

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique
Université de Jijel

Bc.10/2008



Faculté des Sciences
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire
Mémoire
De fin d'Etudes en Vue de l'Obtention du Diplôme
D'Etudes Supérieures (D.E.S)
Option : Biochimie

Thème

**les biosurfactants et leurs
intérêts biotechnologiques**

Membres du Jury

- *Examinatrice :*
M^{lle} BOUSSENANE Hanane Nadia
- *Encadreur :*
DR. SIFOUR Mohamed

Présenté par :

- *BOUAROUBA Loubna*
- *BOULKHADRA Aida*
- *BOUBERTAKH Rokja*

Juin 2008

Remerciements

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu dieu de nous avoir donné la force et éclairé le chemin pour la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions vivement notre encadreur monsieur SIFOU Mohamed qui nous a proposé ce sujet de recherche, et qui nous a encadrés par ses conseils judicieux, ses encouragements et sa totale disponibilité.

Nos remerciements vont aussi à notre examinatrice M^{lle} BOUSSENANE Hanane Nadia pour nous avoir honorés en acceptant de jurer notre travail.

Nous remercions vivement tous les enseignants qui ont participé à notre formation.

AIDA LOUBNA ROKIA

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les classes des biosurfactants et les microorganismes producteurs.....	03
Tableau 2 : Toxicité de biosurfactants comparée a celles de surfactants chimiques	08
Tableau 3 : Quelques exemples de la production des biosurfactants par certains microorganismes et les conditions de la culture.....	12

Liste des figures

Fig. 1: Emulsion d'une goutte d'huile dans l'eau par un agent emulsionnant (biosurfactant).....	02
Fig. 2: Structure de rhamnolipides 1 et 2 produits par <i>Pseudomonas</i> 471' NCIB 400044.....	04
Fig. 3: Structure de sophorolipide lactone	05
Fig.4 : Structure de surfactine produite par <i>Bacillus subtilis</i>	05

Sommaire

Introduction.....	01
Chapitre I:	
I. Définition.....	02
II. Classification des biosurfactants.....	03
II.1. Les glycolipide.....	04
- Les rhamnolipides.....	04
- Les sophorolipides.....	04
- Les trehalolipides.....	05
II.2. Les lipopeptides.....	05
- Surfactine.....	05
- Viscosine.....	05
II.3. Les phospholipides.....	06
II.4. Les surfactants polymériques.....	06
- Emulsan.....	06
II.5. Les acides gras et les lipides neutres.....	06
II.6. Les antibiotiques	
-Gramicidine s.....	06
- Polymyxine.....	06
- Antibiotique TA.....	06
II.7. Les biosurfactants particuliers.....	06
III. Comparaison entre les biosurfactants et les surfactants chimiques.....	07
VI. La production des biosurfactants	08
VI.1. La source de carbone.....	08
VI.2. La source d'azote.....	10
VI.3. Les facteurs d'environnement.....	10
VI.4. La biosynthèse des biosurfactant.....	13
V. Extraction des biosurfactants.....	15
Chapitre II	
I. Les applications des biosurfactants.....	16
I.1. Les applications industrielles des biosurfactants.....	16
I.1.1. Les applications dans l'industrie pétrolière.....	16
- Aspect général.....	16
- Traitement d'adsorbants destinés à la réutilisation.....	17
- Quelques espèces bactériennes impliquées.....	17
I.1.2. Utilisation des biosurfactants en agriculture.....	18
I. 1.3. Utilisation des biosurfactants dans l'industrie cosmétique.....	18
I.2. Les applications des biosurfactants dans l'environnement	19
I.3. Les applications médicales des biosurfactants.....	20
I.3.1. Les activités antimicrobiennes des biosurfactants.....	20
I.3.2. Les activités antiadhésives des biosurfactants	21
I.3.3. Les activités anticancéreuses des biosurfactants.....	22
I.3.4. Les activités virucides des biosurfactants.....	22
Conclusion.....	24

*I
n
t
r
o
d
u
c
t
i
o
n*

Introduction

Les surfactants sont des agents actifs de surface ont une large gamme de propriétés y compris la réduction de la tension de surface et de l'interface des liquides (Al-Araji et al., 2007). La plupart des surfactants commercialement disponibles sont d'origine chimique. Néanmoins, l'utilisation de tensioactifs chimiques peut avoir des conséquences négatives sur l'environnement, certains étant toxiques à doses élevées et faiblement biodégradables (Bordas et Lafrance, 2001) c'est pourquoi, depuis plusieurs années, et grâce à l'essor de la biotechnologie, les scientifiques se sont intéressés à des surfactants produits par des organismes vivants : les tensioactifs biologiques ou biosurfactants (Gabet, 2004).

Les biosurfactants (bioémulsifiants) sont un groupe de molécules de structure diversifiée synthétisées par des micro-organismes: les rhamnolipides de *Pseudomonas aeruginosa*, surfactine de *Bacillus subtilis*, emulsan de *Acinetobacter calcoaceticus* et sophorolipides de *Candida bombicola* sont quelques exemples des surfactants microbiennes (Nitschke et Costa, 2007).

Les biosurfactants ont attiré l'attention au cours des dernières années car elles offrent plusieurs avantages par rapport aux surfactants chimiques comme la faible toxicité, la bonne biodégradabilité et l'acceptabilité écologique (Moussa et al., 2006).

Les biosurfactants sont classés surtout en fonction de leur structure chimique et leur origine microbienne en conséquence, les principales catégories des biosurfactants sont: les glycolipides, les lipopeptides, les phospholipides, les acides gras, les biosurfactants polymériques, et les biosurfactants particuliers (Zawawi, 2005; Maneerat, 2005).

L'intérêt des biosurfactants n'a cessé d'augmenter ces dernières années en raison de la possibilité de leur production par fermentation et de leur applications potentielles dans plusieurs domaines tels que: la protection de l'environnement (Zawawi, 2005), l'aménagement de l'environnement, dans la pétrochimie, comme des émulsions, des désémulsions, des agents mouillants et moussants, des détergents, des produits agrochimiques et des produits pharmaceutiques, en plus les surfactants d'origine chimique ou biologique (les biosurfactants) peuvent accélérer et parfois inhiber la bioremédiation des polluants, dans les applications médicales les biosurfactants sont utilisés comme des agents antimicrobiens, antiadhésifs, anticancéreux, et des molécules immunomodulatrices (Singh et al., 2007).

On peut restreindre les principaux rôles des biosurfactants dans les différentes applications en trois fonctions: l'augmentation de la superficie des substances hydrophobiques, l'augmentation de la biodisponibilité des substrats hydrophobiques immiscibles à l'eau et finalement la régulation de l'attachement et le détachement des microorganismes aux surfaces (Zawawi, 2005).

L'intérêt de la production des biosurfactants a constamment augmenté durant la décennie passé cependant, une fabrication en série de ces molécules n'a pas été réalisé à cause du faible rendement obtenu dans les processus de la production et les coûts élevés de la purification. Avec ces spécialités et les différents domaines d'applications des biosurfactants, nous pouvons envisager aux biosurfactants comme les molécules de l'avenir (Muthusamy et al., 2008).

C
H
A
P
T
E
R

I

I. Définition

Les biosurfactants sont des molécules amphiphiles constituées d'une partie hydrophile polaire et d'une partie hydrophobe non polaire. Généralement, le groupement hydrophile est constitué d'acides aminés, peptides ou de polysaccharides (mono ou di); le groupement hydrophobe est constitué d'acides gras saturés ou non saturés (Gabet, 2004).

Donc Une substance est dite tensioactive lorsque même à faible concentration, elle agit à une interface (eau/huile, eau/air) en abaissant la tension interfaciale. L'activité de ces substances est liée à leur structure chimique (Garrigue, 2002).

Lorsqu'on utilise des émulsions, deux phases existent: l'eau et le solvant hydrophobe (ou l'huile) qui contient la matière active. Ce dernier n'étant pas miscible à l'eau, une tension interfaciale importante existe entre les deux phases. Le tensioactif se place à l'interface entre l'eau et le solvant, partie polaire dans l'eau, partie apolaire dans le solvant. En, stabilisant l'émulsion de gouttelettes de solvant dans l'eau, il a un rôle émulseur (Fig.1) (Hernandez ochoa, 2005).

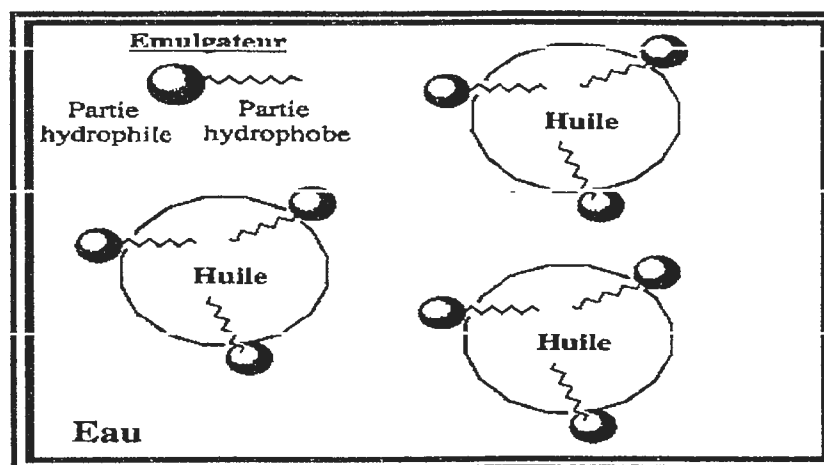


Fig. 1: Emulsion d'une goutte d'huile dans l'eau par un agent emulsionnant (biosurfactant) (Hernandez ochoa, 2005)

II. Classification des biosurfactants

Les biosurfactants sont classés suivant la nature biochimique du surfactant produit par le microorganisme (Gabet, 2004). Les classes les plus importantes de biosurfactants sont: les glycolipides, les phospholipides, les acides gras, les surfactants polymériques et les biosurfactants particuliers (Desai and Desai, 1993).

Rosenberg et Ron ont suggéré que les biosurfactants peuvent être divisés en des molécules de faible poids moléculaire qui abaissent efficacement la tension superficielle et interfaciale, et des polymères de haut poids moléculaire qui sont plus efficaces que les agents d'émulsion stabilisateurs (Muthusamy et al., 2008).

