélosé avec un étaloir en verre stérile.

- Dans la masse ou en surface pour les (**germes totaux, coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques, anaérobies sulfite réducteurs, *staphylococcus*, *pseudomonas* et salmonelle**), c'est-à-dire qu'on verse **1 ml** de l'échantillon dans une boîte de pétri ensuite on verse le milieu de culture et on homogénéise.

- Après l'incubation, les colonies sont comptées et le nombre de colonies par gramme de sol est estimé en prenant en compte la dilution utilisée.

$$\text{Nombre de colonies par gramme} = \frac{\text{Nombre de colonies}}{\text{Volume inoculé}} \times \frac{1}{\text{Facteur de dilution}}$$

\* Les milieux de culture utilisés ainsi que les conditions d'incubation des différents germes recherchés sont représentés dans le tableau suivant.

| Paramètres                           | Milieu de culture                        | Incubation                 | observations                                                                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coliformes Totaux</b>             | Gélose au Tergitol                       | 37 °C 24h à 48 h           | Dénombrement de toutes les colonies de couleur rouges briques.                                |
| <b>Coliformes Fécaux</b>             | Gélose au Tergitol                       | 44 °C 24h à 48 h           | Dénombrement de toutes les colonies de couleur rouges briques.                                |
| <b>Streptocoques Fécaux</b>          | Slanetz et bartley                       | 37 °C/ 24h à 48 h          | Dénombrement de toutes les colonies de couleur roses.                                         |
| <b>Germes Totaux</b>                 | Plate Count Agar                         | 37 °C et 22 °C/ 24 h à 48h | Dénombrement de toutes les colonies.                                                          |
| <b>Anaérobies Sulfite Réducteurs</b> | Gélose SPS *                             | 37 °C/ 24h à 48 h          | Dénombrement de toutes les colonies de couleur noires.                                        |
| <b><i>Staphylococcus</i></b>         | Chapman                                  | 37 °C/ 24h à 48 h          | Dénombrement de toutes les colonies de couleur jaunes et roses.                               |
| <b><i>Pseudomonas</i></b>            | Gélose à la Cétrimide                    | 37 °C/ 24h à 48 h          | Dénombrement de toutes les colonies de couleur verdâtres.                                     |
| <b><i>Salmonella</i></b>             | Hektoen                                  | 37 °C/ 24h à 48 h          | Dénombrement de toutes les colonies de couleur Colonies bleu vert à centre noir.              |
| <b><i>Moisissures et levures</i></b> | PAD+<br>Chloramphencol ou oxytetracyline | 29°C 3 à 5 jours           | Dénombrement de toutes les colonies lisses et crémeuses (levures) et poudreuses (moisissures) |

SPS : *sulfite*-polymyxine-sulfadiazine.

### **III. LA MICROBIOLOGIE DE L'AIR**



- L'air est un mélange de gaz, constitué principalement d'azote (78%) et d'oxygène (21%).
- Pour les microorganismes, l'air constitue plutôt un véhicule qu'un habitat, ces microorganismes sont véhiculés par des vecteurs. Telle que les poussières atmosphériques et les particules d'origine humaine ou animale.

## 1. Les vecteurs

### 1.1. La poussière

- Elle est constituée de très petites particules ( $<500\mu\text{m}$ ) résultants de la desquamation de notre peau, de la dégradation des feuilles d'arbres, du bois et beaucoup d'autres matériaux.

- Ces particules véhiculent des spores de champignons et des microorganismes (bactéries, virus, etc.).

## 1.2. Les gouttelettes d'expectoration

- Lorsqu'un malade contagieux, parle, tousse, éternue ou se mouche, il projette dans l'atmosphère de fine gouttelettes (1-2 mm) porteuses de germes comme: *Mycobacterium tuberculosis* responsable de la tuberculose. Ces gouttelettes ont une vitesse de chute (2metres/seconde).

## 1.3. Les noyaux de condensation

- Ils sont produits par le processus d'évaporation des gouttelettes d'expectoration et donc sont beaucoup plus petites (2 microns). Par conséquence, leur vitesse de chute est très lente (1mm/min)

- Ils représentent donc les éléments contamineurs par excellence, transportables à distance et capable de pénétrer en profondeur dans l'appareil respiratoire.

