

Chapitre 5 : Croissance bactérienne

1. Moyens d'étude de la croissance

Les techniques permettant l'étude de la croissance sont nombreuses, ce qui montre qu'aucune n'est parfaite. **Sur un milieu solide**, l'étude de la croissance est rendue difficile en raison notamment de l'agrégation des cellules les unes aux autres. **En milieu liquide**, les cellules sont dispersées (ou si elles sont agrégées, il est possible de les disperser par agitation) ce qui permet des prises d'échantillons. La croissance peut alors être appréciée en se basant sur le nombre de cellules ou sur la masse bactérienne.

1.1. Mesure du nombre de cellules

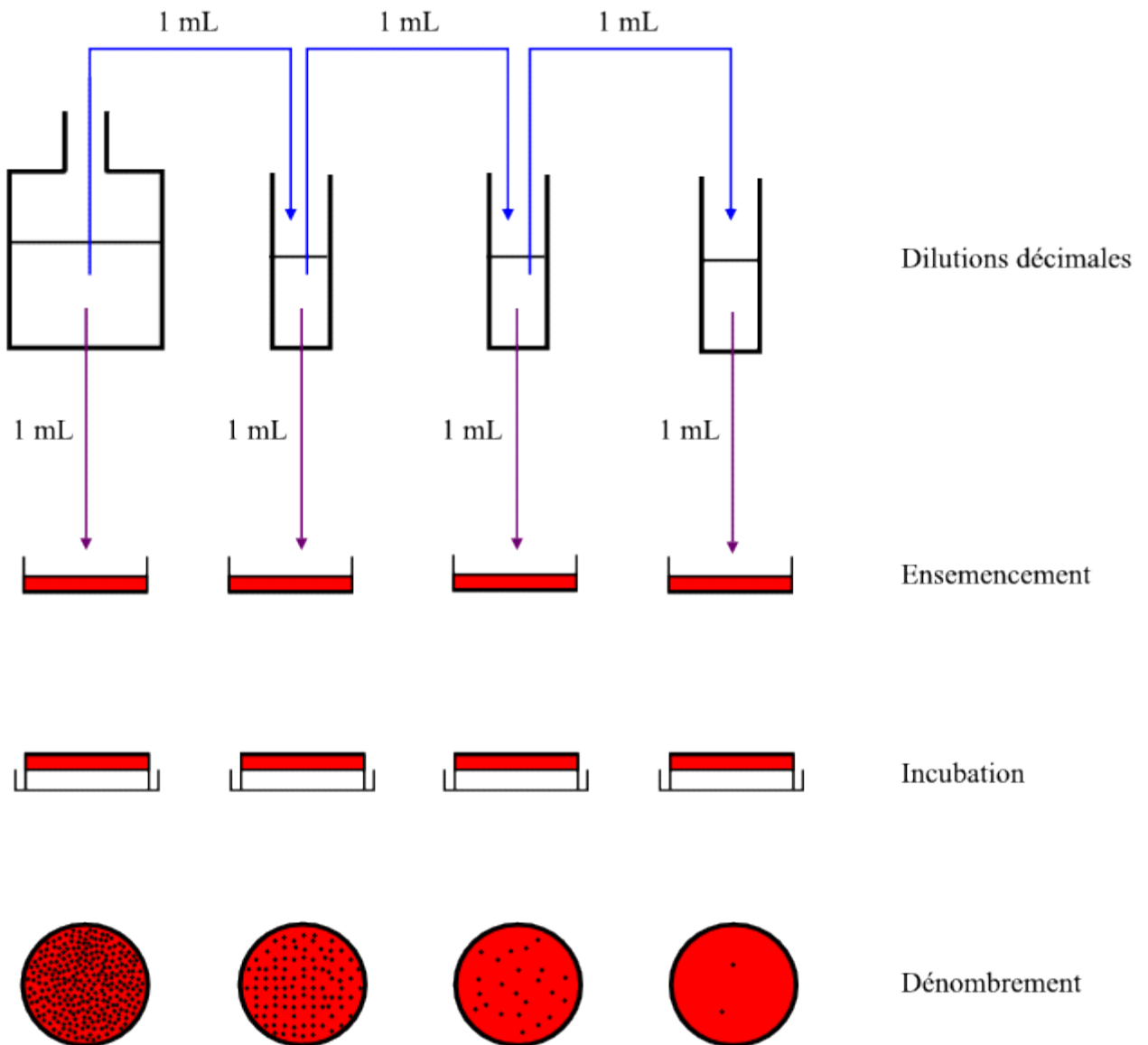
Une numération totale des cellules peut être effectuée au microscope en utilisant des compartiments volumétriques (type hématimètres) ou au moyen de compteurs de particules. Ces deux techniques posent plusieurs problèmes et, notamment, elles ne permettent pas de distinguer facilement les cellules vivantes des cellules mortes.