Tableau 1: Les classes des biosurfactants et les microorganismes producteurs (Muthusamy et al., 2008)

Classes des surfactants	Microorganismes
1. Glycolipides: -Rhamnolipides Trehalose lipides -Sphorolipides	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Rhodococcus erithropolis</i> , <i>Arthobacter sp.</i> <i>Candida bombicola</i> , <i>C. apicola</i>
2. Lipopeptides: -Surfactine -Viscosine -Lichenysine -Serrawetine	<i>Bacillus subtilis</i> <i>P. fluorescens</i> <i>B. licheniformis</i> <i>Serratia marcescens</i>
3. Phospholipides	<i>Acinetobacter sp.</i> <i>Corynebacterium lepus</i>
4. Antibiotiques -Gramicidine -Polimixine -Antibiotique TA	<i>Brevibacterium brevis</i> <i>B. polymyxa</i> <i>Myxoxoccus xanthus</i>
5. Acides gras / lipides neutres -Corynomcolic acides	<i>Corynebacterium insidibasseosum</i>
6. Surfactants polymériques: -Emulsan -Alasan -Liposan -Lipomanan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> <i>A. radioresistens</i> <i>Candida lipolytica</i> <i>C. tropicalis</i>
7. Biosurfactants particuliers: -Vésicules -Cellules entières	<i>A. calcoaceticus</i> Diverses bactéries

II.1. Les glycolipides

Les glycolipides sont les biosurfactants les plus étudiés, ils sont issus d'une combinaison d'hydrates de carbone avec une longue chaîne d'acides aliphatiques ou hydroxy acide aliphatiques (Desai and Desai, 1993).

Les unités constitutives sont des mono-, di-, tri- et tetrasaccharides comme le glucose, mannose, galactose, acide glucuronique, rhamnose, le sulfate et le galactose sulfate (Karanth et al., 1999). Les glycolipides peuvent être classés comme suit:

- Les rhamnolipides

Certaines espèces de *Pseudomonas* produisent de grandes quantités de glycolipides constitué de deux molécules de rhamnose et de deux molécules d'acide B-hydroxy-decanoïque (Karanth et al., 1999). Le L Rhamnosyl-L-rhamnosyl-B-hydroxydecanoyl-B-hydroxydecanoate et le L-rhamnosyl-B-hydroxydecanoyl-B-hydroxydecanoate, désignés sous le nom de rhamnolipides 1 et 2 respectivement, sont les principaux glycolipides produits par *P. aeruginosa* (Muthusamy et al., 2008).

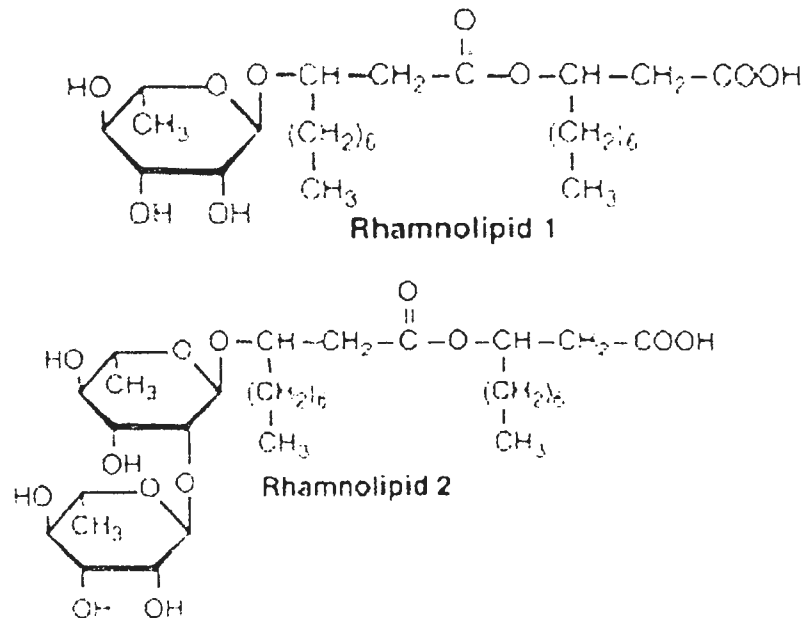


Fig. 2: Structure de rhamnolipides 1 et 2 produits par *Pseudomonas* 47T NCIB 400044 (Songklanakarin, 2005).

- Les sophorolipides

Les sophorolipides sont des biosurfactants produits par plusieurs espèces de *Candida*. Ils sont composés d'un disaccharide (sophorose) lié à un oméga-hydroxyacide gras par une liaison hétéroside (Solaimen et al., 2004). Ils réduisent la tension de surface (superficielle) entre des molécules individuelles à la surface, ce sont des agents d'emulsification efficaces (Karanth et al., 1999).

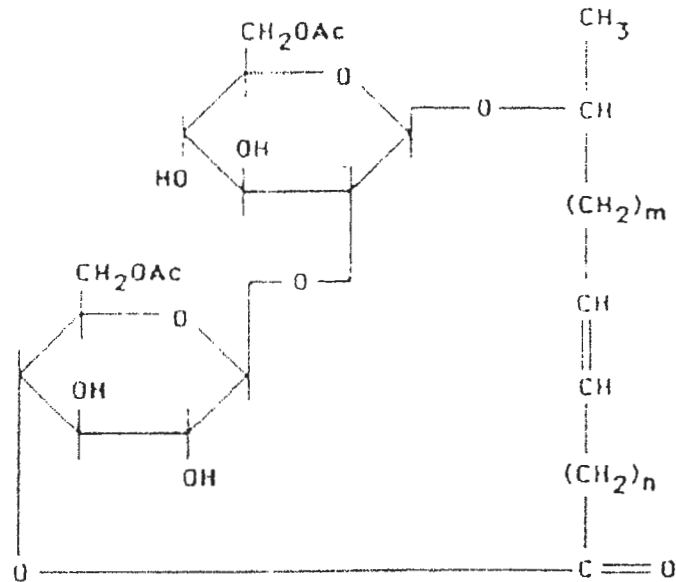


Fig. 3: Structure de sophorolipide lactone (Songklanakarin, 2005)

- Les trehalolipides

La croissance en serpentin retrouvée chez plusieurs espèces du genre *Mycobacterium* est due à la présence des esters de tréhalose à la surface de la cellule (Karanth et al., 1999).

II.2. Les lipopeptides

Les lipopeptides sont composés d'un lipide attaché à une chaîne polypeptidique. Les lipides d'ornitine sont les plus connus (Gabet, 2004).

- Surfactine

Le lipopeptide cyclique surfactine par *Bacillus subtilis*, est l'un des biosurfactants les plus puissants. Il est composé de sept acides aminés à une structure cyclique couplée à une chaîne d'acide gras par une liaison lactane (Muthusamy et al., 2008).

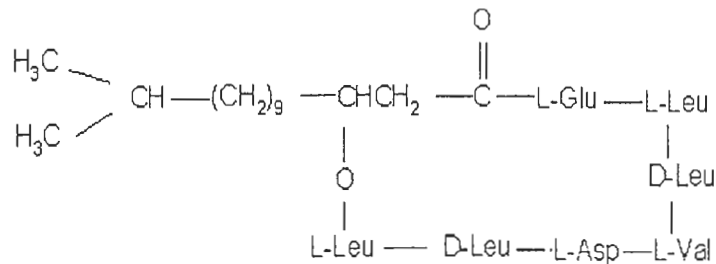


Fig.4 : Structure de surfactine produite par *Bacillus subtilis* (Zawawi, 2005)

- Viscosine

La viscosine est un puissant biosurfactant lipopeptidique qui permet à la bactérie d'entrer en contact intime avec les têtes de brocoli, normalement difficiles à l'humidifier (Gordon Braun et al., 2001).

II.3. Les phospholipides

Les phospholipides sont formés de groupements alcool et phosphate et de chaîne lipidique (Gabet, 2004), se sont les principaux composants des membranes bactériennes, quand certaines bactéries ou levures dégradant les hydrocarbures sont cultivées dans un milieu contenant l'alcane comme substrat, le niveau de phospholipide augmente considérablement (Karanth et al., 1999).

II.4. Les surfactants polymériques

Les polymères à haut poids moléculaire présentent généralement des propriétés utiles, comme la haute viscosité, la résistance à la traction et la résistance au déchirement. Il n'est pas donc surprenant que les polymères ont trouvé plusieurs applications industrielles. Les polymères les mieux étudiés sont: l'emulsan, le liposan et d'autres complexes protéiques (Desai and Desai, 1993).

- Emulsan

Acinetobacter calcoaceticus produit un puissant bioémulsifiant polymérique extracellulaire appelé emulsan. Emulsan a été caractérisé comme un hétéropolysaccharide (Desai and Desai, 1993).

II.5. Les acides gras et les lipides neutres

Plusieurs bactéries et levures produisent de grandes quantités d'acides gras au cours de leurs croissances sur le n-alcane (Muthusamy et al., 2008).

II.6. Les antibiotiques

- Gramicidines

Plusieurs bactéries produisent un antibiotique décapeptidique cyclosymétrique, la gramicidine S. Les spores de *Brevibacterium brevis* contiennent de grandes quantités de gramicidine S qui est fortement liée à leurs surfaces extérieures. L'activité antimicrobienne de la gramicidine S est due à sa grande activité de surface (Karanth et al., 1999).

- Polymyxine

C'est un groupe d'antibiotique produit par *Brevibacterium polymyxa*. Polymyxine B est un décapeptide dont le 3^e au 10^e acides aminés forment un octapeptide cyclique (Karanth et al., 1999).

- Antibiotique TA

Myxococcus xanthus produit l'antibiotique TA qui inhibe la synthèse du peptidoglycane en interférant avec la polymérisation des lipides pentapeptide disaccharide. L'antibiotique TA a des applications thérapeutiques intéressantes (Karanth et al., 1999).

II.7. Les biosurfactants particuliers

Ce type de biosurfactants comprend des vésicules, produits par *Acinetobacter sp.* Les vésicules purifiées sont composées de protéines, de phospholipides et de lipopolysaccharides. Ces vésicules membranaires extracellulaires dispersent les hydrocarbures pour former une microémulsion.

III. Comparaison entre les biosurfactants et les surfactants chimiques

A l'origine, les biosurfactants ont attiré l'attention comme agents de dissolution des hydrocarbures. A la fin des années 1960, et au cours des cinq dernières décennies leur application a été grandement étendue comme une meilleure alternative aux tensioactifs chimiques (carboxylates, sulfonates et l'acide sulfaté ester), en particulier dans les produits alimentaires, pharmaceutiques et l'huile industrielle (Muthusamy et al., 2008).

