

**Rapport final d'évaluation préalable sur la souche
ATCC 17587 de *Pseudomonas stutzeri***

**Environnement Canada
Santé Canada**

Janvier 2015

N° de cat. : En14-209/2015F-PDF
ISBN 978-0-660-23102-0

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'auteur. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec l'informathèque d'Environnement Canada au 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800 ou par courriel à enviroinfo@ec.gc.ca.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'environnement, 2015.

Also available in English

Sommaire

Conformément à l'article 74 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE (1999)], les ministres de l'Environnement et de la Santé ont procédé à une évaluation préalable de la souche ATCC 17587 de *Pseudomonas stutzeri*.

La souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* est une bactérie qui a des caractéristiques en commun avec d'autres souches de l'espèce *P. stutzeri* qui sont présentes dans la nature. *P. stutzeri* a la capacité de s'adapter et de prospérer dans le sol, les sédiments et l'eau. Il existe plusieurs utilisations possibles de *P. stutzeri* dans les secteurs domestique, industriel, commercial et agricole. Ces utilisations comprennent le traitement d'étangs et d'aquariums (pour la dégradation des déchets et le contrôle des odeurs), la gestion des déchets, le traitement des eaux usées, le nettoyage et la désodorisation des fosses septiques, le nettoyage et le dégraissage des canalisations, la biorestauration, la récupération de pétrole et de métaux précieux, ainsi que la production d'enzymes pour la fabrication d'aliments, de détergents, de textiles et de bioéthanol.

Malgré la présence répandue de *P. stutzeri* dans le sol, l'eau et à proximité des racines des plantes, un seul cas d'infection a été déclaré chez les vertébrés terrestres (le poulet); les cas ont été traités avec succès au moyen d'antibiotiques. Certaines souches de *P. stutzeri* ont des propriétés anti-algues, antibactériennes et antifongiques. L'essai expérimental avec la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* sur un collembole, un invertébré terrestre, a révélé une diminution importante de la survie des adultes et de la production de juvéniles à des concentrations qui peuvent être atteintes pendant les utilisations de biorestauration. Cependant, aucune preuve n'indique que les applications occasionnelles de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans le sol auront des effets négatifs à l'échelle des populations d'invertébrés terrestres.

Aucune infection humaine n'a été signalée concernant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure*. Certaines souches de *P. stutzeri* peuvent agir comme un agent pathogène opportuniste chez les humains sensibles. Comparativement aux autres agents pathogènes opportunistes de *Pseudomonas* étroitement apparentés, l'incidence des infections nosocomiales ou secondaires dues à *P. stutzeri* chez les individus ayant une immunité compromise ou une condition médicale sous-jacente est faible.

La présente évaluation prend en compte les caractéristiques de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* susmentionnées à l'égard des effets sur la santé humaine et l'environnement associés à l'utilisation de produits et des procédés industriels visés par la LCPE (1999), y compris les rejets dans l'environnement par l'entremise de flux de déchets et l'exposition humaine fortuite par l'intermédiaire des milieux naturels. Afin de mettre à jour les renseignements sur les utilisations actuelles, le gouvernement a lancé une enquête pour la collecte obligatoire de renseignements

en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999) [avis en vertu de l'article 71], qui a été publiée dans la Partie I de la *Gazette du Canada* le 3 octobre 2009. Les renseignements fournis en réponse à l'avis indiquent que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* n'a pas été importée ou fabriquée au Canada en 2008.

Compte tenu de tous les éléments de preuve contenus dans l'évaluation préalable, la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* présente un faible risque d'effets nocifs sur les organismes et sur l'intégrité globale de l'environnement. Il est conclu que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* ne répond pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) ou b) de la LCPE (1999), car elle ne pénètre pas dans l'environnement en une quantité, à une concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique, ou à mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie.