La technique d'épifluorescence permet en théorie de distinguer les cellules vivantes des cellules mortes. Elle utilise l'acridine orange ou d'autres **fluorochromes** qui se fixent sur l'ADN. Examinée en lumière ultraviolette, la fixation de l'acridine orange sur un ADN bicaténaire donne une fluorescence verte alors que sa fixation sur un ADN monocaténaire donne une fluorescence rouge. Au microscope à lumière ultraviolette, les bactéries au repos apparaissent vertes alors que les bactéries mortes, mais également les bactéries en multiplication (ouverture de la double chaîne d'ADN lors de sa réplication), apparaissent rouges.

La numération des cellules viables après culture est une technique de référence et d'usage courant ([figure 1](#)). Un volume fixe d'une suspension bactérienne parfaitement homogène et de ses dilutions est étalé sur un milieu gélosé ou incorporé à un milieu gélosé en surfusion. Dans ces conditions, seules les cellules viables donnent une colonie. Après incubation réalisée dans des conditions convenables, on compte les colonies bactériennes apparues sur ou dans le milieu de culture. L'analyse est réalisée en triple exemplaires et le **comptage est effectuée sur les boîtes renfermant entre 30 et 300 colonies**. On ne peut cependant pas être sûr qu'une colonie résulte du développement d'une seule bactérie. En effet, les amas ou les agglomérats bactériens donnent une seule colonie et plusieurs bactéries déposées par hasard à proximité les

unes des autres peuvent également donner naissance à une seule colonie. Aussi, les résultats ne sont pas donnés en nombre de cellules mais en **unités formant colonies** (UFC ou CFU pour colony forming unit).

Figure 1. Dénombrement des bactéries par la technique des dilutions



L'échantillon est dilué de 10 en 10 et 1 mL de chacune des dilutions est étalé à la surface d'un milieu gélosé ou incorporé au milieu avant sa solidification. Après incubation, on procède au dénombrement en choisissant la boîte qui contient entre 30 et 300 colonies.

1.2.Mesure de la biomasse

De très nombreuses techniques permettent de mesurer la **biomasse** : détermination du poids sec, mesure de la densité optique, mesure d'un ou de plusieurs constituants cellulaires, mesure de la consommation d'un substrat, mesure des produits d'excrétion, mesure des variations physico-chimiques induites par la croissance, etc.

La mesure de la densité optique est la technique la plus simple, la plus rapide et la plus utilisée. Elle consiste à mesurer la lumière absorbée par une suspension bactérienne **à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 620 nm** (longueur d'onde pour laquelle l'absorption de la lumière par les constituants cellulaires est la plus faible). Dans des conditions techniques précises, l'absorbance est proportionnelle à la concentration cellulaire. La turbidité étant inversement proportionnelle à la surface de la particule, pour que la turbidité soit une mesure précise de la masse bactérienne, il faut que la surface cellulaire moyenne reste constante au cours de la mesure. Cette situation ne se produit qu'au cours de la phase active de croissance (phase exponentielle, Cf. *infra*) et toute mesure effectuée sur des cellules au repos est erronée. La mesure de la densité optique a une sensibilité modérée (il faut au moins 10^7 bactéries par mL pour pouvoir mesurer une densité optique), elle est inutilisable avec des milieux très colorés et elle est incapable de différencier les cellules vivantes des cellules mortes.

2. Les constantes de la croissance

A partir d'une unique cellule, le cycle cellulaire donne naissance à deux cellules filles qui vont chacune donner à leur tour deux autres cellules et ainsi de suite, selon une progression géométrique : 1 cellule ---> 2 cellules ---> 4 cellules ---> 8 cellules ---> 16 cellules ---> 32 cellules ...

Le temps nécessaire au doublement du nombre de cellules ou **temps de génération** dépend de l'espèce, voire même de la souche et des conditions environnementales. Dans les conditions optimales de culture, le temps de génération **ou G** est de 13 minutes pour *Vibrio parahaemolyticus*, de 20 minutes pour *Escherichia coli*, de 100 minutes pour *Lactobacillus acidophilus* et de 1000 minutes pour *Mycobacterium tuberculosis*.

Le nombre de divisions par unité de temps est égal à l'inverse du temps de génération (1/G). Pour les exemples donnés ci-dessus il est de 4,6 par heure pour *Vibrio parahaemolyticus*, de 3