## **2. La diversité de la flore microbienne de l'air**

### **2.1. Les microorganismes de l'air extérieur ou libre**

- Il transporte une grande variété de particules chargée de microorganismes.
- Le nombre de microorganismes varie selon les conditions de l'environnement, ils sont plus nombreux pendant les mois d'été qu'en hiver, dans les villes que les campagnes, autour des terres fertiles et rares au dessus des terrains pauvres.

- La persistance des microorganismes de l'air dépend :
  - ✓ Des facteurs climatiques (vent, humidité...).
  - ✓ Taille des microgouttelettes (plus la taille est petite, plus la persistance est grande).

## A/ La flore saprophyte

- Cette flore de base est constituée par les germes de l'environnement, composés de **quelques bactéries** et de **spores de champignons microscopiques**.

- Les bactéries retrouvées régulièrement dans les prélèvements d'air sont des bactéries à Gram positif (généralement les plus résistantes dans le milieu extérieur) : ***Micrococcus*** ou les bacilles sporulés comme les ***Bacillus***.

- La flore mycélienne est très diversifiée et plus abondante en été et en automne (*Penicillium, Aspergillus, Mucor, Alternaria, Botrytis*).
- Des levures appartenant aux genres *Rhodotorula, Pichia, Kloeckera*.

## B/ Flore accidentelle d'origine humaine, animale ou hydro-tellurique

- Cette flore vient sur-contaminer la flore de base.
- Les micro-organismes d'origine humaine ou animale peuvent se diviser en deux groupes :
  - ✓ Ceux dont la durée de vie sera limitée dans le milieu extérieur et qui seront rarement retrouvés dans les prélèvements (virus et bactéries fragiles) ;

✓ Ceux capables de survivre pendant un temps plus ou moins prolongé dans le milieu extérieur et qui seront les **indicateurs d'une contamination d'origine fécale (*E. coli*, *Enterococcus*...), rhinopharyngée ou cutanée (*Staphylococcus*, *Neisseria*, *Corynebacterium*).**

- **Les microorganismes d'origine hydro-tellurique** peuvent être soit:

Des **bactéries** telles que *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter* et des **champignons microscopiques et leurs spores**

- Ils ont une vie indépendante de la présence humaine. Ils prolifèrent avec parfois de faibles quantités de substances nutritives (*Pseudomonas*).

## 2.2. Les microorganismes de l'air confiné

- Il Représente l'air des locaux d'habitations, des usines, des écoles, des hôpitaux, des aéroports etc.
- Le nombre de microorganismes peut varier de quelques milliers dans un appartement à quelques millions dans des locaux d'aéroport.
- Ces microorganismes proviennent surtout des voies respiratoires de l'homme à travers les gouttelettes de la salive et les noyaux de condensation qui en résultent.

**L'air confiné des hôpitaux** est très chargé en germes pathogènes à cause des malades et des germes résistants aux antibiotiques qui causent les infections nosocomiales.

**L'air confiné dans un laboratoire de microbiologie**, le risque de contamination par des microorganismes pathogènes est similaire à celui des hôpitaux.



### 3. Les infections aérogènes

| Type de microorganisme | Espèce responsable                | Maladies                                                                          | Traitement                                                                                                                               |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bactéries              | <i>Corynebacterium diphtherae</i> | Diphtérie                                                                         | Pénicilline, Erythromycine                                                                                                               |
|                        | <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | tuberculose                                                                       | Isoniazide, rifampicine, Pyrazinamide                                                                                                    |
|                        | <i>Neisseria meningitidis</i>     | Méningite                                                                         | Streptomycine                                                                                                                            |
| Virus                  | <i>Myxovirus influenza</i>        | Grippe                                                                            | Se guérit généralement toute seule                                                                                                       |
|                        | <i>Poliovirus</i>                 | Poliomyélite (C'est une inflammation de la substance grise de la moelle épinière) | Un repos au lit pendant quelque jours est suffisant, associé à des antalgiques (antidouleurs) et à des antipyrétiques (contre la fièvre) |
| Champignons            | <i>Aspergillus</i>                | Aspergillose (poumon surtout)                                                     | Antifongiques (voriconazole, amphotéricine B...)                                                                                         |
|                        | <i>Candida</i>                    | Candidose (peau et muqueuses buccales ou génitales)                               | Forme cutanée : (Nistanine)<br>Forme œsophagienne : (Amphotéricine B)                                                                    |

## 4. Analyses microbiologiques de l'air

L'analyse microbiologique de l'air est basée sur deux études :

### A. l'étude quantitative

Réalisée par numération des colonies sur la boîte gélosée et la charge microbienne est exprimée en UFC.