En outre, d'après les renseignements contenus dans l'évaluation préalable, il est conclu que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* ne répond pas aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE (1999), car elle ne pénètre pas dans l'environnement en une quantité, à une concentration ou dans des conditions qui constituent ou peuvent constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

Table des matières

Sommaire	iii
Introduction	1
Décisions d'autorités compétentes sur le plan national et international	1
Plan national	2
Plan international	2
1. Évaluation du danger	3
1.1 Caractérisation de <i>Pseudomonas stutzeri</i>	3
1.1.1 Identification taxonomique et historique de la souche	3
1.1.2 Caractéristiques phénotypiques et moléculaires	3
1.2 Propriétés biologiques et écologiques	7
1.2.1 Conditions de croissance	8
1.2.2 Cycle des éléments nutritifs	9
1.2.3 Aide à la croissance des plantes et lutte biologique	9
1.2.4 Biosorption des métaux et dégradation des composés organiques	10
1.2.5 Résistance aux métaux et aux agents chimiques	11
1.2.6 Transfert horizontal de gènes	11
1.3 Effets	14
1.3.1 Environnement	14
1.3.2 Humains	16
1.4 Gravité du danger	19
2. Évaluation de l'exposition	20
2.1 Sources d'exposition	20
2.2 Caractérisation de l'exposition	22
2.2.1 Environnement	22
2.2.2 Humains	23
Caractérisation des risques	26
Conclusion	28
Références	29
ANNEXES	39
A. Caractérisation de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i>	39
ANNEXE B : Éléments mobiles choisis dans <i>P. stutzeri</i>	44

Liste des tableaux

Tableau 1-1 Propriétés morphologiques de <i>P. stutzeri</i>	4
Tableau 1-2 Propriétés de croissance et biochimiques de <i>P. stutzeri</i>	5
Tableau 1-3 Assimilation de substrats sélectionnés par <i>P. stutzeri</i>	5
Tableau 1-4 Propriétés moléculaires de <i>P. stutzeri</i>	5
Tableau A-1 : Morphologie des colonies de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> sur gélose nutritive à différentes températures et périodes d'incubation.....	38
Tableau A-2 : Morphologie des colonies de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> dans un bouillon trypticase soya (BTS) à différentes températures et périodes d'incubation.....	39
Tableau A-3 : Croissance de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> dans des milieux liquides à différentes températures.....	39
Tableau A-4 : Caractéristiques de la croissance de la bactérie <i>P. stutzeri</i> sur des milieux solides à 37 °C.....	40

Liste des figures

Figure 1-1. Dendrogramme schématique résumant la structure intragénérique du genre <i>Pseudomonas</i> selon l'analyse des séquences <i>gyrB</i> et <i>rpoD</i> de 31 espèces valablement publiées. (adapté de Yamamoto <i>et al.</i> , 2000, reproduction autorisée)...	6
Figure 1-2 : Persistance de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> dans le sol, selon les analyses de la PCR quantitative de l'ADN du sol extractible (Adaptée de Xiang <i>et al.</i> , 2010, reproduction autorisée)	8
Figure A-1 : Analyse de l'ester méthylique d'acide gras (EMAG) de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> à l'aide de la base de données environnementales MIDI TSBA50	42
Figure A-2 : Analyse de l'ester méthylique d'acide gras (EMAG) de la souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> à l'aide de la base de données cliniques MIDI.....	43

Introduction

Conformément à l'alinéa 74b) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)], les ministres de l'Environnement et de la Santé sont tenus de procéder à l'évaluation préalable des organismes vivants inscrits sur la *Liste intérieure des substances* (LIS) commercialisés entre 1984 et 1986 afin de déterminer si lesdits organismes présentent ou sont susceptibles de présenter un risque pour l'environnement ou la santé humaine [d'après les critères énoncés à l'article 64 de la LCPE (1999)]. La souche ATCC 17587 de *Pseudomonas stutzeri* a été ajoutée à la *Liste intérieure des substances* aux termes du paragraphe 105(1) de la LCPE (1999) parce qu'elle a été fabriquée ou importée au Canada entre le 1^{er} janvier 1984 et le 31 décembre 1986, et parce qu'elle a été introduite ou rejetée dans l'environnement sans être assujettie aux conditions de la LCPE (1999) ou de toute autre loi fédérale ou provinciale.

