

Ministère de l'enseignement
Supérieur et de la recherche scientifique

République du Mali
« Un Peuple-Un But-Une Foi »

Université des sciences des techniques
et des technologies de Bamako
(USTTB)

Faculté des sciences et des techniques
(FST)

Encadré par : Pr Lassana B Traoré
et Dr Yaya Bouaré

Département : Biologie

Classe : Licence Biochimie-Microbiologie (LBM) S5

Groupe : XII

EXPOSE SUR LA PRODUCTION DE SULFURE

LES BACTERIES SULFATO-REDUCTRICES

PLAN DU TRAVAIL

I. INTRODUCTION :

II. CLASSIFICATION :

III. METABOLISME :

✓ *Les donneurs d'électrons :*

✓ *Les accepteurs d'électrons :*

IV. ECOLOGIE :

**V. LES FACTEURS ENVIRONNANTS INFLUENCANT LE
DEVELOPPEMENT DES SULFATO-REDUCTEURS :**

1) La température :

2) La salinité :

I. INTRODUCTION :

Le terme « bactéries sulfato-réductrices » décrit un ensemble plutôt hétérogène de micro-organismes anaérobies stricts, qui possèdent en commun un métabolisme dissimilatif des sulfates. En 1895 Beijerinck, a été le premier à isoler une bactérie réduisant les sulfates en sulfures et à établir un lien entre le processus biologique de formation de sulfures et l'existence d'un groupe de micro-organismes anaérobies réalisant cette transformation.

II. CLASSIFICATION :

La classification des différents types de bactéries sulfato-réductrices est fondée principalement sur des caractéristiques nutritionnelles et morphologiques, mais elle tient compte également de critères chimiques tels que le contenu en guanine et cytosine de l'ADN et de la présence de pigments spécifiques. La classification n'est pas simple, car certaines bactéries présentent le même type morphologique mais diffèrent par leur mode nutrition et inversement des bactéries qui ont le même type nutritionnel diffèrent par leur morphologie. La présence de pigments caractéristiques ne s'accorde pas toujours avec les groupes précédemment définis. Afin de ne pas sous-estimer le caractère phylogénétique des différentes souches, une classification future s'ordonnera probablement à partir de données comme l'hybridation ADN/rARN ou à partir de la séquence des oligonucléotides des ARN ribosomaux.

Les bactéries sulfato-réductrices se répartissent en deux grands groupes nutritionnels. Le premier comprend des espèces qui oxydent partiellement leurs substrats carbonés jusqu'à la formation d'acétate et contient 5 genres: *Desulfovibrio*, *Desulfomonas*, *Thermodesulfobacterium* et *Desulfobulbus*. Le second groupe contient des espèces qui oxydent complètement les substrats

carbonés y compris l'acétate jusqu'à la formation de dioxyde de carbone et comprend également 5 genres : Desulfo-bacter, Desulfococcus, Desulfosarcina, Desulfobacterium et Desulfonema. Cependant quelques espèces appartenant aux genres Desulfovibrio et Desulfotomaculum oxydent aussi complètement les substrats carbonés.

Récemment une nouvelle souche appartenant au genre Desulfovibrio a été isolée : Desulfodismutant, capable de réaliser sa croissance à partir de la « disproportion » du thiosulfate ou du sulfite en sulfate et sulfure. Au cours de cette réaction la souche a besoin d'acétate comme source de carbone mais celui-ci n'est pas utilisé comme source d'énergie. Une nouvelle bactérie thermophile obtenant son énergie de la réduction de composés soufrés tels que le sulfate, le sulfite et le thiosulfate et produisant des traces de méthane a été également décrite récemment, et appelée Archaeoglobus souche VC-16.

III. METABOLISME :

- **Les donneurs d'électrons :**

Les donneurs d'électrons utilisés par les bactéries sulfato-réductrices sont toujours des composés de faibles poids moléculaires, ce sont généralement les produits de fermentation issus de la dégradation bactérienne anaérobie, des carbohydrates, des protéines ou d'autres composants de la biomasse morte. La cellule bactérienne se procure de l'énergie lors de l'oxydation des molécules organiques par phosphorylation au niveau du substrat et lors de la réduction des sulfates par phosphorylation liée au transfert des électrons. Lorsque les sulfato-réducteurs utilisent l'hydrogène et l'acétate comme seuls donneurs d'électrons, l'ATP est alors produit uniquement lors de la réduction des sulfates, puisque l'oxydation de ces substrats ne peut

être copulée à une production d'ATP par phosphorylation au niveau du substrat. Les bactéries sulfato-réductrices peuvent oxyder des composés organiques comme le propionate, le butyrate, les acides gras à longues chaînes ou les acides organiques phénylsubstitués mais aussi des composés très énergétiques comme le lactate, l'éthanol, le pyruvate, le malate, le fumarate, le glycérol, la choline et des acides aminés.