La plupart des surfactants commercialement disponibles sont d'origine chimique et sont des produits dérivés du pétrole. Ils présentent un risque pour l'environnement car ils sont généralement toxiques et non biodégradables. C'est pourquoi, depuis plusieurs années, et grâce à l'essor de la biotechnologie, les scientifiques se sont intéressés à des surfactants produits par des organismes vivants: les tensioactifs biologiques ou biosurfactants (Gabet, 2004). Ceux-ci offrent plusieurs avantages par rapport aux surfactants chimiques comme l'abaissement de toxicité, biodégradabilité, la disponibilité des matières premières, l'économie de production acceptables (Sarublo et al., 1997; Kosaric, 2001). Cependant, les coûts de production demeurent encore assez élevés et freinent leur utilisation. Les substrats de croissance pour les microorganismes producteurs de biosurfactants sont peu coûteux mais le faible taux de production et les procédures de purification font que leurs coûts peuvent être parfois supérieurs à ceux des tensioactifs chimiques (Gabet, 2004).

Contrairement aux tensioactifs synthétiques, les biosurfactants sont facilement dégradables et particulièrement bien adaptés pour des applications telles que l'environnement et la bioremédiation, la dispersion des déversements d'hydrocarbure (Muthusamy et al., 2008).

Il existe de nombreux travaux sur la toxicité des surfactants chimiques, mais peu de recherches ont été effectuées sur les biosurfactants. Edwards et al. (2003) ont comparé la toxicité de trois surfactants chimiques et biologiques sur deux invertébrés marins (*Mysidopsis Bahia* et *Menedia Beryllina*). Ces auteurs concluent que les biotensioactifs ont des toxicités intermédiaires à celles des chimiques. Par exemple, l'emulsan qui est le biosurfactant le moins toxique de l'étude, présente une CL50 (concentration létale) supérieure à 200 mg/L. A titre de comparaison, le Triton x 100, d'origine chimique et largement utilisé dans l'industrie, a une CL50 de 2,5 à 6 mg/L (Gabet, 2004).

Tableau 2 : Toxicité de biosurfactants comparée a celles de surfactants chimiques (Gabet, 2004).

Surfactant	Origine	CE50 (mg/L)
<i>Rhodococcus ruber</i> AC253 glycolipide complexe	Biologique	650
Trehalose dicorynomycolate de <i>R. erythropolis</i>		49
Trehalose tetraester de <i>R.</i> <i>erythropolis</i>		286
Rhamnolipides de <i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>		50
Stéarate de sucrose(DK50)		67
Finasol OSR-5	Chimique	7
Corexit 9597		5
Inipol EAP22		0.004

Ce tableau regroupe quelques valeurs des concentrations effectives, et montre qu'en générale les biosurfactants sont moins toxiques que leurs analogues chimiques (Gabet, 2004).

IV. La production des biosurfactants

Les biosurfactants sont principalement produits par des microorganismes, ces organismes sont généralement des levures, des champignons ou des bactéries, le type et la quantité de biotensioactif produit varie avec la composition du milieu (source de carbone ou autre nutriments) et les conditions de culture (température, agitation, pH, etc...) (Muthusamy et al., 2008; Gabet, 2004)

IV.1. La source de carbone

La source de carbone est un des paramètres influençant le plus la production des biotensioactifs, soit par induction soit par diminution de la quantité produite (Gabet, 2004). Thaniyavarn et al. (2006) démontraient que le rendement des biosurfactants produits par *Pseudomonas aeruginosa* A41 était affecté par le type de la source de carbone utilisée et que la tension de surface du milieu a diminué de 55-70 m N/m à 27,8-30 Mn/m avec toutes les sources de carbone testés, quoique la production des biosurfactants avec l'huile de palme comme source de carbone par *P. aeruginosa* A41 était inférieure à celle qu'elle était avec l'huile d'olive.

D'autre part Moussa et al. (2006) indiquaient qu'un changement dans les sources de carbone comme les huiles végétales affectait la production des biosurfactants par *Nocardia amarae* et la mesure de la tension de surface des biosurfactants produits indique que la meilleure source parmi toutes les substances utilisées était l'huile d'olive. Les différentes concentrations de l'huile d'olive avaient plusieurs effets dans la production des biosurfactants, l'augmentation de sa concentration cause une augmentation dans la valeur des biosurfactants jusqu'à que l'huile d'olive atteignait 30 ml/l après cette valeur le rendement des biosurfactants diminue avec l'augmentation de sa concentration.

Patel et Désai (1997) démontraient que la meilleure production des rhamnolipides par *P. aeruginosa* GS3 était obtenue avec le fructose comme source de carbone suivit par le glucose et le mannitol, et lorsque le maltose, tréhalose, ou le sorbitol étaient utilisés une réduction de la tension de surface était réalisée mais la concentration des surfactants était très basse, dans le cas de l'utilisation des substrats immiscible à l'eau comme source de carbone, le pétrole brut, l'huile de noix de coco et l'huile d'olive donnaient un rendement élevé des rhamnolipides et l'huile de noix fait une réduction de la tension de surface de 54 mN/m à 28 mN /m mais les rhamnolipides n'était pas détectés et au point de vue économique le glucose était utilisé pour d'autres études.

La production des rhamnolipides par *P. aeruginosa* PA1 utilisée plusieurs substances comme source de carbone (n-héxadécane, huile paraffinique et glycérol), le meilleur rapport de cette production associait avec les meilleurs caractères de tensioactif était réalisé lorsque le glycérol était employé comme source de carbone en comparaison avec les autres substances (Sannata Anna et al., 2002).

Makker et Cameotra (1997) étudiaient l'utilisation des mélasses comme source de carbone dans la production des biosurfactants par deux souches de *B. subtilis* (MTCC 2423 et MTCC1427), la production des biosurfactants commençait après 24 h et continuait jusqu'à 96 heures de fermentation et le rendement de la production par la souche *B. subtilis* MTCC 2423 était plus élevé que celui de la souche *B. subtilis* MTCC 1427.

Yakimov et al. (1995) trouvaient que le saccharose et le glucose montraient la meilleure production des biosurfactants (lichenysin A) par *B. licheniformis* BAS 50. Le rendement de lichenysin A obtenu par la culture de la souche *B. licheniformis* BAS 50 dans un milieu contenant le saccharose ou le glucose atteigne 160 mg/L, et l'augmentation de la concentration du saccharose ou du glucose par un facteur de 2 % n'affectait pas la production des biosurfactants.

Arthrobacter produit 75% des biosurfactants extracellulaires quand il est cultivé dans l'acétate ou l'éthanol, mais la production atteindra 100% s'il est cultivé sur des hydrocarbures. Il a été conclu à partir d'un certain nombre d'études que les différentes sources de carbone peuvent influencer sur la composition des biosurfactants et sur leur méthodes de production (Zawawi, 2005).

IV.2. La source d'azote

La source d'azote joue un rôle important dans le métabolisme cellulaire y compris la production des composés tensioactifs (Desai and Desai, 1993). Pour l'*Arthrobacter parraffineus* la production des biosurfactants est augmentée par l'addition des acides aminés comme l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'asparagine et la glycine dans le milieu (Désai et Patel, 1994). Parmi les sels inorganiques testés, les sels d'ammonium et l'urée sont préférés comme source d'azote pour la production des biosurfactants par *A. parraffineus* (Al-Aragi et al., 2007).

Makker et Cameotra (1997) étudiaient également l'effet de la source d'azote sur la production des biosurfactants par la souche *B. subtilis* et ont trouvé que l'absence d'azote dans le milieu minimise la production des biosurfactants et que le nitrate de sodium, le nitrate de potassium et l'urée étaient les meilleures sources d'azote parmi toutes les substances testées.

Le changement de la source d'azote dans le milieu de la production des biosurfactants affectait le rendement des biosurfactants apparaissant et l'utilisation de la source d'azote en combinaison avec l'extrait de levure donne un rendement plus élevé que lorsqu'elle est utilisée seule dans la production des biosurfactants par *Nocardia amarae* (Moussa et al., 2006). Sannata Anna et al. (2002) démontraient que l'utilisation de nitrate de sodium comme source d'azote est plus efficace que le sulfate d'ammonium et l'urée dans la production des rhamnolipides par *P. aeruginosa* PA1.

P. fluorescens était capable d'utiliser plusieurs sources d'azote telles que l'ammoniac ou le nitrate. Le nitrate de sodium et le nitrate d'ammonium sont les deux meilleures sources d'azote pour la synthèse des biosurfactants par cette souche (Abouseoud et al., 2008).

Pour la surfactine produite par *B. subtilis*, le nitrate d'ammonium est la meilleure source d'azote que le chlorure d'ammonium ou le nitrate de sodium, et si la concentration de nitrate d'ammonium est doublée dans le milieu de culture, la production de surfactine augmente par un facteur 1.6. La limitation de l'azote ne causé pas seulement une surproduction des biosurfactants mais change aussi la composition des biosurfactants produits (Zawawi, 2005).

IV.3. Les facteurs d'environnement

La production des biosurfactants par les cellules microbiennes est influencée par de nombreux facteurs d'environnement, le pH du milieu joue un rôle important dans la production des sophorolipides par *Torulopsis bombicola*, la température aussi causé une altération dans la composition des biosurfactants (Désai and Patel, 1994 ; Al-Aragi et al., 2007). L'influence de la température dans la production d'iturin A et de la surfactine par une souche productrice a été étudiée dans une fermentation en milieu solide de *B. subtilis* RB14, la température optimale pour l'iturin A était 25°C et pour la surfactine était 37°C (Ohno et al., 1995).

L'agitation de la culture dans la production des biosurfactants par *N. amarae* produit des biosurfactants en quantité plus grande que la culture statique et par l'augmentation de la vitesse d'agitation le rendement des biosurfactants augmente

(Moussa et al., 2006), par contre l'augmentation de la vitesse d'agitation fait une réduction de la production des biosurfactants par *Nocardia erythropolis* qui due à l'effet de cisaillement (AL-Aragi et al., 2007).

En raison de leur effet sur les activités cellulaires, les concentrations des sels comme le sel de sodium, le sel de calcium, etc., sont aussi importants dans la production des biosurfactants, cependant quelques biosurfactants ne sont pas affectés des concentrations des sels proches de 10% (Zawawi, 2005).

B. licheniformis BAS 50 a été isolée à partir d'un réservoir de pétrole à une profondeur de 1, 500 m, elle produit des surfactants lipopeptidiques lorsqu'elle est cultivée dans un milieu qui contient 13% de NaCl. La production des biosurfactants était survenue en aérobiose ou en anaérobiose et elle était optimale pour une concentration de 5% de NaCl à une température entre 35 et 45°C (Yakimov et al., 1995).