La présente évaluation préalable tient compte des renseignements sur les dangers tirés du domaine public et de données de recherche non publiées, ainsi que des commentaires d'examineurs scientifiques. Les renseignements liés à l'exposition ont été obtenus à partir du domaine public et des renseignements découlant de l'avis obligatoire relatif à l'article 71 de la LCPE (1999) publié le 3 octobre 2009 dans la Partie I de la *Gazette du Canada*. De plus amples précisions concernant la méthode d'évaluation des risques utilisée sont accessibles dans le « Cadre d'évaluation scientifique des risques liés aux micro-organismes réglementés en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* » (Environnement Canada et Santé Canada, 2011).

Dans le présent rapport, les données propres à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure des substances* sont ainsi indiquées. Lorsque les données propres à une souche n'étaient pas disponibles, des données de substitution provenant de recherches documentaires ont été utilisées. Lorsqu'applicable, les recherches documentaires sur l'organisme comprenaient ses synonymes ainsi que ses noms communs et périmés. Les organismes de substitution sont identifiés dans chaque cas au niveau taxonomique fourni par la source. Les recherches documentaires ont été effectuées à l'aide de bases de données de publications scientifiques (SCOPUS, CAB Abstracts et NCBI), de recherches sur le Web, et de termes de recherche clés afin d'identifier les dangers pour la santé humaine et l'environnement. Les renseignements identifiés jusqu'en août 2013 ont été pris en compte afin d'être inclus dans le présent rapport d'évaluation préalable.

Décisions d'autorités compétentes sur le plan national et international

¹ La détermination de la conformité à l'un ou plusieurs des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE (1999) est basée sur une évaluation des risques potentiels pour l'environnement et/ou la santé humaine liés à l'exposition dans l'environnement en général. Pour les humains, cela inclut, sans toutefois s'y limiter, l'exposition par l'air, l'eau et l'utilisation de produits contenant la substance. Une conclusion établie en vertu de la LCPE (1999) peut ne pas être pertinente à une évaluation, qu'elle n'empêche pas non plus, par rapport aux critères définis dans le *Règlement sur les produits contrôlés*, qui fait partie d'un cadre réglementaire pour le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) pour les produits destinés à être utilisés au travail.

Plan national

L'Agence de la santé publique du Canada (ASPC) a inscrit la bactérie *P. stutzeri* (en tant qu'espèce) au groupe de risque 1 pour les humains et les animaux terrestres (communication personnelle, ASPC, 2013).

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) ne considère pas la bactérie *P. stutzeri* comme un phytoravageur réglementé au Canada (communication personnelle, ACIA, 2013).

Plan international

Aucune donnée trouvée.

1. Évaluation du danger

1.1 Caractérisation de *Pseudomonas stutzeri*

1.1.1 Identification taxonomique et historique de la souche

Nom binomial *Pseudomonas stutzeri* (*P. stutzeri*)

Désignation taxonomique

Règne : Bactéries

Phylum : Protéobactéries

Classe : Gammaprotéobactéries

Ordre : *Pseudomonadales*

Famille : *Pseudomonadaceae*

Genre : *Pseudomonas*

Espèce : *stutzeri* (Lehmann et Neumann, 1896); Sijderius, 1946 (validé en 1980)

Souche : ATCC 17587 (équivalent à LMG 5838, NCPPB 1972, Lautrop AB 180, Stanier 220)

Noms périmés : « *Bacillus denitrificans* II » (Burri et Stutzer, 1895); « *Bacterium stutzeri* » (Lehmann et Neumann, 1896); « *Bacillus nitrogenus* » (Migula, 1900); « *Bacillus stutzeri* » (Chester, 1901); « *Achromobacter sewerinii* » (Bergey *et al.*, 1923); « *Achromobacter stutzeri* » (Bergey *et al.*, 1930); « *Pseudomonas stanieri* » (Mandel, 1966).