- **Les accepteurs d'électrons:**

L'accepteur d'électron universel, utilisé par tous les sulfato-réducteurs, est évidemment, le sulfate. Il est réduit entièrement en sulfure. Une faible production de sulfite et de thiosulfate au cours de la croissance de Desulfovibrio desulfuricans n'a été mentionnée qu'une seule fois.

Les étapes de la production du sulfate peuvent se schématiser comme suit :

- $\text{ATP} + \text{SO}_4^{2-} \xrightarrow{\text{ATP sulfurylase}} \text{APS} + \text{PPi}$
- $\text{PPi} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Pyrophosphatase inorganique}} 2\text{Pi}$
- $\text{APS} + 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{APS réductase}} \text{AMP} + \text{SO}_3^{2-}$
- $\text{HSO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \xrightarrow{\text{Bisulfite réductase}} \text{HS}^- + 3\text{H}_2\text{O}$

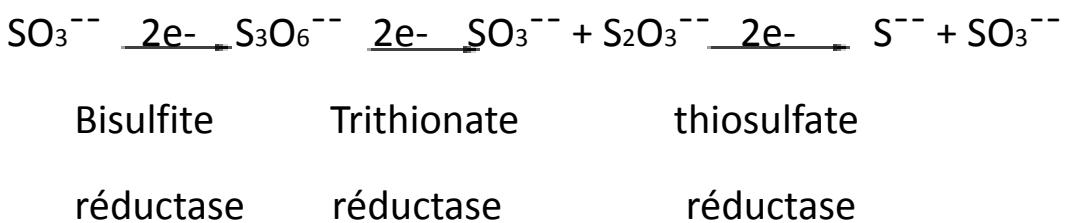
La plupart des bactéries sulfato-réductrices peuvent réduire le sulfite ou le thiosulfate à la place du sulfate, avec des rendements cellulaires par mole de donneur d'électrons réduits, supérieurs à ceux obtenus sur sulfate.

En effet la première étape de la réduction du sulfate nécessite une mole d'ATP pour l'activation du sulfate en adénosine phosphosulfate (APS), alors que dans les étapes suivantes où le sulfite et le thiosulfate

sont probablement des intermédiaires, il y a au contraire production d'ATP.

Deux hypothèses ont été émises pour expliquer la réduction des sulfites en sulfures :

- soit réduction directe : $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{S}^{2-}$ bisulfite réductase
- soit réaction en plusieurs étapes, elle est alors appelée la voie du trithionate :



En absence d'accepteurs d'électrons plusieurs souches peuvent se développer par voie fermentative avec un certain nombre de substrats organiques comme le fumarate, le malate, le pyruvate, la choline, la cystéine et en présence de CO_2 , le lactate et l'éthanol.

Quelques bactéries du genre Desulfovibrio, incapables de réaliser la fermentation de substrats organiques, peuvent en l'absence de sulfate, et en association syntrophiqne avec des bactéries méthanogènes utilisatrices de l'hydrogène produit par les sulfato-réducteurs, se développer sur ces mêmes substrats grâce à un transfert interspécifique d'hydrogène.

IV. ECOLOGIE:

Pour se développer les bactéries sulfato-réductrices ont besoin de d'un environnement anaérobique, contenant des molécules organiques et du sulfate. Comme elles n'oxydent que des molécules à faible poids moléculaire, leur développement dépende des bactéries

fermentatives responsables de la dégradation en petites molécules des polymères issus de la biomasse. La dégradation de la matière organique fait intervenir une succession de microorganismes. Les bactéries sulfato-réductrices se placent en fin de chaîne. Avec les bactéries méthanogènes, elles sont responsables de la minéralisation anaérobiose. La minéralisation de la matière organique, dans un environnement contenant du sulfate, implique l'intervention de trois larges groupes d'organismes : les organismes hétérotrophes, les bactéries acétanogènes produisant de l'hydrogène et les bactéries sulfato-réductrices. Les hétérotrophes, non seulement la matière organique initiale en produits de fermentation qui servent de substrats aux deux groupes suivants mais encore favorisent les conditions d'anaérobiose et de bas potentiel redox qui sont nécessaires à ces deux mêmes groupes. Les lois de la thermodynamique imposent cette succession de populations. Tant qu'il y a de l'oxygène les mécanismes de dénitrification, de réduction des sulfates et de méthanogènes sont inhibés. Dès que l'oxygène est consommé, la dénitrification commence puis lorsque les nitrates sont utilisés, il y a réduction des sulfates. La méthanogénèse apparaît en dernier et correspond partiellement à une réduction dissimilative du dioxyde de carbone.