### B. Etude qualitative

Le but c'est d'identifier, les espèces microbiennes de l'air.

- Les principales techniques qui nous permettent de collecter ou mettre en culture les microorganismes de l'air :

#### 4.1. Technique des écouvillons :

On prélève à l'aide d'un écouvillon sur les surfaces (paillasse, tables, etc.), puis on l'ensemence sur une gélose ---> incubation.

## 4.2. La sédimentation :

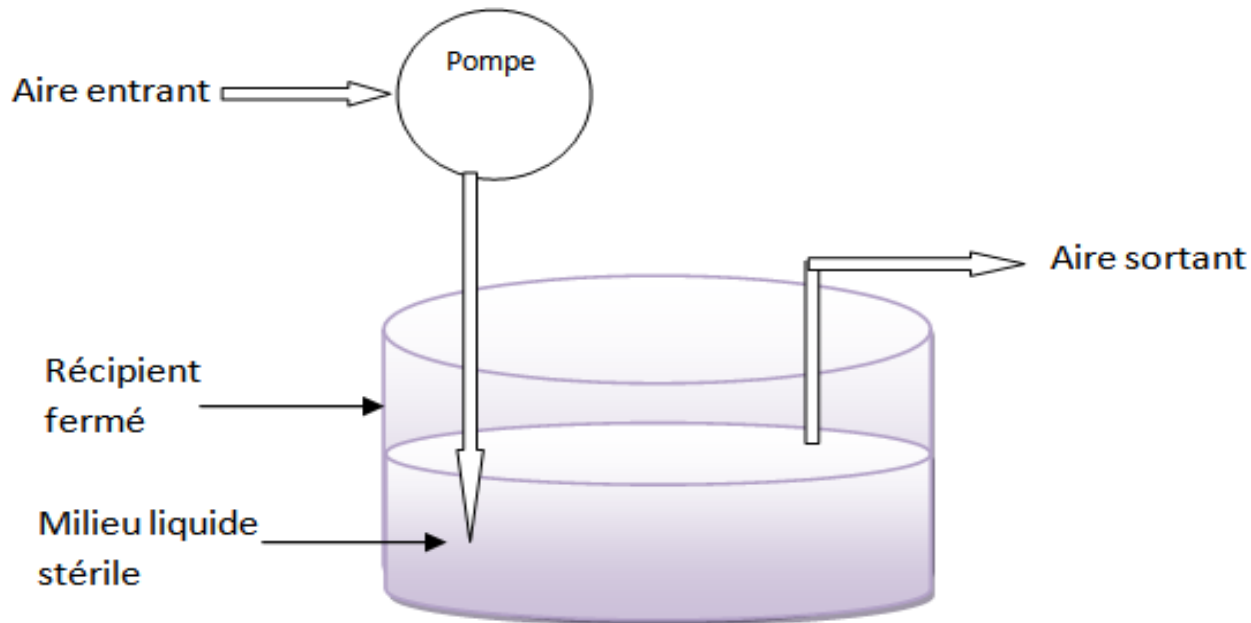
Des boîtes gélosées sont ouvertes et exposées à l'air pendant quelque minute afin que les microorganismes se déposent sur la gélose ---> incubation.

## 4.3. Le Biocollecteur

Cet appareil aspire l'air par des ventilateurs. L'air est ensuite dirigé directement vers les surfaces gélosés, à un débit donné et constant. Cette opération ne doit pas dépassée les 10 minutes en raison du risque d'assèchement des surfaces gélosés (milieu de culture).

## 4.4. Le Barbotage

Une pompe fait passer l'air dans un milieu stérile et liquide, dans lequel les microorganismes sont piégés sans pouvoir en ressortir. L'air ressort dépourvu de microorganismes, il y aura apparition de troubles dans le milieu liquide indiquant la présence de germes.



**Schéma simplifié d'un barbotage.**