Historique de la souche

La souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* a initialement été isolée d'un échantillon clinique (bile) en 1956 par le D^r H. Lautrop, au Statens Serum Institut à Copenhague (Danemark), et désignée « Lautrop AB 180 » (examiné dans NCPPB, 2013; Rainey *et al.*, 1994; Stanier *et al.*, 1966). La souche a été reçue par le D^r R.Y. Stanier et désignée « Stanier 220 » (Stanier *et al.*, 1966), puis déposée au American Type Culture Collection sous le numéro d'enregistrement « ATCC 17587 ». La souche a aussi été déposée au National Collection of Plant Pathogenic Bacteria sous le numéro « NCPPB 1972 » (NCPPB, 2013).

1.1.2 Caractéristiques phénotypiques et moléculaires

La bactérie *P. stutzeri* est nettement hétérogène; par conséquent, il est difficile de différencier une souche d'une autre en fonction de la morphologie et des propriétés biochimiques et nutritives seulement (examiné dans Cladera *et al.*, 2004; Lalucat *et al.*, 2006). Toutefois, la diversité des espèces a été établie avec la sous-division de *P. stutzeri* en groupes génomiques distincts, communément appelés « génomovars » (Rosselló-Mora *et al.*, 1991). À l'heure actuelle, 22 génomovars sont assignés à l'espèce (Scotta *et al.*, 2013). Cela permet le regroupement des souches de *P. stutzeri* qui ne peuvent pas être distinguées des autres sur le plan

phénotypique (Rosselló-Mora *et al.*, 1991; Cladera *et al.*, 2005). En fonction de la norme taxinomique pour la définition des espèces (Roselló-Mora et Amann, 2001; Stackebrandt *et al.*, 2002), les membres du même génomovar de *P. stutzeri* sont regroupés selon les valeurs d'hybridation ADN-ADN supérieures à 70 % (Rosselló-Mora *et al.*, 1991; examiné dans Cladera *et al.*, 2004; Lalucat *et al.*, 2006; Sikorski *et al.*, 2005). Ces valeurs d'hybridation sont habituellement inférieures à 50 % lorsque les souches de différents génomovars sont comparées (Rosselló-Mora *et al.*, 1991; Garcia-Valdes *et al.*, 2010).

Les comparaisons des propriétés morphologiques, biochimiques et moléculaires entre la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, la souche ATCC 17591 de *P. stutzeri* (isolat clinique d'une souche de référence de génomovar 2) et la souche ATCC 17588 de *P. stutzeri* (isolat clinique d'une souche type de génomovar 1) sont résumées aux tableaux 1-1, 1-2, 1-3 et 1-4. Les caractéristiques qui différencient *P. stutzeri* de ses pathogènes apparentés les plus proches, *P. aeruginosa* et *P. fluorescens*, sont aussi présentées dans les tableaux suivants.

Tableau 1-1 Propriétés morphologiques de *P. stutzeri*

Caractéristique	Souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> (inscrite sur la LIS) génomovar 2	Souche ATCC 17591 de <i>P. stutzeri</i> (souche de référence) génomovar 2	Souche ATCC 17588 de <i>P. stutzeri</i> (souche type) génomovar 1
Coloration de Gram	Négative ^a	Négative ^b	Négative ^b
Fluorescent	Non ^{a, c}	Non ^b	Non ^{a, c}
Colonies	La morphologie des colonies varie selon les différents milieux nutritifs et les différentes conditions de culture ^a	Colonies translucides avec une marge entière ^b	Fraîchement isolées : ridées, ressemblent à des cratères avec des crêtes élevées (structure corallienne), brun rougeâtre, fermes, sèches, solides. Viellies colonies : lisses, butyracées, pâles (Lalucat <i>et al.</i> , 2006).
Motilité	Oui ^a	Oui (Rosselló-Mora <i>et al.</i> , 1991)	Oui ^b

^a Données non publiées générées par la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada. Consulter les tableaux A-1 et A-2 de l'annexe A pour plus de données morphologiques sur la souche ATCC 17587.