Arthrobacter protophormiae est une souche qui pourrait croître et produire des biosurfactants en présence de NaCl à des concentrations très élevées (10 à 100 g/l) et à une température de 10°C (Pruthi and Cameotra, 1997).

Finalement les facteurs d'environnements et les conditions de croissance comme la température, l'agitation, et l'aération affectaient également la production des biosurfactants à travers leur effet sur la croissance cellulaire (Zawawi, 2005).



Chapitre I

Tableau 3 : Quelques exemples de la production des biosurfactants par certains microorganismes et les conditions de la culture

Microorganisme	Source de carbone	Source d'azote	pH	T°C	Remarque	Références
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> A41	l'huile de palme	NH ₄ NO ₃ (Nitrate d'ammonium)	7.0	30°C	-agitation : 200 tpm* -présence des vitamines et des éléments en traces -période d'incubation: 72h	Thaniyavarn et al., 2006
<i>Pseudomonas putida</i>	hexadécane	(NH ₄) ₂ SO ₄ (Sulfate 'ammonium)	7.2	28°C	-agitation : 130 tpm	Tuleva et al., 2002
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> PA1	glycérol	NaNO ₃ (Nitrate de sodium)	7.0	30°C	-présence de KH ₂ PO ₄ -temps d'incubation 48h	Sannata anna et al., 2002
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> GS3	glucose	NH ₄ NO ₃	7±0,2		-présence des éléments en traces : FeCl ₃ , K ₂ PO ₄ -agitation: 180 tpm	Patel et Desai, 1997
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	glucose	NH ₄ H ₂ PO ₄	-	30°C	-agitation : 250 tpm -période d'incubation 24 à 48h	Gunther et al., 2005
<i>Renibactérium samoninarum</i> 27 BN	n-héxadécane	(NH ₄) ₂ SO ₄ + l'extrait de levure	7.2	28°C	-agitation : 130 tpm - présence des éléments en traces: NuCl ₂ , NaMO ₂	Christova et al., 2004
<i>Nocardia amarae</i>	l'huile d'olive	NH ₄ NO ₃ + l'extrait de levure	6.0	30°C	-agitation : 120 tpm - présence des éléments en traces : K ₂ HPO ₄ , MgSO ₄	Moussa et al., 2006
<i>Pseudozyma graminicola</i>	l'huile de soja	NaNO ₃ + l'extrait de levure	6.0	30°C	-agitation : 300 tpm	Morita et al., 2008
<i>Condida lipolytica</i>	glucose	l'extrait de levure	-	27°C	-agitation : 150 tpm - période d'incubation 48 à 72h	Sarubo et al., 1997
<i>Pseudomonas fluorescences</i>	l'huile d'olive	NH ₄ NO ₃ (Nitrate d'ammonium)	7±0,2	-	-agitation : 150 tpm -présence des éléments en traces: ZnSO ₄ , CuSO ₄	Abeouseoud et al., 2008
<i>Bacillus subtilis</i> MTCC 1427 MTCC 2423	mélasse	KNO ₃	6.8	45°C	-agitation : 200 tpm	Makker et Cameotra, 1997

* tpm : tour par minute

IV.4. La biosynthèse des biosurfactants

La biosynthèse et la régulation génétique de la production des biosurfactants et sa régulation génétique sont mal connues (Hewald et al., 2006). Alors que l'aspect génétique de la production de rhamnolipides par *Pseudomonas aeruginosa* est la voie métabolique la plus étudiée au niveau génétique (Lang et Wullbrandt, 1999). La synthèse de ces biosurfactants est réglée par un système régulateur génétiques complexe situés sur une plasmide et qui contrôle également certaines propriétés de virulence (Lang et Wullbrandt, 1999 ; Maier and Soberón-Chávez, 2000). Les gènes impliqués et leur expression sont réglés par un système de quorum sensing (Lang et Wullbrandt, 1999).

La production de rhamnolipides par *P. aeruginosa* utilise les voies métaboliques principales, telles que la synthèse des acides gras et les sucres activés par la TDP et aussi les enzymes de la synthèse de l'exopolysaccharide alginate (Maier R.M. et Soberón-Chávez, 2000). La synthèse est assurée par l'enzyme rhamnosyltransférase, dont les gènes codant ont été découverts par Oshner et al. (1994).

Ces gènes ont été identifiés comme l'opéron rhAB (Deziel et al, 2003). Cette enzyme catalyse le transfert de TDP-L-rhamnose aux deux moitiés de l'acide 3-(3-hydroxy-alkanoyloxy) alcanoïque. RhIB est la protéine catalytique de la rhamnosyltransférase et rhIA est indispensable pour la synthèse du rhamnolipide (Deziel et al., 2003).

Pseudomonas aeruginosa possède des régulateurs de transcription (LasR et RhIR). Quand ces derniers sont en présence de leur inducteurs spécifiques (3-oxo-dodecaoyl-homoserine lactone et butanoyl-homoserine lactone, respectivement) ils activent la transcription de certains traits associés avec la virulence (Medina et al., 2003). Ces derniers ont étudié la régulation de la transcription dépendente de RhIR de l'opéron rhIAB qui code pour la rhamnosyltransférase 1, une enzyme impliquée dans la synthèse du surfactant monorhamnolipide, et ont prouvé que RhIR se fixe à une séquence spécifique dans la région de régulation de rhIAB indépendamment de la présence ou de l'absence de ses inducteurs. Ces chercheurs ont suggéré que dans le premier cas RhIR active la transcription, alors qu'il agit comme répresseur de la transcription de ce promoteur dans le deuxième cas.

Wang et al. (2007) ont démontré que deux souches de *P. aeruginosa* et d'*Escherichia coli* qu'étaient incapables de synthétiser le biosurfactant rhamnolipide étaient devenues capables de le produire après que le gène RhIAB était transféré dans le laboratoire. Le rhamnolipide produit était capable de récupérer du pétrole d'un sac de sable. Ces chercheurs ont recommandé la considération du rhamnolipide dans les opérations de récupération. Cha et al. (2008) ont démontré qu'une souche de *Pseudomonas putida* était capable de produire des rhamnolipides quand celle-ci a reçu des gènes codant pour la rhamnosyltransférase obtenue à partir de *Pseudomonas aeruginosa* EMS1.

En étudiant la production de surfactants par le champignon basidiomycète *Ustilago maydis*, qui secrète des quantités importantes de lipides mannosylerythritols(LME), qui jouent le rôle de biosurfactants, sur des milieux déficitaires en azote, Hewald et al. (2006) ont décrit une glycosyltransférase, Emt1, qui est nécessaire pour la synthèse de LME. L'étude de la production de lipides mannosylerythritols par Morita et al. (2006) chez

la levure *Pseudozyma antarctica* T-34 a révélé que les gènes codant pour la mannosyltransférase et l'acyltransférase, sont impliqués dans la biosynthèse de ces lipides (Morita et al, 2006).

Les études génétiques de la production de la surfactine suggèrent l'implication de trois gènes chromosomiques, *sfp*, *srfA*, et le *comA*. Le gène *sfp* a été trouvé seulement dans les souches produisant de la surfactine. En outre, la mutation dans le *comA* (auparavant désigné *srfB*) bloque le développement des compétences et rend les cellules portant *sfp* surfactine négatif (Desai and Banat, 1997).

Le ComA est une protéine activatrice liée à l'ADN et elle est nécessaire pour la transcription de plusieurs gènes exprimés, à la fin de la phase de croissance y compris le gène *srfA* (Yakimov and Golyshin, 1997). Le *srfA* est un gène requis pour la production des antibiotiques lipopeptides : surfactine. Ce gène est également nécessaire pour assurer l'efficacité, la sporulation et le développement des compétences. Des mutations dans la portion 5' de l'opéron *srfA* touchent tous ces trois processus, alors que des mutations dans l'extrémité 3' de *srfA* affectaient seulement la sporulation et la production de la surfactine (Van Sinderen et al., 1993).

Roggiani et Dubnau (1993) démontraient que la protéine ComA purifiée partiellement et isolé à partir d'une surproduction par la souche d'*Escherichia coli*, est phosphorylée *in vitro* par incubation avec l'acétyl-phosphate et que le ComA pourrait se lier spécifiquement à un fragment d'ADN contenant le promoteur de *srfA*. L'affinité de la liaison est renforcée lorsque le ComA est phosphorylée.

L'suge et al. (1996) démontraient que la souche *Bacillus subtilis* YB8 est capable de produire des antibiotiques lipopeptides : les surfactines et de plipastatin B1. Un gène, *lap-8*, nécessaire pour la production de lipopeptides a été cloné à partir de la souche d'YB8. Lorsque ce gène a été inactivé dans la souche YB8, ni la surfactine ni le plipastatin B1 a été produit. Toutefois, la transformation d'un gène *lap-8* intacte dans la souche défectueuse a rétabli la capacité de produire les deux peptides à la fois.

V. Extraction des biosurfactants

Pour extraire les biosurfactants du milieu de croissance, il est d'abord nécessaire de séparer les bactéries de ce milieu de culture par centrifugation (Gabet, 2004). La centrifugation est efficace mais elle exige des coûts d'entretien élevés (Zawawi, 2005).

La récupération des biotensioactifs dépend principalement de leur charge ionique, de leur solubilité et de leur localisation (intracellulaire, extracellulaire ou liés aux cellules). Les techniques les plus utilisées sont des extractions par solvants, les solvants utilisés à cette fin comprennent le chloroforme- mélange de méthanol, le dichlorométhane, l'acétate d'éthyle, l'acide acétique, l'éther etc., ou des techniques reposant sur la précipitation du tensioactif (Gabet, 2004; Zawawi, 2005). Ces extractions peuvent être réalisées directement ou après sédimentation des cellules productrices (Gabet, 2004).

Les glycolipides ont également été isolés par des extractions organiques et par la chromatographie sur gel de silice. Le système de solvant utilisé pour analyser les glycolipides est le chloroforme-méthanol-5N NH₄OH, ils sont isolés à partir du surnageant

de la culture par l'extraction par l'acétate d'éthyle méthanol et la chromatographie sur gel de silice (Bryant, 1990). Le bouillon de culture a été extrait deux fois avec 2 volumes de l'acétate d'éthyle, et la phase d'acétate d'éthyle a été traitée avec Na_2SO_4 pour éliminer l'eau résiduelle. Après l'évaporation de l'acétate d'éthyle, le matériel restant a été dissous dans 1 volume de méthanol, et les résidus huileux ont été écartés dans le méthanol. Un biosurfactant brut a été obtenu de l'évaporation du méthanol. Ces procédures ont abouti à environ 100 g de biosurfactant brut. En outre le biosurfactant été purifié par chromatographie d'adsorption sur une colonne de gel de silice et de préparation par la chromatographie liquide à haute pression (HPLC). Le biosurfactant est élué par chloroforme-méthanol (90:10) de la première chromatographie sur la colonne de gel de silice, et avec le chloroforme-méthanol (95:5) pour la deuxième chromatographie sur la colonne de gel de silice. Une préparation HPLC a été réalisée sur la phase normale de gel de silice sur colonne avec une phase mobile de chloroforme-méthanol (96:4) à un débit de 2,0 ml / min. La séparation était sous la surveillance de détection par UV à 248 nm. Enfin 1g de biosurfactant purifié a été obtenu à partir de 25g de biosurfactants brut (Kim et al., 1999).