V. LES FACTEURS ENVIRONNANTS INFLUENCANT LE DEVELOPEMENT DES SULFATO-REDUCTION:

Dans l'environnement naturel les conditions de croissance ne sont pas toujours favorables. Il existe des variations importantes de températures, de pH et de concentration en substrats. La capacité des bactéries à s'adapter à ces changements déterminera leur prolifération ou au moins leur survie.

1) La température:

La température optimum de croissance de la plupart des sulfato-réducteurs est située dans une bande étroite, comprise entre 30°C et 37°C. Aucune bactérie psychrophile vraie réduisant les sulfates n'a été isolée. Dans des lacs ou sédiments antarctiques, des sulfato-réducteurs ont été mis en évidence, ils peuvent se développer à basse température, c'est-à-dire voisine de 0°C mais avec une température optimum comprise entre 25°C et 28°C, et une température maximum de l'ordre de 40°C. Il apparait néanmoins que ce sont eux, les responsables de la réduction des sulfates dans les sédiments froids. Trois souches de sulfato-réducteurs thermophiles ont été isolées, avec des optimums variant de 55°C à 70°C mais incapables de se développer à des températures très élevées, proches de 100°C. Dans les systèmes d'injection d'eau des champs pétroliers, des sulfato-réducteurs se développant à 104°C sous des pressions élevées ont été mis en évidence. Une pression élevée (> à 500 bar) favorise la tolérance des sulfato-réducteurs aux hautes températures (> à 100°C).

2) La salinité :

Les sulfato-réducteurs ont été isolés aussi bien à partir d'eau douce, qu'à partir d'environnement marins. Les bactéries d'eau douce peuvent être inhibées par des concentrations salines voisines de celles de l'eau de mer. Inversement des bactéries isolées du milieu marin, cultivées en eau douce, peuvent être détériorées. Néanmoins quelques sulfato-réducteurs sont capables de s'adapter d'un milieu marin à un milieu sans sel. Tel est le cas de Desulfovibrio baculatus isolée à partir des eaux d'un estuaire et qui après adaptation se cultive dans un milieu sans sel. Les sulfato-réducteurs marins peuvent supporter des concentrations salines de l'ordre de 100 g/L, la concentration saline optimum étant souvent celle de l'eau de mer.

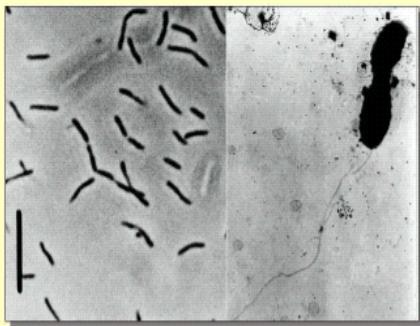
Desulfonauticus submarinus



- Isolé d'un fumeur noir du Pacifique.
- Bacille incurvé non sporulé, mobile, Gram négatif, thermotolérant. Sulfato-réducteur n'utilisant que H_2 + CO_2 . Présence de désulfurubidine.
- Phylogénétiquement le plus ancien des sulfato-réducteurs connus.

Temp.opt.: 45°C (30-60°C).
NaCl opt.: 2% (0-5%).

Desulfohalobium retbaense



- Isolé des sédiments du lac Retba au Sénégal.
- Bacille mobile, Gram négatif.
- Sulfato-réducteur, présence de désulfurubidine.
- Fermentation lente du pyruvate.

Temp.opt.: 37- 40°C (25-45°C),
pH opt.: 6,5 -7,0 (5,5-8,0),
NaCl opt.: 10% = 2M (0-24% = 5M)

Rédigé et présenté par :

□ Abdoul Kader KOUYATE

□ Tandin Nicolas KAMATE

MERCI POUR VOTRE PATIENCE