^b Données non publiées générées par l'entremise de l'Étude internationale à double insu sur *Pseudomonas* financée par Santé Canada.

^c Caractéristique qui distingue *P. stutzeri* de *P. aeruginosa* ou *P. fluorescens*.

Tableau 1-2 Propriétés de croissance et biochimiques de *P. stutzeri*

Caractéristique	Souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> (inscrite sur la LIS) génomovar 2	Souche ATCC 17591 de <i>P. stutzeri</i> (souche de référence) génomovar 2	Souche ATCC 17588 de <i>P. stutzeri</i> (souche type) génomovar 1
Croissance à 42 °C	Non ^a	Non ^a	Oui ^b
Catalase	Positive ^c	Positive ^b	Positive ^b
Oxydase	Positive ^c	Positive ^b	Positive ^b
Hydrolyse de l'amidon	Positive ^{c, d}	Positive ^b	Positive ^{b, d}
Hydrolyse de la gélatine	Négative ^{c, d}	Négative ^b	Négative ^{b, d}
Dénitrification	Positive ^c	Positive (Grüntzig <i>et al.</i> , 2001)	Positive ^b

^a Données de Rosselló-Mora *et al.*, 1991

^b Données non publiées générées par l'entremise de l'Étude internationale à double insu sur *Pseudomonas* financée par Santé Canada.

^c Données non publiées générées par la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada.

^d Caractéristique qui distingue *P. stutzeri* de *P. aeruginosa* ou *P. fluorescens*.

Tableau 1-3 Assimilation de substrats sélectionnés par *P. stutzeri*

Substrat	Souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> (inscrite sur la LIS) génomovar 2	Souche ATCC 17591 de <i>P. stutzeri</i> (souche de référence) génomovar 2	Souche ATCC 17588 de <i>P. stutzeri</i> (souche type) génomovar 1
D-fructose	Positive ^a	Positive ^a	Positive ^b
Éthanolamine	Positive ^b	Positive ^b	Négative ^b
Mannose	Négative ^b	Négative ^b	Négative ^b
Mannitol	Positive ^a	Positive ^b	Positive ^b
n-Propanol	Positive ^b	Positive ^b	Négative ^b
Propionate	Négative ^b	Négative ^b	Positive ^b
Propylèneglycol	Positive ^b	Positive ^b	Négative ^b
Valérate	Négative ^b	Positive ^b	Positive ^b
Glycine	Positive ^a	Positive ^a	Positive ^a
Éthylèneglycol	Positive ^b	Positive ^b	Négative ^b

^a Données de Rosselló-Mora *et al.*, 1991

^b Données de Stanier *et al.*, 1961

Tableau 1-4 Propriétés moléculaires de *P. stutzeri*

Caractéristique	Souche ATCC 17587 de <i>P. stutzeri</i> (inscrite sur la LIS) génomovar 2	Souche ATCC 17591 de <i>P. stutzeri</i> (souche de référence) génomovar 2	Souche ATCC 17588 de <i>P. stutzeri</i> (souche type) génomovar 1
Taux de GC	~60,6 % (Xiang <i>et al.</i> , 2010)	61,4 % (Rossello <i>et al.</i> , 1991)	63,9 % (Chen <i>et al.</i> , 2011)
ARNr 16S (numéro d'enregistrement de GenBank)	U25431	U26261	U26262

En plus des propriétés résumées dans les tableaux ci-dessus, Santé Canada a aussi examiné, de façon indépendante, la croissance sur des milieux liquides à différentes températures (tableau A-3, annexe A), la croissance sur différents milieux solides à 37 °C (tableau A-4, annexe A) et le profil de l'ester méthylique d'acide gras (figures 3 et 4, annexe A) de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*.