Il est possible d'acidifier le milieu puis d'extraire le tensioactif par un mélange de solvants (chloroforme/méthanol). Généralement, l'acidification permet une précipitation du tensioactif. Suite à cette précipitation, une étape de centrifugation puis de lavage est nécessaire pour récupérer et purifier le tensioactif (Gabet, 2004).

Une rhamnolipide a été récupérée du surnageant de la culture après le prélèvement de cellules par centrifugation à 6,800 g pendant 20 min. Ensuite elle a été précipitée par

l'acidification du surnageant à pH 2.0 et de centrifugation à 12,100 g pendant 20 min. Le précipité est dissous dans 0.05 M bicarbonate (pH 8.6), reacidifié, et recentrifugé à 12,100 x g pendant 20 min. Après centrifugation, le précipité est extrait au chloroforme-éthanol (2:1) pendant trois heures. Le solvant organique a été évaporé sur un évaporateur rotatif, et les résidus huileux jaunâtres ont été dissous en bicarbonate de 0,05 M (pH 8.6). La concentration de biosurfactant a été estimée indépendamment de la mesure de la tension superficielle et de la mesure de L-rhamnose (Zhang et Miller, 1992).

Reiling et al. (1986) ont réalisé une adsorption sur de l'Amberlite XAD-2 suivie d'une purification et d'une lyophilisation, donnant des rendements variant de 60 à 90 % en pureté (Gabet, 2004).

La capacité des biosurfactants à s'agréger aux surfaces a également été utilisée pour les retenir sur des membranes de filtration. Par exemple, une membrane XM-50, dont le seuil de coupure est de 5000 D, a été utilisée sur une surfactine pure à 97 % et un taux de récupération de 98 % est obtenu, alors qu'une membrane avec un seuil de coupure plus élevé (10 000 D) fournit un rendement de récupération de 92 % (Gabet, 2004).

CHAPTER

III

I. Les applications des biosurfactants

Au cours des dernières années, l'intérêt croissant des biosurfactants est dû à leur propriétés fonctionnelles à large gamme (Desai et Patel, 1994). Plusieurs applications des biosurfactants ont été spéculées. Cependant à l'heure actuelle, ils ont un fort potentiel dans l'industrie, l'environnement et dans le domaine médical.

I.1. Les applications industrielles des biosurfactants

Les applications industrielles des biosurfactants sont diverses. Ceci est peut être dû à leur biodégradabilité et capacité de fonctionner sous des conditions diverses (Van Dyke et al, 1991).

I.1.1. Les applications dans l'industrie pétrolière

- Aspect général

Les biosurfactants sont des composés stables et présentent de nombreux avantages comparés aux surfactants chimiques. Leur importance dans des industries diverses est due, notamment, à leur pouvoir d'émulsification, mouillage, formation de mousse, solubilisation et réduction de viscosité (Banat, 2000). Les biosurfactants sont biodégradables et peuvent également améliorer la biodégradation de pétrole en augmentant la biodisponibilité de composés hydrophobes (Ron et Rosenberg, 2002).

Il y a une croissance de la demande en pétrole dans le monde actuel. Selon Wiens (1996), le déversement de pétrole peut être causé par des échecs d'opérations diverses, pannes d'équipement, accidents ou par des catastrophes naturelles pendant la production, le transport, le stockage et l'utilisation du pétrole. Les déversements de ce dernier sur terre, dans les cours d'eau et les océans pose des problèmes majeurs pour l'environnement (Wiens, 1996).

L'utilisation des biosurfactants pour le nettoyage des déversements de pétrole implique la réduction de la tension interfaciale pétrole-eau, permettant son émulsification. Les émulsions stables se forment car les biosurfactants réduisent la tension interfaciale entre les interfaces et le pétrole. Cet effet peut être accompli par l'addition de cultures microbiennes aux environnements contaminés ou par l'addition de biosurfactants (Banat, 2000).

Les biosurfactants sont également utiles dans la solubilisation et l'élimination de pétrole du sable et des boues dans les réservoirs de stockage de pétrole (Banat 2000). Dans des études sur la décontamination en laboratoire, il a été possible d'éliminer plus de 80 % du pétrole à 50°C en utilisant une solution de rhamnolipide (Urum et al., 2005). De point de vue écologique, l'utilisation des biosurfactants est démontrée dans le cas de systèmes clos, mais elle reste spéculative dans l'environnement, en plein air. Le mécanisme précis de la récupération du pétrole in situ n'est pas clair et n'est pas rentable de point de vue économique (Banat 2000).

Le potentiel d'améliorer la biodisponibilité de composés organiques par les biosurfactants peut être expliqué par l'un des mécanismes suivants (Jones, 1997):

1. Les biosurfactants pourraient agir pour disperser les hydrocarbures liquides, en provoquant l'augmentation de leur quotient (taux) surface-volume.

2. Un deuxième phénomène serait l'augmentation de la solubilité du polluant issue de la formation de micelles.
3. Un troisième mécanisme serait l'interaction des biosurfactants avec des surfaces solides et/ou directement avec des contaminants fixés, ce qui permet au polluant de passer du solide à la phase aqueuse.

Kosaric (1992) a indiqué que la présence d'un biosurfactant durant l'extraction de pétrole permet de réduire les tensions de surface et interfaciale du pétrole dans le réservoir, ce qui facilite l'écoulement du pétrole à travers les pores du réservoir, pendant les opérations de récupération par eau ou vapeur d'eau.

- Traitement d'adsorbants destinés à la réutilisation

Il y a de plus en plus une tendance à réutiliser les produits ou matériaux, qui ont toujours été rejetés après une seule utilisation à un usage unique (Peaslee et Roberts, 1997). Les surfactants sont bien connus dans le nettoyage des matériaux fibreux (Azemar et al., 1993). Il a été démontré que le lavage par biosurfactants présente un potentiel important dans la réutilisation des adsorbants usagés (Wei et al., 2007).

Beaucoup d'efforts ont été faits pour combattre les déversements de pétrole et en parallèle des processus divers ont été développés pour l'élimination du pétrole de zones contaminées. Parmi ces processus figure la récupération mécanique à l'aide d'adsorbants poreux. Ceux qui utilisent des matériaux non tissés sont les plus répandus (Teas et al., 2001). Les zones poreuses de l'adsorbant non tissé assistent le transport du pétrole du lieu de déversement à l'adsorbant. Après ce processus de fixation, les adsorbants peuvent être alors l'objet de traitements ultérieurs. Cependant, une bonne proportion d'adsorbants utilisés dans ces processus serait destinée à des sites d'enfouissement ou d'incinération. Ceci pourrait devenir une nouvelle source de pollution ou entraîner une augmentation du coût de récupération. L'efficacité de nettoyage a pu atteindre 95% (Wei et al., 2007).

- Quelques espèces bactériennes impliquées

Pseudomonas aeruginosa GL1 produisant un glycolipide, a été isolé d'un sol contaminé par des composés polycycliques aromatiques d'hydrocarbures provenant d'une station de gaz. Ce glycolipide se composait de quatre rhamnolipides qui étaient un mélange de rhamnose et d'acides gras. Cette bactérie était capable de survivre après de nombreuses cultures successives dans un milieu de croissance contenant des hydrocarbures polycycliques aromatiques purs (Marchal et Vandecasteele, 1996).

Un procédé permettant l'utilisation de pétrole brut par des populations bactériennes mixtes a été décrit par Georges (1985). Ce procédé comprend la pré-emulsification du substrat suivie par une ultrafiltration dont le résultat était des concentrations cellulaires fortes et des taux de dégradation élevés. Tous les constituants du pétrole étaient utilisés par les bactéries de manière non sélective.

Mendes et al. (2007) ont étudié l'activité de surfactants produits par des bactéries vivant dans un sol tropical contaminé par des produits pétroliers. Ces chercheurs ont trouvé que des bactéries à potentiel fluidifiant peuvent être isolées de sol tropical.

Bredholt et al. (2002), ont examiné l'oxydation des alcanes, l'extrême hydrophobicité de la surface cellulaire et l'émulsion du pétrole brut chez la souche 094 de *Rhodococcus sp.* Ils ont montré que les composés qui induisaient cette capacité d'émulsion du pétrole induisaient en même temps le cytochrome P₄₅₀ responsable du système d'oxydation des alcanes ainsi que de la transition de faible à élevée de l'hydrophobicité de la surface cellulaire.

En outre, ils ont suggéré que la production de composés capables de l'émulsification du pétrole brut nécessitait des sources externes d'azote et de phosphate.

I.1.2. Utilisation des biosurfactants en agriculture

Le potentiel d'utilisation de biosurfactants pour protéger les cultures agricoles contre des agents pathogènes est bien connu. D'autre part, une réglementation de plus en plus rigoureuse de l'usage des pesticides rend nécessaire le développement de stratégies alternatives pour lutter contre certains agents pathogènes, d'où l'intérêt en l'exploitation de biosurfactants en agriculture. De Roissart et al. (1994) on montré que l'établissement d'une population bactérienne mixte composée d'espèces de *Bacillus* et *Lactobacillus* dans des lisiers et litières a permis l'élimination de bactéries pathogènes grâce à une action conjuguée d'acide lactique et de biosurfactants.

En ce qui concerne les champignons pathogènes, ceux possédant des zoospores sont parmi les agents pathogènes des racines les plus destructeurs. Nielson et al. (2006) ont évalué l'effet des biosurfactants rhamnolipide et saponine sur les champignons pathogènes possédant des zoospores. Ces chercheurs ont indiqué que l'efficacité des biosurfactants à combattre la pourriture des racines. L'addition de rhamnolipide ou saponine à la solution recyclée d'un surfactant, qui tue les zoospores de façon sélective, arrêta complètement la dissémination de l'agent pathogène.