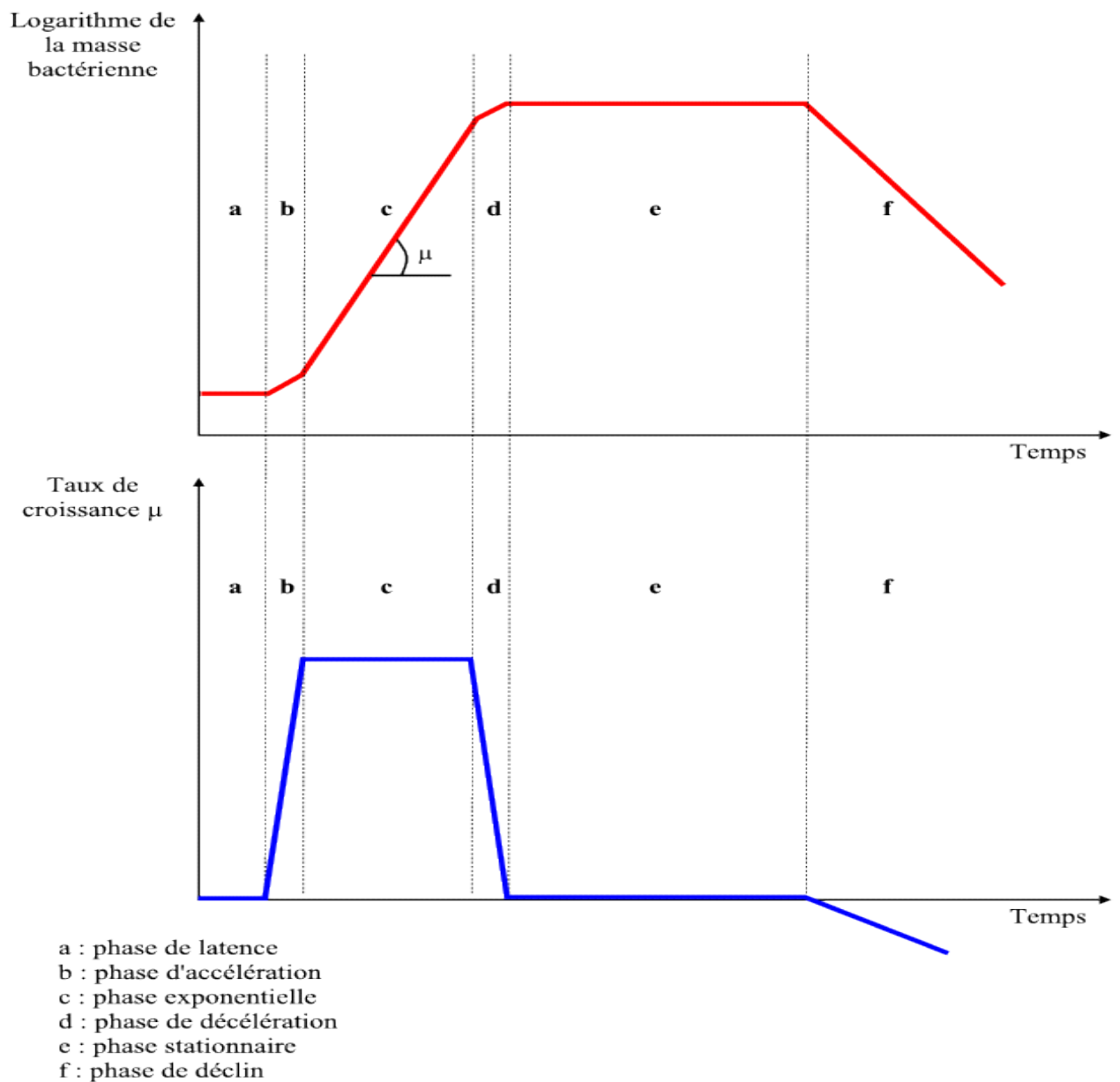
par heure pour *Escherichia coli*, de 0,6 par heure pour *Lactobacillus acidophilus* et de 0,06 par heure pour *Mycobacterium tuberculosis*.

3. Courbe de croissance en milieu non renouvelé

Dans une population bactérienne, toutes les cellules ne se divisent pas de manière synchrone et la croissance s'effectue de façon continue. Dans un milieu non renouvelé, la croissance des bactéries est limitée par l'épuisement du milieu en nutriments. **La cinétique de la croissance** peut être établie expérimentalement en mesurant les variations de la masse bactérienne (m) en fonction du temps (t) (voir [figure 2](#)). La vitesse de croissance dm/dt ou accroissement de masse par unité de temps est proportionnelle à la masse bactérienne présente au temps t . Le coefficient de proportionnalité, désigné par μ , est nommé taux de croissance.

Sur la courbe de croissance six phases peuvent être définies : phase de latence, phase d'accélération, phase de croissance exponentielle, phase de décélération, phase stationnaire et phase de déclin (voir [figure 2](#)).

Figure 2. Courbe de croissance en milieu non renouvelé



• La phase de latence, durant laquelle la masse reste identique à la masse bactérienne initiale, se caractérise par une valeur de μ égale à zéro. La durée de la phase de latence est très variable et elle dépend à la fois de la nature du milieu ainsi que de la nature et de la taille de l'inoculum bactérien. Un inoculum bactérien prélevé en phase exponentielle de croissance etensemencé dans un milieu neuf identique se multiplie sans aucune phase de latence. En

revanche, si le même inoculum est placé dans un milieu différent on observe une phase de latence liée à l'adaptation des bactéries aux nouveaux substrats (période d'adaptation enzymatique durant laquelle les bactéries synthétisent de nouvelles enzymes leur permettant d'utiliser de nouveaux nutriments).

