

Ecologie microbienne, sélection naturelle et spéciation

Pr Sari L

Les micro-organismes sont ubiquitaires, ils sont présent dans tous les écosystèmes :

- ▶ Dans les mers et les océans, ils constituent la biomasse (base du 1er échelon d la chaîne alimentaire) qui nourrit l'ensemble de la faune marine.
- ▶ Dans le sol, ils jouent un rôle dans la décomposition de la matière organique, la fourniture de l'azote assimilable aux plantes, la minéralisation de la matière organique. Les micro-organismes participent activement aux équilibres gazeux de l'atmosphère, en étant à la fois producteurs et consommateurs, d'O₂, H₂, N₂ CO₂, CH₄.
- ▶ Le long de l'appareil digestif des animaux.
- ▶ En effet, ce dernier est tapissé de bactéries très utiles à notre bien-être digestif, puisqu'elles nous procurent les enzymes nécessaires à la digestion de certains aliments.

- ▶ De plus, elles évitent que d'autres micro-organismes dangereux colonisent le tube digestif et nous rendent malades. La majorité d'entre elles sont apportées à la naissance par la mère, puis, par l'environnement et la nourriture.
- ▶ Tout au long de la vie, les populations évoluent. Un micro-organisme survit et se développe lors qu'il se trouve dans un état d'équilibre dynamique caractérisé par un cycle d'échanges avec le milieu extérieur.
- ▶ Une perturbation chimique ou physique survenant dans son environnement proche peut induire un éloignement de cet équilibre qui se traduit par un stress cellulaire.

Face à ces stress, les microorganismes peuvent répondre selon différentes stratégies :


- ▶ fuir le stress (bactéries possédant un ou des flagelles) ;
- ▶ produire des facteurs de virulence tels que des toxines (cas des bactéries pathogènes lors de l'attaque invasive) ;
- ▶ former des spores de résistances (ex: *Clostridium* sp., *Bacillus* sp.) ;
- ▶ se développer sous la forme de biofilm ;
- ▶ éliminer le stress (dégradation des molécules toxiques tels que les antibiotiques) ;
- ▶ tolérer le ou les stress : réparation des dommages intracellulaire et adaptation physiologique et moléculaire.

1. La réponse adaptative : solution d'optimisation

- ▶ Les micro-organismes présentent des capacités d'adaptation remarquables à certains stress physico-chimiques rencontrés dans leur environnement.
- ▶ Le déclenchement de mécanismes cellulaires complexes génère une réponse adaptative de la bactérie qui aboutit à un état de tolérance et par conséquent à une survie dans des conditions qui sont normalement létales.
- ▶ La culture de cellules en conditions de stress sublétales permet à ces cellules de se pré-adapter aux conditions de stress et ainsi d'améliorer leur résistance.
- ▶ L'acquisition de caractères de résistance induit par un mode de production adapté et performant va permettre de produire des préparations bactériennes présentant une vitalité et une viabilité accrue.

2. Gestion du stress

- ▶ La problématique du stress et en particulier sa gestion pour optimiser la croissance d'un micro-organisme ou éradiquer un micro-organisme indésirable (cas des biofilms) reste complexe.
- ▶ Néanmoins, il se dégage depuis quelques années des voies prometteuses en terme de valorisation industrielle et de maîtrise de ce paramètre critique grâce à l'émergence d'outils technologiques permettant d'estimer les états de stress des cellules et à l'acquisition de connaissances au niveaux moléculaires et physiologiques des mécanismes mis en jeu chez des bactéries modèles transférables à des souches industrielles.

- 
- ▶ Les mutations de l'ADN sont à l'origine des variations qui permettent l'évolution des organismes vivants.
 - ▶ Elles peuvent avoir des effets positifs, négatifs ou neutres, et c'est l'équilibre entre ces différents effets qui va conduire à l'adaptation des organismes vivants à leur environnement.
 - ▶ Comprendre comment la production de mutations varie au cours du temps est donc indispensable pour décrire les processus évolutifs.

3. Sélection naturelle


- ▶ La sélection naturelle est une force évolutive qui permet aux populations de s'adapter.
- ▶ C'est par l'action de la sélection naturelle que les organismes au sein d'une population ayant la valeur sélective la plus forte laisseront plus de descendants que ceux de valeur sélective moindre.
- ▶ On peut quantifier la différence de valeur sélective de 2 génotypes en suivant l'évolution de leur fréquence au sein d'une population.

4. La mutation :

- ▶ La mutation correspond à une erreur dans la transmission du matériel génétique d'un individu à son descendant.
- ▶ Biologiquement, elle correspond à la transmission d'une erreur produite dans la molécule d'ADN, support de l'information génétique, suite à une altération chimique ou physique ou due à une erreur de réplication.
- ▶ Malgré la présence de nombreux mécanismes de réparation, il arrive que certaines mutations ne soient pas détectées et soient ainsi transmises d'une génération à une autre. Plusieurs types de modifications peuvent être observées telles que les substitutions, les délétions courtes ou longues, les insertions ou les réarrangements de chromosome.

- ▶ Aussi, des objets parasites, tels que les transposons (séquence d'ADN capable de se déplacer et de se multiplier de manière autonome dans un génome), provoquent des mutations en intégrant de nouvelles copies dans le génome qui peuvent inactiver des gènes ou en modifier la régulation.
- ▶ Ces effets mutagènes sont à la base de l'utilisation des transposons en génétique

- ▶ Une fois que la mutation est apparue dans un individu, son destin évolutif au sein de la population est ainsi principalement déterminé par son effet sur la valeur sélective appelé alors l'effet sélectif. La connaissance de l'effet des mutations sur la valeur sélective est l'un des indices fondamentaux des génétiques évolutives. Les mutations peuvent être de trois types : délétères, neutres ou avantageuses.
- ▶ Une mutation est délétère lorsqu'elle a un effet néfaste sur la valeur sélective de l'organisme. La plupart des mutations sont délétères, ce fait est attendu puisque, grâce à la sélection naturelle, les organismes sont *a priori* bien adaptés à leur environnement et la probabilité qu'une mutation aléatoire améliore des phénotypes doit être très faible. La distribution des effets néfastes est vaste, allant de l'effet complètement mortel ou létal à l'effet faiblement nuisible.

- 
- ▶ Une mutation est neutre lorsqu'elle n'a aucun effet sur la valeur sélective de l'organisme. Une mutation synonyme a peu d'effet et peut alors être perçue comme une mutation neutre.
 - ▶ Enfin, une mutation est avantageuse lorsqu'elle a un effet bénéfique sur la valeur sélective de l'organisme. Puisqu'elles sont très rares, les mutations avantageuses sont difficiles à détecter et la distribution de leur effet est encore difficile à évaluer.
 - ▶ L'évolution adaptative est le procédé par lequel une population améliore sa valeur sélective moyenne, pour des populations bactériennes issues d'un clone. Ce processus requiert l'apparition et la sélection de mutations avantageuses.