I.1.3. Utilisation des biosurfactants dans l'industrie cosmétique

Grâce à leur pouvoir tensioactif et leur stabilité sur un écart important de températures, de valeurs de pH et de salinité, les tensioactifs montrent des caractéristiques importantes pour les applications cosmétiques (Brown, 1991).

Les biosurfactants sont connus d'avoir des avantages vis-à-vis les tensioactifs synthétiques. Leur pouvoir d'irritation est réduit et ils ont une compatibilité avec la peau (Kosaric, 1992). Les rhamnolipides en particulier sont en train d'être utilisés comme additifs et dans la préparation de liposomes et d'émulsions dans l'industrie cosmétique (Ishigami et Suzuki, 1997). Inoue (1988) a montré que les sophorolipides produits par *Torulopsis bombicola* ont été mis en réaction avec des oxydes d'alcyne pour produire un groupe à longue chaîne: alcyne-sophorolipides. Ces composés modifiés pourraient compléter le facteur hydratant naturel et avaient une compatibilité avec la peau humaine.

Les sophorolipides présentent, en outre, des activités biologiques élevées s'avérant particulièrement intéressantes pour le traitement esthétique de la peau (Maingault, 2003).

L'invention de ce chercheur décrit et exemplifie les sophorolipides en tant qu'agent de protection des cheveux et de la peau. Il indique également que les sophorolipides ont déjà été utilisés sous la forme lactone en cosmétique dans le traitement anti-pelliculaire des cheveux et comme agents bactériostatiques dans les déodorants.

I.2. Les applications des biosurfactants dans l'environnement

La plupart des travaux sur les applications des biosurfactants ont mis l'accent sur leur utilisation dans des applications environnementales en raison de leur diversité, et de leur nature respectueuse de l'environnement (Rodrigues, 2006b). Contrairement aux agents tensioactifs synthétiques, les composés microbiens sont facilement dégradés et, en particulier, adaptés pour des applications environnementales telles que la biorestauration (la bioremediation) des polluants (Nitschike et Costa, 2007).

La pollution de l'environnement aquatique et du sol est un problème planétaire qui peut résulter d'une absorption et accumulation des toxiques chimiques dans les chaînes alimentaires (Makkar et Rockne, 2003). Les traitements biologiques des sols pollués par des produits organiques nécessitent de favoriser l'accessibilité des polluants aux agents microbiens. Parmi les différentes techniques envisagées, l'injection de solution, de composés tensioactifs, d'origine chimique ou biologique, augmente généralement la solubilité apparente des polluants et par conséquent leur mobilité dans les sols (Hanna, 2004).

L'utilisation de tensioactifs chimiques peut avoir des conséquences négatives sur l'environnement, certains étant toxiques à doses élevées et faiblement biodégradables, les surfactants biologiques offrent alors une alternative intéressante en présentant souvent un faible impact environnemental ainsi que des propriétés physico-chimiques comparables. Ils sont généralement biodégradables et non toxiques (Bordas et Lafrance, 2001).

Le mode d'action des biosurfactants, utilisés à des concentrations relativement élevées, consiste principalement en des phénomènes de dispersion et de solubilisation (mobilisation) liés à la formation de micelles. De nombreuses études indiquent que l'addition de biosurfactants dans des systèmes sol-eau permet la solubilisation des HAP adsorbés à la surface des particules du sol par incorporation des polluants organiques dans les micelles de biosurfactants (Hanna, 2004).

La concentration de la solution tensioactive utilisée est un paramètre déterminant pour l'efficacité de la mobilisation. Pour des concentrations supérieures à la Concentration Critique Micellaire (CMC) la mobilisation augmente avec la concentration du surfactant d'autres paramètres chimiques, tel que le pH et la force ionique, peuvent influencer sur l'efficacité du surfactant en modifiant la configuration des micelles et les interactions entre le surfactant et le sol (Bordas et Lafrance, 2001).

Dans le cas de traitements in-situ, l'injection de ces tensioactifs dans le sol nécessite de bien contrôler leur dispersion dans le milieu souterrain de façon à éviter la migration en profondeur de composés indésirables. L'emploi de ces agents est notamment approprié dans le cas de traitement hors-site dans lequel le sol est excavé, lessivé avec les tensioactifs puis remis en place (Hanna, 2004).

Les applications des surfactants dans la bioremédiation de sol ont besoin d'une connaissance précise de l'écologie microbienne du sol aussi bien que le sort et le transport des contaminants et des surfactants dans les systèmes environnementaux.

Jusqu'ici, une meilleure connaissance des interactions biosurfactants-HAP est requise pour améliorer notre aptitude à prédire le destin de ces composés et pour mener au développement de plus de stratégies de remédiation efficaces pour la biorestauration des sols contaminés (Makkar et Rockne, 2003).

La pollution de la mer par le pétrole brut, spécialement causée par les fuites des pétroliers, est un problème urgent et sérieux dans le monde entier. La biodégradation des hydrocarbures par des populations microbiennes est le premier mécanisme par lequel les contaminants hydrocarbures sont démenagés de l'environnement marin.

Les biosurfactants ont été prouvé comme des promis agents pour la bioremédiation des hydrocarbures, particulièrement les huiles polluants de l'environnement marin, néanmoins les métabolites de processus de bioremédiation exposent des toxicités à certains organismes marins, donc des rares microorganismes seraient masquées forcement à la bioremédiation sans causer des effets contraires (Maneerat, 2005). Actuellement, l'utilisation de biosurfactants dans des procédés de dépollution est principalement limitée par leur coût de production élevé (Bordas et Lafrance, 2001).

I.3. Les applications médicales des biosurfactants

L'utilisation et le potentiel d'application commerciale des biosurfactants dans le domaine médical a augmenté au cours de la dernière décennie, et malgré leur origine biologique seulement peu d'études ont été exécutées sur les applications apparentées au terrain biomédical (Rodrigues et al., 2006a).

Une propriété utile de plusieurs biosurfactants qu'elle n'a pas été revue largement est leur activité antimicrobienne. Plusieurs biosurfactants ont une forte activité antibactérienne, antifongique, et virucide, autres usages médicaux des biosurfactants comme leur rôle comme des agents antiadhésifs les rendent prometteuses pour le traitement de plusieurs maladies et comme des agents thérapeutiques et probiotiques (Singh et Cameotra, 2004). En outre leur utilité comme des agents antiadhésifs de recouvrement convenables pour l'insertion médicale des étoffes conduisant à une réduction dans le nombre d'infections nosocomiales sans l'utilisation de médicaments synthétiques et de produits chimiques (Rodrigues et al., 2006a).

I.3.1. Les activités antimicrobiennes des biosurfactants

Les activités antimicrobiennes des biosurfactants ont été rapportés dans la littérature, plusieurs biosurfactants ont montré des actions antimicrobiennes contre les bactéries, les champignons, les algues, et les virus (Rodrigues et al., 2006a ; Muthusamy et al., 2008).

Une des premières activités antimicrobiennes des biosurfactants était notée par l'iturin A, un lipopeptide antifongique puissant produit par des souches de *B. subtilis*, dans les cellules des levures, l'iturin A dissocie la membrane du plasma par la formation des petites vésicules et l'agrégation des particules intramembranaires (Singh et Cameotra,

2004), ainsi un membre d'iturin comme le groupe de biosurfactant a le potentiel d'être utilisé comme agent antifongique puissant alternatif (Rodrigues et al., 2006a).

Les sophorolipids et les rhamnolipids sont des agents antifongiques contre les champignons pathogéniques, le lipide Mannosylerythritol (LME), est un surfactant glycolipidique produit par *Candida antartica*, il démontrait des activités antimicrobiennes particulières contre les bactéries Gram- positives (Nitschke et Costa, 2007).

Les effets antibactériens et antiphytovirales de plusieurs rhamnolipides ont été décrits dans différentes littératures. Sept différents rhamnolipides sont identifiés dans des cultures de *Pseudomonas aeruginosa* AT10, ceux-ci montrent des propriétés antifongiques excellentes contre plusieurs champignons (Rodrigues et al, 2006a) tel que *Aspergillus niger*, *Chaetonium globosum*, et *Penicillium crysogenum* et ont aussi des activités inhibitrices contre plusieurs bactéries *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Alcaligenes faecalis* et *Staphylococcus epidermidis*. Les rhamnolipides inhibent la croissance des espèces d'algues nocives, *Heterosigma akashivo* et *Protocentrum dentatum* (Muthusamy et al., 2008).

1.3.2. Les activités antiadhésives des biosurfactants

Les biosurfactants ont été trouvés capables d'inhiber l'adhésion des organismes pathogènes aux surfaces solides ou aux sites d'infections, l'adhésion prioritaire des biosurfactants à des surfaces solides peut constituer un nouveau moyen efficace pour combattre les colonisations des microorganismes pathogènes (les biofilms) (Rodrigues et al., 2006a).

Les biofilms bactériens présents dans les surfaces des aliments industrielles sont des sources potentiels de plusieurs contaminations qui peuvent conduire à la détérioration des aliments et à la transmission des maladies, de cette façon le contrôle de l'adhérence des microorganismes au contact des surfaces d'aliments est un pas essentiel dans le compartiment de la nourriture et de la qualité des produits pour les consommateurs (Muthusamy et al., 2008).

Les rhamnolipides font une rupture du biofilm de *Bordetella bronchiseptica* et il a trouvé récemment, que la présence de caoutchouc de silicone est conditionnée avec les rhamnolipides pour la réduction dans les taux d'adhésion de *Streptococcus salivarius* et *Candida tropicalis* par 66% (Nitschke et Costa, 2007).

La surfactine réduit l'épaisseur d'un biofilm constitué par *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enterica*, *E. coli* et *Proteus mirabilis* sur le cathéter urétral, en addition l'utilisation de lactobacilli comme un probiotique pour l'empêchement des infections urogénitales a été étudié largement. Le rôle des espèces *Lactobacillus* dans le tractus urogénital femelle comme une barrière aux infections a un intérêt considérable. Ces organismes cotisent à contrôler les micro-organismes vaginaux par la rivalité des autres microorganismes à l'adhérence aux cellules épithéliales et par la production des biosurfactants (Rodrigues et al., 2006a).

Le surfactant libéré par *Streptococcus thermophilus* avait été utilisé pour le contrôle d'encrassement des plaques échangeurs de chaleur dans le pasteurisateur comme il retarde la colonisation d'autres souches thermophiles de *Streptococcus* responsables à l'encrassement (Nitschke et Costa, 2007). Le biosurfactant de *P. fluorescens* inhibait l'adhésion de *Listeria monocytogenes* LO28 au Polytétrafluoroéthylène et à des surfaces en acier inoxydable (Singh et Cameotra, 2004).