L'ensemencement d'un inoculum important réduit la durée de la phase de latence par des mécanismes mal connus. On peut supposer qu'un grand nombre de bactéries est apte à neutraliser rapidement un effet toxique du milieu. On peut également expliquer ce phénomène par un simple problème technique de détection de la biomasse qui est plus facile si l'inoculum est déjà important.

L'âge des bactéries a une influence sur la durée de la latence qui peut être très courte lorsque des cellules jeunes sont introduites dans un milieu neuf. En effet, un inoculum âgé peut contenir de nombreuses cellules mortes et les quelques cellules viables devront se diviser de nombreuses fois avant de donner une masse mesurable. De plus, dans un inoculum âgé, les bactéries sont dans un état physiologique peu favorable et il leur faut du temps pour restaurer leurs systèmes enzymatiques mis au repos.

- La phase d'accélération se caractérise par une augmentation de plus en plus rapide de la masse. Le taux de croissance devient supérieur à zéro et il augmente progressivement.
- La phase de croissance exponentielle ne dure que quelques heures. Durant cette phase, la masse augmente de façon exponentielle et μ atteint une valeur maximale et constante. Les bactéries se multiplient sans entrave et elles libèrent des métabolites pouvant avoir un intérêt industriel comme des antibiotiques ou des toxines. La pente de la droite permet de mesurer μ . La valeur de μ dépend des conditions d'environnement comme la température, le pH, la nature et la concentration des nutriments.
- Au cours de la phase de décélération, l'augmentation de la masse bactérienne ralentit et μ diminue progressivement.
- La phase stationnaire peut durer de quelques heures à quelques jours. La masse bactérienne est maximale et constante et μ est égal à zéro. Les bactéries peuvent continuer à se diviser mais le taux de division est alors égal au taux de mortalité. Cette phase résulte d'un épuisement du milieu et de l'accumulation de déchets toxiques. Durant cette phase les bactéries en ayant la capacité peuvent sporuler.
- Au cours de la phase de déclin, les bactéries ne se divisent plus, beaucoup d'entre elles meurent et sont détruites par des autolysines. Dans quelques cas, les bactéries survivantes peuvent amorcer une nouvelle phase de multiplication en utilisant les substances libérées par la lyse des cellules. On parle alors de croissance cryptique.

4. Phénomène de diauxie

Le phénomène de diauxie, mis en évidence par Monod, se traduit par une courbe de croissance diphasique. Il est observé dans des milieux synthétiques contenant au moins deux sources de carbone et il est lié à un mécanisme de répression catabolique. Par exemple, dans un milieu contenant du glucose et du lactose, certaines espèces vont dans un premier temps utiliser le glucose grâce à des enzymes constitutives. La dégradation du lactose est sous la dépendance d'enzymes inductibles dont l'induction est réprimée en présence de glucose. Lorsque le glucose sera épuisé, les bactéries utiliseront le lactose et donneront une nouvelle phase de croissance exponentielle après un temps de latence intermédiaire.

5. Cultures continues

Dans un milieu non renouvelé, la phase exponentielle de croissance ne peut durer que quelques heures. Dans un but industriel, il peut être nécessaire de prolonger cette phase en renouvelant constamment le milieu de culture et en éliminant les produits du métabolisme. Les croissances continues sont obtenues à l'aide de turbidostat, de chémostats, de fermenteurs en continu multi-étages ou d'autres dispositifs industriels.

6. Croissance en milieu solide

La croissance sur la surface d'un milieu solide se traduit soit par une nappe confluyente lorsque les bactéries sont déposées en grand nombre soit par l'apparition de colonies lorsque les cellules sont déposées de manière isolée.

Lors de la formation d'une colonie, la croissance conduit d'abord à l'apparition d'une couche monocellulaire et la structure de la microcolonie est bidimensionnelle. La prolifération des bactéries de la périphérie conduit à une extension radiale de la colonie alors que la prolifération des bactéries situées au centre de la colonie est à l'origine de la structure tridimensionnelle due à la poussée vers le haut des cellules résultant de la division bactérienne.

L'aspect des colonies est un critère important de l'identification d'une bactérie. Les colonies se caractérisent par leur vitesse d'apparition, leur taille, leur aspect (colonies lisses ou S pour smooth, colonies rugueuses ou R pour rough, colonies muqueuses ou M, colonies brillantes ou mates, colonies à bord régulier ou irrégulier, colonies plates ou surélevées ou ayant un aspect en œuf sur la plat, colonies pigmentées ou non pigmentées, etc.), leur odeur (odeur de seringa pour *Pseudomonas aeruginosa*, odeur de terre mouillée pour *Burkholderia pseudomallei*, etc.), leur texture, leur caractère hémolytique sur une gélose au sang, leur adhérence ou non à la gélose, etc.