L'analyse des séquences d'ADNr 16S, ou gènes domestiques, complète les méthodes phénotypiques utilisées pour distinguer *P. stutzeri* des espèces de *Pseudomonas* étroitement apparentées. Santé Canada a dérivé une séquence consensus d'ADNr 16S pour la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*; elle a été utilisée comme séquence d'interrogation par rapport aux bases de données sur l'ADN du National Center for Biotechnology Information – Basic Local Alignment Search Tool (NCBI BLAST). L'alignement des séquences indique une homologie d'ARNr de 99,86 % avec la souche type ATCC 17588 de *P. stutzeri* et une similarité de 98 % avec les autres espèces de *Pseudomonas*, notamment *P. otitidis*, *P. pseudoalcaligenes*, *P. xanthomarina* et *P. putida*.

Les différences de séquences dans les autres marqueurs et gènes domestiques ont aussi été utilisées pour distinguer *P. stutzeri* des autres espèces de *Pseudomonas*. Comme l'indique la figure 1, les liens entre *P. stutzeri* et les autres espèces de *Pseudomonas* valablement décrites ont été examinés en comparant les séquences génétiques de la sous-unité B de l'ADN gyrase (*gyrB*) et du facteur sigma de l'ARN polymérase (*rpoD*) (Yamamoto *et al.*, 2000).

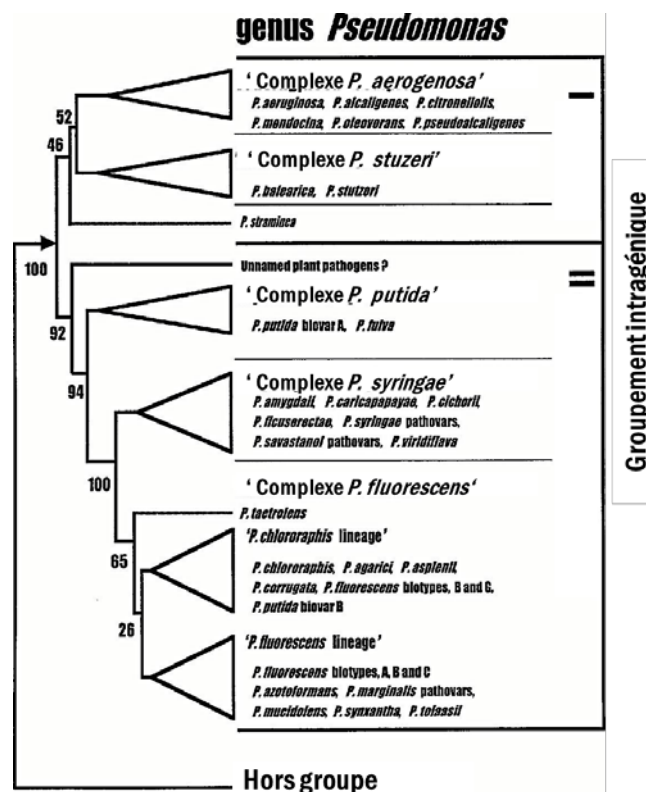


Figure 1-1. Dendrogramme schématisique résumant la structure intragénérique du genre *Pseudomonas* selon l'analyse des séquences *gyrB* et *rpoD* de 31 espèces valablement publiées. (adapté de Yamamoto *et al.*, 2000, reproduction autorisée)

Le dendrogramme ainsi obtenu (figure 1-1) démontre la division du genre *Pseudomonas* en deux principaux groupes intragéniques selon lesquels *P. stutzeri* appartient au même groupe que *P. aeruginosa*. La base de données PseudoMLSA est aussi utilisée pour l'analyse séquentielle multigénique des espèces de *Pseudomonas* selon les gènes domestiques, notamment *gyrB*, *rpoB* et *rpoD* pour *P. stutzeri* (Bennasar *et al.*, 2010).

