

Université Frères Mentouri Constantine
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Microbiologie

Réponse au Stress Osmotique

Master M1 Ecologie Microbienne

Dr. R. ALATOU

1. Osmose et stress osmotique

1.1 Définition de l'osmose

Le phénomène d'osmose correspond à la diffusion spontanée, sous la seule influence de l'agitation moléculaire, d'un composé chimique à travers une membrane semi-perméable. Il se produit lorsqu'une substance est présente à des concentrations différentes de part et d'autre de la membrane. Cette différence engendre un excès de pression, appelé **pression osmotique**. La diffusion se fait alors de manière à ce que les deux concentrations tendent à s'égaliser. Le corps dissous dans l'eau franchit la membrane vers la solution la moins concentrée sous l'effet de la pression osmotique.

Ce transfert spontané ne nécessite aucune dépense d'énergie et joue un rôle essentiel dans l'activité des cellules. Par osmose, les cellules vivantes peuvent, par exemple, capter des nutriments dont elles ont besoin et rejeter leurs déchets.

1.2 Les mouvements d'eau et la pression de turgescence

La membrane cytoplasmique des bactéries est perméable à l'eau mais constitue une barrière efficace vis-à-vis de la plupart des solutés du milieu et des métabolites présents dans le cytoplasme. La circulation des molécules d'eau à travers cette bicouche lipidique est accélérée par la présence de canaux dits aqueux (revue O'Byrne et Booth, 2002). Les mouvements d'eau causés par le phénomène d'osmose ont pour conséquence de modifier le volume cellulaire et, par là même, la pression exercée sur la membrane cytoplasmique de la bactérie appelée **pression de turgescence**.

Le maintien de la pression de turgescence est essentiel à la viabilité cellulaire puisqu'elle est considérée comme la force mécanique nécessaire à l'élongation de la cellule durant la croissance (Koch, 1982). La pression de turgescence des bactéries à Gram positif est estimée à des valeurs comprises entre 20 et 50 atm (revues Whatmore et Reed, 1990 et Doyle et Marquis, 1994) alors que celle des bactéries à Gram négatif varie entre 0,8 et 5,0 atm (Koch et Pinette, 1987 ; Overmann *et al.*, 1991 ; Walsby *et al.*, 1995). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que plus la paroi est épaisse, plus la force nécessaire à son étirement doit être importante.

1.3 La notion de stress osmotique

Le stress osmotique correspond à une diminution ou une augmentation de l'osmolarité de l'environnement bactérien (revue Csonka, 1989) qui, en modifiant la disponibilité de l'eau de la cellule, affecte sa survie et/ou sa croissance (revue Potts, 1994). Le degré de disponibilité de l'eau est à corrélérer avec la notion d'**activité de l'eau (aw)**. L'activité de l'eau est inversement proportionnelle à la pression osmotique.

2. L'effet du stress osmotique sur la cellule bactérienne

2.1.1 Environnement hypo-osmotique

Une diminution rapide de l'osmolarité du milieu extérieur (**choc hypo-osmotique**) provoque **un afflux d'eau dans la cellule et par conséquent, une augmentation du volume cellulaire et de la pression de turgescence**. Etant donné que la rigidité de la paroi bactérienne permet à la cellule de supporter des pressions élevées jusqu'à 100 atm (Carpita, 1985), un choc hypo-osmotique ne provoque, en général, qu'une faible augmentation du volume cellulaire.