7. Facteurs physico-chimiques intervenant dans la croissance bactérienne

L'utilisation des nutriments par les bactéries dépend des conditions d'environnement susceptibles d'inhiber ou de favoriser le développement bactérien.

7.1. Température

La température influence la multiplication et le métabolisme. Selon leur température optimale de croissance, on distingue schématiquement diverses catégories de bactéries.

Les bactéries mésophiles préfèrent une température moyenne comprise entre 20 et 40 °C.

Les psychrotrophes ont une température optimale de multiplication de 20 à 25 °C, mais elles peuvent également cultiver à 0 °C.

Les bactéries **psychrophiles** ont une température optimale de croissance située aux environs de 10 °C, mais elles peuvent cultiver à 0 °C.

Les cryophiles peuvent se développer à des températures négatives. Par exemple, *Trichococcus patagoniensis*, isolé en Patagonie des fèces de pingouins, cultive à - 5 °C.

Les thermotrophes se développent à 50 °C, mais leur température optimale de croissance est comprise entre 30 et 40 °C.

Les thermophiles se multiplient préférentiellement entre 45 et 55 °C.

Les **hyperthermophiles** ont une température optimale de croissance supérieure ou égale à 70 °C. *Methanothermus sociabilis* cultive à 97 °C, *Pyrobaculum islandicum* cultive à 100 °C, *Pyrococcus furiosus* a une température optimale de croissance de 100 °C, *Pyrodictium occultum* a une température optimale de croissance de 105 °C,

Methanopyrus kandleri cultive à 110 °C et le record semble être détenu par *Pyrolobus fumarii* apte à se multiplier à 113 °C.

Les bactéries constituant les flores bactériennes des mammifères ainsi que les bactéries pathogènes pour les mammifères et les oiseaux sont des bactéries mésophiles. Les bactéries psychrotrophes et psychrophiles jouent un rôle important car elles peuvent contaminer et altérer des produits biologiques (sang et dérivés du sang) ainsi que des aliments conservés à basse température.

7.2. pH

La majorité des bactéries se multiplient préférentiellement à des pH voisins de la neutralité (6,5 à 7,5), mais elles sont capables de croître dans une large gamme de pH. Par exemple, *Escherichia coli* peut se multiplier pour des pH compris entre 4,4 et 9,0. Certaines bactéries qualifiées de **acidophiles** préfèrent un pH acide. C'est le cas des lactobacilles dont le pH optimal est de 6. Parmi les bactéries n'ayant pas d'intérêt en biologie vétérinaire, on peut citer *Thermoplasma acidophilum* dont le pH optimal est compris entre 0,8 et 3 et *Thiobacillus thiooxidans* dont le pH optimal de croissance est de 2 et qui peut se multiplier à un pH de 0. Inversement, les bactéries **basophiles** (ou alcalophiles) préfèrent des pH alcalins. Ainsi, le pH optimal est de 9 pour la multiplication de *Vibrio cholerae*, il est compris entre 8,5 et 9,5 pour *Exiguobacterium aurantiacum* et *Alkaliphilus transvaalensis* est capable de croître à un pH de 12,5. Au cours des cultures, le métabolisme bactérien engendre des composés acides ou basiques qui seraient susceptibles d'entraver la multiplication bactérienne. Pour éviter ces variations de pH, les milieux de culture sont tamponnés, le plus souvent en utilisant des tampons phosphates.

7.3. Pression

Les bactéries **barophiles** (du grec *baros*, poids, pesanteur) ou piézophiles (du grec *piezein*, presser) se caractérisent par le fait que leur croissance est favorisée par une incubation dans une atmosphère dont la pression est supérieure à la pression atmosphérique.

La plupart des bactéries barophiles actuellement caractérisées appartiennent à la classe des *Gammaproteobacteria* et elles se recrutent principalement au sein des genres *Colwellia* (*Colwellia hadaliensis*), *Moritella* (*Moritella abyssi*, *Moritella japonica*,

Moritella profunda et *Moritella yayanosii*), *Photobacterium* (*Photobacterium profundum*), *Psychromonas* (*Psychromonas kaikoa*, *Psychromonas profunda*) et *Shewanella* (*Shewanella benthica* et *Shewanella violacea*). Parmi ces espèces, *Colwellia hadaliensis*, *Moritella yayanosii* et *Psychromonas kaikoa* sont strictement barophiles et leur culture doit obligatoirement être réalisée avec une pression supérieure à la pression atmosphérique.

Des bactéries barophiles, n'appartenant pas à la classe des *Proteobacteria* ont toutefois été caractérisées. C'est le cas par exemple de *Thermococcus barophilus* et de *Marinitoga piezophila*.