Le rôle des surfactants dans la défense contre les infections et les inflammations dans le corps humain est un phénomène bien connu, le surfactant pulmonaire est un lipopeptide complexe synthétisé et sécrété par les cellules épithéliales des poumons dans l'espace extracellulaire où il réduit la tension de surface à l'interface air-liquide des poumons et il représente le facteur clé contre les infections et les inflammations des poumons (Rodrigues et al., 2006a).

I.3.3. Les activités anticancéreuses des biosurfactants

L'exposition des cellules B16 aux LME résulte en une condensation de la chromatine et la fragmentation d'ADN est arrêtée (la succession des événements d'apoptose). C'est ça la première preuve que la croissance arrête, l'apoptose et la différenciation des mélanomes malignes des cellules des souris peuvent être provoquées par les glycolipides (Muthusamy et al., 2008).

LME a été impliqué dans l'induction de la différenciation neuronale des cellules PC12 et par conséquent fournit des bases pour l'utilisation des glycolipides comme des agents de traitement des cellules cancéreuses (Rodrigues et al., 2006a). Les effets cytotoxiques de sophorolipide sur les cellules cancéreuses de H7402, A549, HL60 et K562 ont été étudiées par l'essai MTT, ce résultat suggère que les sophorolipides produits par *Wickerhamiella domercqiae* ont une activité anticancéreuse (Muthusamy et al., 2008).

I.3.4. Les activités virucides des biosurfactants

Plusieurs études indiquent que la surfactine est active contre plusieurs virus : le virus de la forêt de semliki, le virus de l'herpès simplex (HSV), le virus de la stomatite vésiculeuse, le virus de déficience immunitaire du singe, le calicivirus félin, et le virus d'encephalomyocardite murin. L'inactivation des virus enveloppés spécialement les virus de l'herpès et les (rétrovirus), est plus efficace que l'inactivation des virus non enveloppés (Singh and Cameotra, 2004).

L'incidence majorée de virus d'immunodéficience humaine (VHI) est identifiée chez les femmes âgées entre 15-49 années. Pour rejoindre ce défi, les sophorolipides produits par *C. bombicola* ont été étudiés pour leur effet spermicide, anti-HIV et les activités cytotoxiques. Le sophorolipide diacétate éthyle ester dérivé est l'agent le plus spermicide et virucide parmi les sophorolipides étudiées. Son activité virucide contre HIV et son activité à immobiliser les spermatozoïdes dans le sperme humain sont semblables à celles de nonoxynol-9 (Muthusamy et al., 2008).

Les biosurfactants ne sont pas seulement utilisés comme des agents antimicrobiens, antiadhésifs, et virucides mais ils ont aussi le potentiel d'être utilisés

ChapitreII

comme des molécules immunomodulatrices majeurs, et encor dans les vaccins et la thérapie génique.

Parce qu'ils sont biologiques et sans danger, les biosurfactants sont convenables aux médicaments synthétiques et aux agents antimicrobiens, et peuvent être utilisés comme des agents thérapeutiques efficaces ou probiotiques (Singh and Cameotra, 2004).

Quoiqu'il y a une augmentation potentielle des applications des biosurfactants dans le domaine biomédicale, certaines de ces molécules peuvent causer des risques sur le corps humain. Pour l'instant *P. aeruginosa* est une bactérie responsable de plusieurs infections nosocomiales sévères (Rodrigues et al., 2006a).

CONCLUSION

Conclusion

Les biosurfactants sont des molécules biotechnologiques importantes produites à partir de microorganismes (bactéries et levures), ils sont classés en plusieurs types: les glycolipides, les phospholipides, les lipopeptides...), leur effet direct sur la tension interfaciale leur ouvre un champ d'applications très large, en industrie, en médecine et à l'environnement.

La présence d'études a suscité beaucoup d'informations importantes sur l'évolution de la production des biosurfactants par de nouvelles souches isolées et de leurs propriétés physico-chimiques du produit. Toutefois, les informations disponibles sont encore limitées en ce qui concerne leurs mécanismes de biosynthèse et leurs caractéristiques structurelles.

Les biosurfactants ont plusieurs avantages par rapport aux produits chimiques de surface comme l'abaissement de la toxicité, biodégradabilité supérieure, une meilleure compatibilité avec l'environnement, plus de sélectivité et de densité à des températures extrêmes, le pH, la salinité et la capacité d'être synthétisées à partir de matières premières renouvelables. C'est pourquoi la demande en biosurfactants augmente de plus en plus de jour en jour, mais, malheureusement le coût de la production des biosurfactants est très élevé c'est pour ça le monde s'est orienté vers la production de surfactants chimiques car ils sont peu coûteux.

B
I
B
L
I
O
G
R
A
P
H
I
E

Références

- ABOUSEOUD M.R., MAACHI A.A., BOUDERGUA S. and NABI A.** (2008). Evaluation of different carbon and nitrogen sources in production of biosurfactant by *Pseudomonas fluorescens*. *Desalination*. 223: 143–151.
- AL-ÁRAJI L., ABD. RAHMAN R.N., BASRI M and SALLEH A.B.** (2007). Microbial Surfactants. *Asia Pacific J. Mol. Biol. Biotechnol.* 15: 99-105.
- AZEMAR N., CARRERA I. and SOLANS C.** (1993). Studies on textile detergency at low temperature. *J. Dispersion Sci. Technol.* 14: 645-660.
- BANAT I.M.** (2000). Potentials for use of biosurfactants in oil spills cleanup and oil bioremediation. *Water Studies*. 8: 177-185.
- BANAT I.M., MAKKAR R. S. and CAMEOTRA S. S.** (2000). Potential commercial application of microbial surfactants. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 53: 495-508.
- BORDAS F. et LAFRANCE P.** (2001). Utilisation de biosurfactants (rhamnolipides) pour le traitement d'un sol sableux contaminé par le pyrène. *Étude et Gestion des Sols*. 8: 181-188.
- BREDHOLT H. and EIMHJELLEN K.** (2002). Induction and development of the oil emulsifying system in an alkane oxidizing *Rhodococcus* species. *Can. J. Microbiol.* 45: 700–708.
- BROWN M.J.** (1991). Biosurfactants for cosmetic applications. *Inter. J. Cosmetic. Sci.* 13: 61-64.
- BRYANT F.O.** (1990). Improved Method for the Isolation of Biosurfactant Glycolipid from *Rhodococcus* sp. Strain H13A. *Appl. Environm. Microbiol.* 56: 1494-1496.
- CHA M., LEE N., KIM M., KIM Mia and Lee S.** (2008). Heterologous production of *Pseudomonas aeruginosa* EMS1 biosurfactant in *Pseudomonas putida*. *Bioresource Technology*. 99: 2192-2199.
- CHRISTOVA N., TULEVA B., LALCHEV Z., JORDANOVA A., and JORDANOV B.** (2004). Rhamnolipid Biosurfactants Produced by *Renibacterium salmoninarum* 27BN During Growth on n-Hexadecane. *Z. Naturforsch.* 59 : 70-74.
- DE-ROISSART H., DELLAGIO F., TORRIANI S., CURK M.C., JANSSENS D.** (1994). Taxonomie, métabolisme, croissance et génétique des bactéries lactiques. In H. de Roissart, FM. Luquet (Eds.). *Bacteries lactiques*. Uriage, France: Loriga. 1: 23–116.
- DESAI J.D. and BANAT I.** (1997). Microbial Production of Surfactants and Their Commercial Potential. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 61: 47–64.

DESAI A.J. and **DESAI J.D.** (1993) Production of biosurfactant in : **KOSARIC N.**(editor) Biosurfactant: Surfactants science series.Vol 48. M Dkker, New York (ISBNO – 8247- 8811-7) p 65-97.

DESAI A.J. and **PATEL R.M.** (1994). Advances in the production of biosurfactants and their commercial applications. J. Sci. Ind. Res. 53: 619-629.

DÉZIEL E., LÉPINE F., MILOT S. and **VILLEMUR R.** (2003). rhIA is required for the production of a novel biosurfactant promoting swarming motility in *Pseudomonas aeruginosa*: 3-(3-hydroxyalkanoyl oxy) alcanoic acids (HAAs) the precursors of rhamnolipids. J. Bacteriol. 149: 2005-2013.

GABET S. (2004). Remobilisation d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique.1-186. Thèse de Doctorat, Université de Limoges.

GARRIGUE J.S. (2002). Les systemes autoemulsinnants pour l'administration orale de principes actifs lipophiles: Influence de la formulation sur les aspects biopharmaceutiques. 1-83. Thèse de Doctorat. Univercité de Paris XI.

GEORGES M. (1985). Production of biosurfactants by a mixed bacteria population grown in continious culture on crude oil. Biotechnology letters. 7: 217-222.

GORDON BROWN P., HILDERBRAND P.D., Ells T. C. and **Kobayashi D. Y.** (2001). Evidence and characterisation of a gene cluster required for the production of viscosin, a lipopeptide biosurfactant, by a strain of *Pseudomonas fluorescens*. Can. J. Biotechnol. 47 : 294-301.

GUNTHER IV N.W., NUNEZ A., FETT W. and **SOLAIMAN D.K.Y.** (2005). Production of Rhamnolipids by *Pseudomonas chlororaphis*, a Nonpathogenic Bacterium. Appl. Environ. Microbiol. 71: 2288–2293.

HANNA K. (2004). Etude de faisabilité de l'utilisation de molécules « cage » dans la dépollution des sols : solubilisation et extraction de polluants organiques par les cyclodextrines. 1-287. Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

HERNANDEZ OCHOA L.R. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « Solvant/Actif » d'origine végétale. 1-225. Thèse de Doctorat, L'institut National Polytechnique de Toulouse.

HEWALD S., LINNE U., SCHERER M., MARAHIEL M.A., KAMPER J. and **BOLKER M.** (2006). Identification of a Gene Cluster for Biosynthesis of Mannosylerythritol Lipids in the *Basidiomycetous Fungus* *Ustilago maydis*. App. Environ. Microbiol. 72: 5469-5477.