Les gènes domestiques ciblant précisément la voie de dénitrification ont été utilisés pour distinguer plus en profondeur *P. stutzeri* des espèces étroitement apparentées. Ils comprennent le gène *nosZ* pour la réductase de l'oxyde nitreux (Zumft *et al.*, 1990), le gène *nirS* pour la nitrite-réductase, qui est responsable de la réduction du nitrite (NO₂⁻) en oxyde nitrique (NO) [Grüntzig *et al.*, 2001], et le gène *nifH* pour l'enzyme de nitrogénase (Chan *et al.*, 1994).

D'autres méthodes phénotypiques et moléculaires, notamment la trousse commerciale API 20NE et le polymorphisme de longueur des fragments de restriction (Bennasar *et al.*, 1998), respectivement, peuvent aussi être utilisées avec les techniques décrites précédemment pour l'identification de *P. stutzeri*. Étant donné la diversité phénotypique et génotypique du groupe de *P. stutzeri*, une approche polyphasique est importante pour générer une identification solide qui permet la différenciation claire entre *P. stutzeri* et les espèces pathogènes de *Pseudomonas* étroitement apparentées. Toutefois, aucune des techniques décrites ne permet de différencier explicitement la souche inscrite sur la *Liste intérieure des substances* des autres souches de *P. stutzeri*.

1.2 Propriétés biologiques et écologiques

La diversité de *P. stutzeri* est démontrée par sa capacité d'adaptation pour occuper diverses niches écologiques. La bactérie *P. stutzeri* a été isolée des sédiments marins et de la colonne d'eau, des événements hydrothermaux des grands fonds marins, des eaux usées, des boues, des terres de jardin, des sols contaminés, des racines des plantes et de la rhizosphère (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006; Bolognese *et al.*, 1999), et comme un symbiote intracellulaire avec les algues de type dinoflagellés *Alexandrium lusitanicum* (Plumley *et al.*, 1999). Dans une étude mondiale sur la bactérie dénitrifiante menée par Gamble *et al.* (1997), la bactérie *P. stutzeri* ou les souches semblables à *stutzeri* dominaient la population d'environ 10⁶ UFC/g dans les sédiments du sol et des lacs d'eau douce à des sites précis au Michigan (États-Unis).

La persistance à long terme de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans le sol agricole a été étudiée par Xiang *et al.* (2010). Au moyen du polymorphisme de longueur de fragments amplifiés, une analyse de la réaction en chaîne de la polymérase quantitative (PCR quantitative) de l'ADN de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* récupéré du sol extrait a été réalisée afin d'estimer la concentration de cellules dans le sol (figure 1-2).

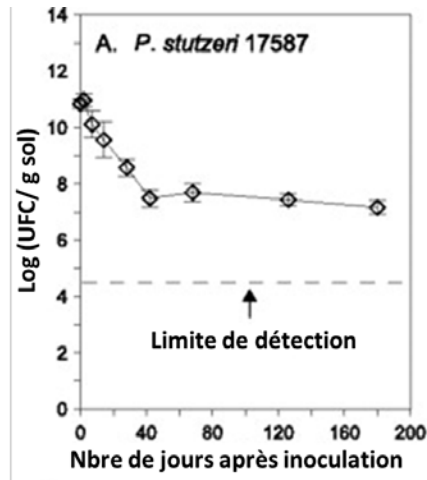


Figure 1-2 : Persistance de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans le sol, selon les analyses de la PCR quantitative de l'ADN du sol extractible (Adaptée de Xiang *et al.*, 2010, reproduction autorisée)

Comme l'indique la figure 1-2, l'ADN de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* pourrait être amplifié des microcosmes de laboratoire pour au moins 180 jours après l'introduction de 10^8 à 10^{10} UFC/g (Xiang *et al.*, 2010). Après un déclin initial dans l'ADN récupéré sur 40 jours, la concentration de cellules semble atteindre l'équilibre à une concentration d'environ 10^7 UFC/g de sol sec. Cela indique que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* peut établir une niche et persister directement dans le microcosme.