7.4. Pression osmotique

Les bactéries, à l'exception des *Mycoplasmatales*, sont peu sensibles aux variations de pression osmotique car elles sont protégées par leur paroi. Toutefois, certaines espèces marines sont adaptées à des milieux contenant environ 35 g de NaCl par litre.

Selon leur sensibilité à la pression osmotique, on distingue trois groupes de bactéries.

- Les bactéries **non-halophiles** capables de croître dans des milieux dont la concentration en NaCl est inférieure à 0,2 M.
- Les espèces **halophiles** ne pouvant croître que dans des milieux contenant des concentrations en NaCl supérieures à 0,2 M pour les moins halophiles (*Cobetia marina*) à 5,2 M pour les plus halophiles (*Halococcus morrhuae*, *Halobacterium salinarum*, *Halorubrum sodomense*).
- Les espèces **halotolérantes** comme les *Staphylococcus* spp., les *Listeria* spp. ou les *Lactobacillus* spp.

La conservation des aliments comme les salaisons ou les confitures fait appel à une augmentation de la pression osmotique. Ces procédés ancestraux de conservation ont recours à l'addition de sel ou de sucre qui limitent la croissance de nombreuses bactéries. Seules les bactéries osmophiles se multiplient en présence de fortes concentrations de sucre et seules les bactéries halophiles se multiplient en présence de fortes concentrations de sel.

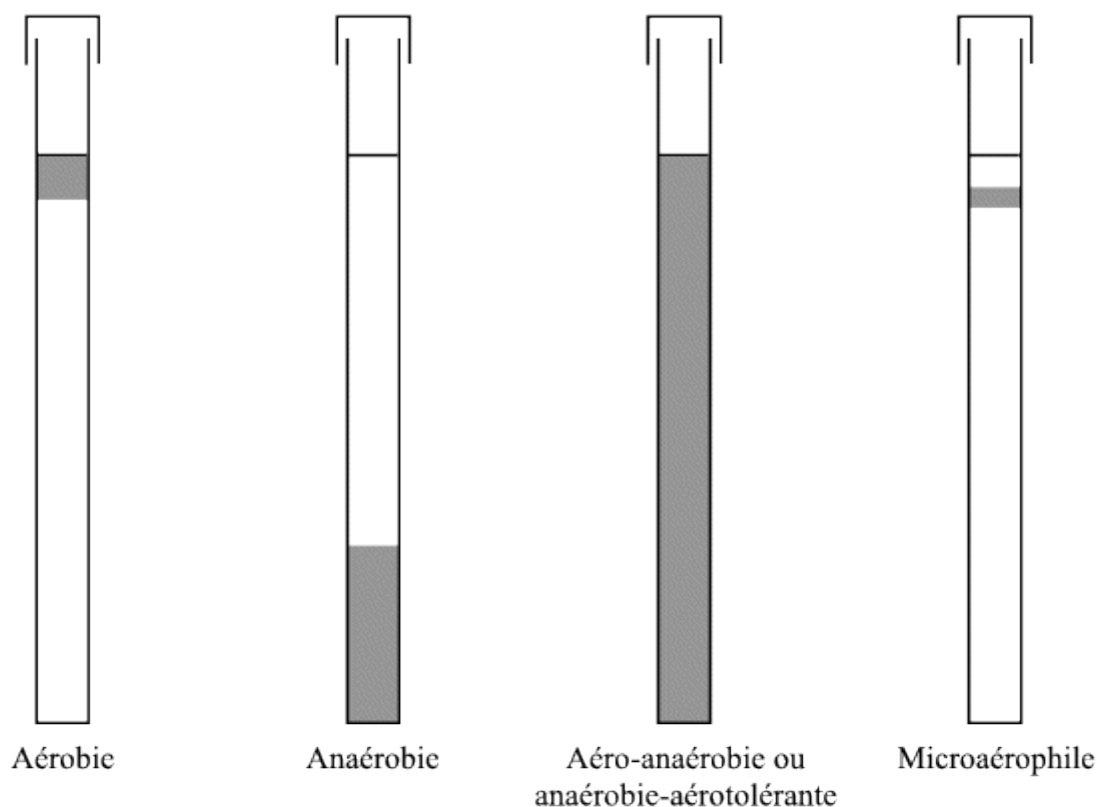
7.5. Oxygène

C'est vis-à-vis de l'oxygène que les exigences gazeuses des bactéries sont précises.