- INOUE S.** (1988). Biosurfactants in cosmetic applications. Proceedings of the World Conference on Biotechnology for the Fats and Oils Industry. Am. Oil Chem. Soc. 38: 206-10.
- ISHIGAMI Y., SUZUKI S.** (1997). Development of biochemical-functionalization of biosurfactants and natural dyes. Prog. Org. Coatings. 31: 51–61.
- JONES W.** (1997). Recombinant Acylheptapeptide Lichenysin: High Level of Production by *Bacillus subtilis* Cells. J. Mol. Microbiol. Biotechnol. 2 : 217-224.
- KARANTH N. G. K., DEO P. G. and VEENANADIG N. K.** (1999). Microbial production of biosurfactants and their importance. Curr. Sci., 77: 116–123.
- KIM S., YOON B.D., Choung D.H. and Oh H.M.** (1999). Characterization of a biosurfactant, mannosylerythritol lipid produced from *Candida* sp. SY16. App. Microbiol. Biotechnol. 52: 713-721.
- KOSARIC N.** (1992). Biosurfactants in Petroleum Processing Industries. Pure & Appl. Chem. 64: 1731-1737.
- KOSARIC N.** (2001). Biosurfactants and their Applications for Soil Bioremediation. Food Technol. Biotechnol. 39: 295-304.
- LANG S. and WULLBRANDT D.** (1999). Rhamnose lipids-biosynthesis, microbial production and application potential. Appl. Microbiol. Biotechnol. 51: 22-32.
- MAINGAULT M.** (2003). Utilization of sophorolipids as therapeutically active substances or cosmetic products, in particular for the treatment of the skin. App. Microbiol. Biotechnol. 56: 514-25.
- MAIER R.M. and SOBERÔN-CHÀVEZ G.** (2000). *Pseudomonas aeruginosa* rhamnolipids: biosynthesis and potential application. Appl. Microbiol. Biotechnol. 54: 625-633.
- MAKKAR R. S. and CAMEOTRA S. S.** (1997). Utilization of Molasses for Biosurfactant Production by Two *Bacillus* Strains at Thermophilic Conditions. JAOCS. 74: 887–889.
- MAKKAR R.S. and ROCKNE K.J.** (2003). Comparison of syntetic surfactants and biosurfactants in enhancing biodegradation of plicyclic aromatic hydrocarbonts. Environ. Toxicol. Chem. 22: 2280-2292.
- MANEERAT S.** (2005). Biosurfactants from marine microorganisms. J. Sci. Technol. 27: 1263-1272.

- MARCHAL A.R. and VANDECASTEELE J.P. (1996). Identification and production of a rhamnolipidic biosurfactant by a *Pseudomonas* species. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 45:162-168.
- MEDINA G., JUÀREZ K., VALDERRAMA B. and SOBERÓN-CHÀVEZ G. (2003). Mechanism of *Pseudomonas aeruginosa* RhlR transcriptional regulation of the rhlAB promoter. *J. Bacteriol.* 185: 5976-83.
- MENDES. M. B., TEIXERA D.J.C., CACIA F.A., COSTA A.R., RENATO R., LOPES L. and PASSOS R. (2007). Microbial surfactant activities from a petrochemical landfarm in a humid tropical region of Brazil. *Can. J. Microbiol.* 53: 937-943.
- MISUM C., NAEUM L., MINJU K., MIA K. and SANGJOON L. (2008). Heterologous production of *Pseudomonas aeruginosa* EMS1 biosurfactant in *Pseudomonas putida*. *Bio resources Technol.* 99: 2192-2199.
- MORITA T., KONISHI M., FUKUOKA T., IMURA T. and KITAMOTO D. (2006). Analysis of expressed sequence tags from the anamorphic *basidiomycetous* yeast, *Pseudozyma antarctica*, which produces glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids. *J. Microbiol. Virology.* 23: 661-7.
- MORITA T., KONISHI M., FUKUKA T., IMURA T., YAMANATA S., KITAGAWA M., SOGABE A. and KITAMOTO D. (2008). Identification of *Pseudozyma graminicola* CBS 10092 as a Producer of Glycolipid Biosurfactants, Mannosylerythriol Lipids. *J. Oleo. Sci.* 57: 123-131.
- MOUSSA T.A.A., AHMED M.G. and ABDEL-HAMID M-S.S. (2006). Optimization of Cultural Conditions for Biosurfactant Production from *Nocardia amarae*. *J. Appl. Sci. Res.* 2: 844-850.
- MUTHUSAMY K., GOPALAKRISHNAN S., KOCHUPAPPY R.T. and SIVACHIDAMBARAM P. (2008). Biosurfactants: Properties, commercial production and application. *Curr. Sci.* 94: 736-747.
- NIELSEN C.J., FERRIN D.M. and STANGHELLINI M.E. (2006). Efficacy of biosurfactants in the management of *Phytophthora capsici* in recirculating cultural systems. *Can. J. Plant. Pathol.* 28:450-460.
- NITSCHKE M. and COAST S.G. (2007). Biosurfactants in food industry. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 252–259.
- OSHNER U.A., FIECTHER A. and REISER J. (1994). Isolation, Characterization, and Expression in *Escherichia coli* of the *Pseudomonas aeruginosa* rhlAB Genes Encoding a Rhamnosyltransferase Involved in Rhamnolipid Biosurfactant Synthesis. *J. Biol. Chem.* 269: 19787-19795.

Références

OHNO A., ANO T. and SHODA M. (1995). Production of a lipopeptide antibiotic, surfactin, oil filters for recycling. *Biotechnol. Bioeng.* 47: 209-214.

PATEL R.M. and DESAI A.J. (1997). Surface-active properties of rhamnolipids from *Pseudomonas aeruginosa* GS3. *J. Basic. Microbiol.* 37: 281-286.

PEASLEE K.D. and ROBERTS D.E. (1997). Characterization of used automotive by recombinant *Bacillus subtilis* in solid state fermentation. *Biotechnol. Bioeng.* 47: 209-214.

PRUTHI V. and CAMEOTRA S.S. (1997). Production and properties of a biosurfactant synthesized by *Arthrobacter protophormiae* - an antarctic strain. *World. J. Microbiol. Biotechnol.* 13: 137-139.

RODRIGUES L., BANAT I.M., TEIXEIRAL J. and OLIVEIRA R. (2006a). Biosurfactants: potential applications in medicine. *J. Antimicrob. Chemother.* 57: 609-618.

RODRIGUES L., TEIXEIRA J., OLIVEIRA R. and MEI H.C. (2006b). Response surface optimization of the medium components for the production of biosurfactants by probiotic bacteria. *Process Biochem.* 41: 1-10.

ROGGIANI M. and DUBNAU D. (1993). ComA, a phosphorylated response regulator protein of *Bacillus subtilis*, binds to the promoter region of *srfA*. *J. Bacteriol.* 175: 3182-3187.

RON E.Z. and ROSENBERG E. (2002). Biosurfactants and oil bioremediation. *Curr. Opin. Biotech.* 13: 249-252.

SANTA ANNA L.M., SEBASTIAN G.V., MENEZES E.P. ALVES T.L.M., SANTOS A.S., Jr PEREIRA N. and FREIRE D.M.G. (2002). Production of biosurfactants from *Pseudomonas aeruginosa* PA1 isolated in oil environments. *Braz. J. Chem. Eng.* 19: 159-166.

SARUBO L. A., MARÇAL M. C., NEVES M. L. C., SILVA M. P. C., PORTO A. L. F. and COMPOS-TAKAKI G.M.C. (1997). Bioemulsifier Production in Batch Culture Using Glucose as Carbon Source by *Candida lipolytica*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 95: 59-67.

SINGH A., VAN HAMME J.D. and WARD O.P. (2007). Surfactants in microbiology and biotechnology: Part 2. Application aspects. *Biotechnol. Adv.* 25: 99-121.

SINGH P. and CAMEOTRA S.S. (2004). Potential applications of microbial surfactants in biomedical sciences. *Trends Biotechnol.* 22: 142-146.

**Thème : Les biosurfactants et leurs intérêts
biotechnologiques**

**Présenté par :
Boubertakh Rokia
Boulkhadra Aida
Bouaroura Loubna**

Résumé

Les biosurfactants sont des produits naturels fabriqués par de microorganismes cultivés sur des milieux de cultures, dans des conditions favorables (température, pH, source de carbone et source d'azote). Ils sont extraits par différentes méthodes selon le type de biosurfactant. Ils ont la capacité de réduire la tension superficielle et interfaciale. Ils ont aussi l'avantage d'être biodégradables, non toxiques et sont également efficaces par rapport à leurs analogues chimiques qui présentent un risque pour l'environnement. Les biosurfactants sont bien adaptés pour une large gamme d'applications telles que: les applications industrielles, médicales et environnementales. Leur importance dans l'industrie est due à leur pouvoir d'émulsification, mouillage, solubilisation et réduction de viscosité. Dans le domaine médical, les biosurfactants sont utilisés pour la formation des composés pharmaceutiques comme les antibiotiques, les anticancéreux et les anti-adhésifs. Et dans l'environnement, les biosurfactants jouent un rôle important dans la bioremediation des sols contaminés.

Mots clés: Biosurfactant. Rhamnolipide. *Pseudomonas*. Applications.

Abstract

Biosurfactants are natural products produced by microorganisms under favorable conditions of pH and temperature and in the presence of specific carbon and nitrogen sources. Their various methods of extraction depend on the type of biosurfactant. These compounds are tension-active, they have the capacity to reduce surface and interfacial tension while being as their synthetic counterparts, which pose a risk to the environment, they have the advantage of being biodegradable and non-toxic. Biosurfactants have a wide range of industrial, medical and environmental applications. Their importance in industry is due to their emulsifying, wetting, and solubilising properties as well as to their ability to reduce viscosity. In medicine, biosurfactants are used in the synthesis of pharmaceutical compounds such as antibiotics, anticancer drugs and antiadhesive agents. In the environment, biosurfactants play an important role in the bioremediation of contaminated soils.

Key Words: Biosurfactant. Rhamnolipid. *Pseudomonas*. Applications.

ملخص

تنتج المركبات الحيوية الفعالة سطحيا (المستحلبات الحيوية) من طرف الكائنات الحية الدقيقة تحت ظروف مناسبة من حرارة و في وجود مصدر كاربون و نيتروجين مناسب, تستخلص بعدة طرق حسب نوع المركب, لها القدرة على انقاص الشد السطحي وهي قابلة للتحلل و غير سامة و اكثر فعالية مقارنة بمثلتها الكيميائية التي تعد خطرا على البيئة.
للمركبات الحيوية الفعالة سطحيا استخدامات واسعة في الصناعة والطب والبيئة وترجع اهميتها في الصناعة الى قدرتها على التصبن والاماهة والدويان وانخفاض اللزوجة, تستعمل هذه المركبات في المجال الطبي في تصنيع المركبات الصيدلانية مثل: المضادات الحيوية والمضادات السرطانية ومضادات الالتصاق وتلعب دورا مهما في المجال البيئي في المعالجة الحيوية للتربة الملوثة.