2.1.2 Environnement hyper-osmotique

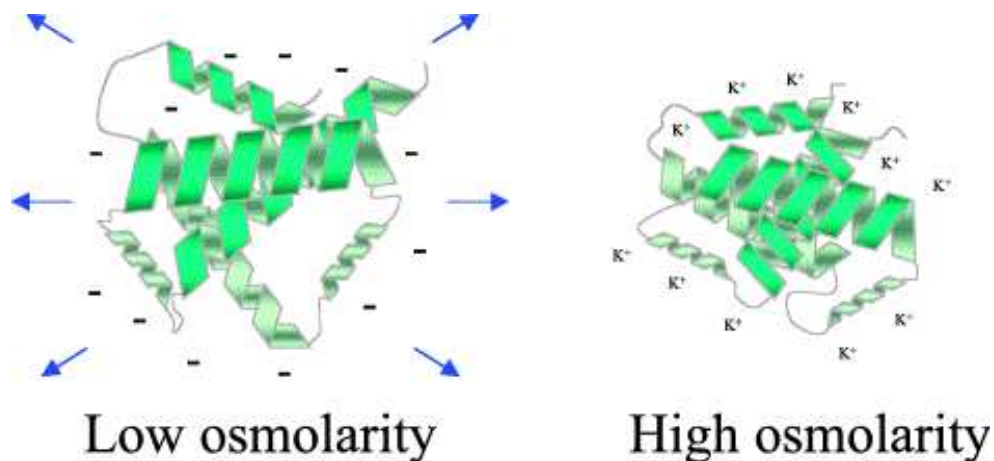
Une augmentation brusque de l'osmolarité du milieu extérieur (**choc hyper-osmotique**) entraîne un rapide flux d'eau vers l'extérieur de la cellule ; le volume du cytoplasme diminue. Ce phénomène de **plasmolyse** peut être détecté instantanément par une augmentation de la turbidité du milieu (Koch, 1984). La cinétique de plasmolyse dépend de l'importance de la variation de l'osmolarité du milieu et de la nature des solutés employés (sels, sucres...). Dans le cas d'un choc hyper-osmotique sévère, la brusque diminution de l'activité de l'eau du cytoplasme inhibe certaines fonctions cellulaires comme l'adsorption de nutriments, la réplication de l'ADN ou la biosynthèse de macromolécules (Csonka, 1989). En cas de choc hyper-osmotique modéré, la plasmolyse n'est qu'une étape transitoire. En effet, la cellule est capable de s'adapter à ces faibles variations de l'osmolarité du milieu.

3. Mécanismes d'osmorégulation

3.1 Choc hyper-osmotique

Les **bactéries non halophiles** accumulent dans leur cytoplasme des molécules osmotiquement actives : des **ions potassium** et du **glutamate** puis des petites **molécules organiques** si le choc persiste et/ou augmente en intensité, afin de restaurer une pression de turgescence cellulaire compatible avec les fonctions cellulaires. Les **bactéries halophiles** se sont adaptées, quant à elles, à la vie dans un environnement hyper salé en développant une machinerie cellulaire capable de supporter de fortes concentrations en ions dans le cytoplasme.

Exemple : effet de l'osmolarité sur la structure d'une protéine d'une Halobactérie (d'après la revue Sleator et Hill 2002).



Dans des conditions de faibles osmolarités, les forces de répulsion dues à la charge nette à la surface de la protéine entraînent une dénaturation de la structure native. Dans des conditions de fortes osmolarités, les ions K^+ neutralisent les charges négatives et réduisent par là même les forces de répulsion à la surface de la protéine.

3.2 Choc hypo-osmotique

Les bactéries mettent en place **des mécanismes d'efflux de solutés (i)** *via* des systèmes spécifiques (transporteurs secondaires) et non spécifiques (canaux mécanosensibles), **des mécanismes d'efflux d'eau (ii)** à travers des canaux aqueux appelés aquaporines, afin de diminuer la pression de turgescence cellulaire.

Le terme **osmoadaptation** décrit l'ensemble des manifestations physiologiques et génétiques de l'adaptation bactérienne à un environnement de forte ou de faible osmolarité (revue Galinski, 1995).

L'**osmorégulation** est le processus majeur d'osmoadaptation contrôlant l'afflux et l'efflux de solutés de la cellule (les mouvements d'eau étant considérés comme essentiellement passifs) lorsque cette dernière est placée dans des conditions de culture hyper- ou hypo-osmotiquement stressantes (O'Byrne et Booth, 2002).

4. Choc hyper-osmotique

Chez les microorganismes, deux types de stratégie d'osmorégulation ont été décrits pour affronter un choc hyper-osmotique : **l'accumulation de sel dans le cytoplasme et l'accumulation de solutés compatibles.**

4.1 La stratégie des bactéries halophiles : « salt in cytoplasm »

La stratégie « salt in cytoplasm » est un mécanisme spécifique aux Halobactéries (Martin *et al.*, 1999 et revue Galinski, 1995) grâce auquel l'équilibre osmotique est obtenu en **maintenant dans le cytoplasme une concentration en sel identique à celle du milieu extérieur.** Chez certaines espèces du genre *Halobacterium*, la concentration en KCl dans le cytoplasme peut atteindre 7 M (Lanyi, 1974). Cependant, l'accumulation de fortes concentrations en ions dans le cytoplasme est susceptible de perturber la physiologie cellulaire en provoquant l'agrégation des macromolécules (interactions hydrophobes) et en réduisant la disponibilité de l'eau. Aussi, les Halobactéries ont développé des mécanismes d'adaptation qui leur permet de disposer d'une machinerie cellulaire capable de supporter de fortes concentrations intracellulaires en ions (Sleator et Hill, 2002).