- Lors de leur métabolisme énergétique certaines bactéries utilisent l'oxygène moléculaire comme accepteur final d'électrons. Ces bactéries ont obligatoirement besoin d'oxygène libre et elles sont qualifiées d'aérobies.
- Au contraire, les bactéries anaérobies ne peuvent se multiplier et survivre qu'en l'absence d'oxygène. Ce sont des bactéries qui ne possèdent ni catalase ni peroxydase ni superoxyde dismutase et qui sont donc incapables de détoxifier les composés formés lors de réactions d'oxydation (comme l'eau oxygénée ou l'ion superoxyde).
- Les bactéries **aéro-anaérobies** peuvent croître aussi bien en présence qu'en absence d'oxygène.
- Les bactéries **anaérobies-aérotolérantes** tolèrent l'oxygène mais leur croissance est meilleure en anaérobiose.
- Les bactéries **micro-aérophiles** ont besoin d'oxygène, mais elles ne supportent pas une tension en oxygène équivalente à celle de l'air et elles ne peuvent se multiplier qu'en présence d'une faible tension d'oxygène.

La mise en évidence du type respiratoire est schématisée dans la [figure 3](#).

Figure 3. Mise en évidence du type respiratoire des bactéries



Les milieux utilisés doivent contenir du glucose et ne pas contenir de nitrates qui pourraient servir d'accepteurs et permettre le développement en anaérobiose de certaines bactéries aérobies comme les *Pseudomonas* spp.

Le milieu le plus utilisé est la gélose viande-foie. Ce milieu est coulé dans des tubes longs et étroits. Avant ensemencement, les tubes sont régénérés dans un bain-marie bouillant durant 20 minutes, capsule dévissée, afin de chasser l'oxygène contenu dans le milieu. Les milieux sont ensemencés sur toute la hauteur des tubes (pipette Pasteur boutonnée) lorsque leur température est d'environ 45 °C.

La lecture est effectuée après incubation d'au moins 18 heures à une température compatible avec la multiplication de la bactérie à étudier.

8. Milieux de culture

De très nombreux milieux de culture sont utilisés en bactériologie et ils peuvent être classés selon de nombreux critères, mais toutes les classifications se recoupent. Seules les classifications basées sur la consistance, sur la composition et sur l'utilisation seront brièvement envisagées ci-dessous.

8.1. Classification selon la consistance

D'après leur consistance on distingue les milieux liquides ou bouillons et les milieux solides.

Les milieux solides ont permis un progrès décisif en bactériologie car ils permettent la croissance des bactéries en colonies isolées et donc leur séparation et leur purification. En 1881 Koch utilisa la gélatine pour solidifier les milieux. La gélatine présentait cependant deux inconvénients : elle fond aux alentours de 25 °C et elle est liquéfiée par de nombreuses bactéries. Ultérieurement Hesse proposa de remplacer la gélatine par la gélose ou agar-agar. La gélose, extraite d'algues, est un polysaccharide qui possède la propriété de fixer une grande quantité d'eau (jusqu'à 500 fois son poids). Elle est soluble dans l'eau à 100 °C et elle reste en surfusion jusqu'à 40 °C, température à laquelle elle se gélifie. Une fois gélifiée, il faudra la chauffer à nouveau à 100 °C pour obtenir sa liquéfaction. Cela signifie qu'au cours d'une incubation, généralement effectuée à des températures variant de 20 à 45 °C pour les bactéries d'intérêt vétérinaires, la gélose restera solide. Lorsque la gélose est en surfusion, par exemple aux alentours de 45 °C, on peut lui ajouter des produits biologiques comme du sang, du sérum ou du lait, sans que ces produits biologiques soient altérés par la chaleur. Enfin la gélose présente deux autres avantages : elle n'est que rarement attaquée par les bactéries d'intérêt vétérinaire et elle est transparente ce qui permet une observation aisée des colonies.

8.2. Classification selon la composition

Les milieux de culture doivent contenir quantitativement et qualitativement les nutriments exigés pour la croissance et l'entretien des bactéries. Leur pH est généralement compris entre 7 et 7,6, leur isotonicité correspond généralement à une solution de NaCl à 9 p. 1000 et leur taux d'humidité doit être suffisant pour permettre la croissance de la grande majorité des bactéries.

Les milieux naturels ou empiriques, très utilisés, sont préparés à partir de constituants d'origine animale (macérations ou décoctions de tissus, peptones, œuf, gélatine, lait, ...) ou d'origine végétale (pomme de terre, levure, soja, ...). Leur composition n'est pas parfaitement définie et, pour un même milieu, elle peut varier d'un lot à un autre.

- Les macérations et les décoctions sont obtenues en laissant séjourner dans l'eau des tissus tels que du muscle, du foie ou de la cervelle. Au bout de quelques heures on récupère une solution riche en sels minéraux, en vitamines hydrosolubles, en protéines peu dégradées et en glucides. L'extraction aqueuse peut s'effectuer à froid et on parle de macération ou s'effectuer à chaud (100 °C) et on parle de décoction. Ces macérations et décoctions sont commercialisées sous le nom d'extraits de viande.

- Les peptones occupent une place très importante dans la préparation des milieux de culture. Ce sont des mélanges de composés solubles dans l'eau et résultant de l'action d'enzymes protéolytiques sur diverses protéines. Leur classification repose sur la nature de l'enzyme protéolytique (peptones pepsiques, pancréatiques, trypsiques, papaïniques, etc.) et sur l'origine des protéines (peptones de viande, de caséine, de gélatine, de soja, etc.). Pour désigner une peptone il faut donc indiquer le nom de l'enzyme et celui de la protéine. Par exemple, on parlera de peptone pancréatique de viande, de peptone trypsique de cœur, etc. La composition des peptones est très variable. Ainsi, les peptones pepsiques contiennent des polypeptides complexes dépourvus d'acides aminés libres et ce sont donc des produits très peu dégradés. Inversement les peptones pancréatiques renferment des polypeptides simples avec une forte proportion d'acides aminés libres.

Deux exemples de milieux naturels sont donnés ci-dessous.

- Gélose nutritive : macération de viande (1 litre), peptone trypsique (15 g), NaCl (5 g), agar-agar (15 à 20 g).
- Gélose trypticase-soja : peptone trypsique de caséine (15 g/L), peptone papaïnique de soja (5 g/L), NaCl (5 g/L), gélose (15 g/L).

Les milieux synthétiques ont une composition parfaitement définie. Ils sont constitués de corps purs chimiquement définis et dissous dans de l'eau distillée en proportions déterminées. C'est le cas par exemple du milieu urée-indole dont la composition est la suivante : L-tryptophane (0,3 g), KH_2PO_4 (0,1 g), K_2HPO_4 (0,1 g), NaCl (0,5 g), urée (2 g), alcool à 95 (1 mL), rouge de phénol à 1 p. cent (0,25 mL), eau distillée (100 mL).

Les milieux semi-synthétiques contiennent des substances chimiques pures en proportions déterminées et des produits d'origine naturelle. La plupart des milieux actuellement commercialisés sont des milieux semi-synthétiques. Par exemple, la gélose lactosée au

bromocrésol pourpre (BCP) contient (en grammes par litre d'eau distillée) 5 g de peptone, 3 g d'extraits de viande, 10 g de lactose, 15 g d'agar-agar et 0,025 g de pourpre de bromocrésol.

8.3. Classification selon l'utilisation

La classification d'après l'utilisation permet de distinguer quatre grands types de milieux.

Les milieux usuels ou de base d'un emploi aussi général que possible. Il convient cependant de remarquer qu'aucun milieu n'est apte à assurer la croissance de toutes les bactéries.

Les milieux d'isolement qui peuvent être des milieux usuels, des milieux enrichis (avec du sang, du sérum, ...), des milieux électifs ou d'enrichissement permettant la culture abondante et rapide de certaines bactéries alors que la majorité des espèces s'y développent lentement et des milieux sélectifs permettant la croissance d'une ou de quelques espèces alors que la multiplication de la majorité des autres espèces est entravée. Un effet sélectif est obtenu en jouant sur les facteurs physico-chimiques (pH, pression osmotique) ou par l'utilisation d'agents bactériostatiques ou bactéricides (colorants, antibiotiques).

Les milieux d'enrichissement et les milieux sélectifs sont actuellement très nombreux et ils permettent d'isoler une ou quelques espèces bactériennes même au sein d'une flore complexe.

Les milieux d'identification qui permettent la mise en évidence des caractères biochimiques des bactéries et de résoudre les problèmes d'identification différentielle.

Les milieux de conservation qui sont des milieux pauvres au sein desquels les bactéries survivent dans un état de vie ralentie.

Conclusion

L'étude de la nutrition et de la croissance bactérienne est riche d'applications :

Elle permet de définir les paramètres assurant une culture optimale des bactéries (atmosphère gazeuse, température, pression, etc.).

Elle permet la confection de milieux servant à cultiver, à isoler et à identifier les bactéries ainsi qu'à étudier leur sensibilité aux antibiotiques.

Dans l'industrie, elle permet de fabriquer des denrées alimentaires (vinaigres, yaourts, laits fermentés, choucroutes, ...), d'obtenir des substances d'origine bactérienne (toxines, certains

antibiotiques, certains insecticides, protéines recombinantes) et d'obtenir des cellules bactériennes en grand nombre en vue de la préparation de vaccins ou de réactifs (antigènes utilisables dans le diagnostic).

Elle permet de réaliser des contrôles de stérilité (mesure de l'inactivation des bactéries après stérilisation) ou de densité bactérienne (contrôles de la qualité de l'air, contrôles des surfaces) ou le contrôle des denrées alimentaires et de eaux de boisson (recherche de bactéries responsables de toxi-infections alimentaires, recherche de bactéries responsables d'altérations, recherche de bactéries signant une contamination fécale).

Elle permet la mise au point de méthodes permettant de limiter la croissance bactérienne dans les aliments ou diverses substances biologiques (action du froid, de la chaleur, de l'acidité, de la salinité, de l'atmosphère gazeuse, etc.).