1.2.1 Conditions de croissance

Étant donné la diversité des habitats où elle se trouve, la bactérie *P. stutzeri* peut s'adapter à diverses conditions environnementales. Les différentes souches de l'espèce ont différentes plages de températures de croissance, généralement de 4 °C à 40 °C (Palleroni, 2005), mais la croissance aux extrêmes des plages de températures est limitée à certaines souches (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006). La souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* ne croît pas à 4 °C, mais elle croît adéquatement à 40 °C (Palleroni *et al.*, 1970). La plupart des souches de l'espèce ne peuvent pas croître à un pH de 4,5 (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006). La cinétique de croissance (selon les recherches menées par Santé Canada) dans différents milieux de croissance à différentes températures est présentée aux tableaux A-3 et A-4 de l'annexe A.

Ude *et al.* (2006) ont observé que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* formait des biofilms *in vitro* dans les 15 jours suivant l'inoculation sur le milieu B de King à 20-22 °C. D'autres souches de *P. stutzeri* ont été isolées des biofilms croissant sur le cuivre et l'acier galvanisé, qui sont communément utilisés dans les systèmes de chauffage et de refroidissement à base d'eau (Dogruöz *et al.*, 2009) et sur les conduites d'eau des unités dentaires (Singh *et al.*, 2003).

1.2.2 Cycle des éléments nutritifs

La bactérie *P. stutzeri* est active dans le cycle des éléments nutritifs dans l'environnement. Elle est bien connue pour sa capacité simultanée de dénitrification et de fixation de l'azote, qui sont utilisées dans le cycle de l'azote général de plusieurs écosystèmes (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006; Krotzky et Werner, 1987). La dénitrification est un trait stable de *P. stutzeri*; elle est l'une des bactéries dénitrifiantes et hétérotrophes les plus actives. Le processus bactérien de dénitrification est normalement un trait facultatif. Il fournit aux bactéries une voie respiratoire pour la vie anaérobie (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006). Dans des conditions anaérobies, la dénitrification de *P. stutzeri* dépend fortement de la présence de nitrate et d'oxyde nitreux comme accepteurs d'électrons (Korner et Zumft, 1989). La dénitrification aérobie peut seulement se produire dans *P. stutzeri* à une faible concentration d'oxygène dissous (Körner et Zumft, 1989).

P. stutzeri peut aussi jouer un rôle important dans le renouvellement de thiosulfate dans les milieux marins (Sorokin *et al.*, 1999). Il a été découvert que la bactérie *P. stutzeri* isolée des sédiments de la mer Baltique au littoral et dans la colonne d'eau anoxique oxyde le thiosulfate en tétrathionate (40 à 50 % de soufre de thiosulfate) comme principal produit et en soufre élémentaire (15 à 30 %) [Podgorsek et Imhoff, 1999].

Une souche de *P. stutzeri* apparentée à la souche DSM 50227 de *P. stutzeri* (un isolat clinique) contient le gène *htx*, qui code l'hypophosphite de 2-oxoglutarate dioxigénase (White et Metcalf, 2004). Cette enzyme permet à l'organisme d'utiliser les phosphonates comme autre source de phosphore dans les milieux faibles en phosphate (Dyhrman *et al.*, 2006).

Finalement, certaines souches de *P. stutzeri*, notamment JM300 et CMT.9.A, ont des hydrogénases qui fournissent de l'énergie additionnelle pour le métabolisme (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006; Barraquio *et al.*, 1988).

1.2.3 Aide à la croissance des plantes et lutte biologique

La bactérie *P. stutzeri* est présente dans la rhizosphère des plantes. Par exemple, les souches A15 et CMT.9.A de *P. stutzeri* ont été isolées de la rhizosphère du riz en Chine (Rediers *et al.*, 2003) et des racines d'un cultivar de *Sorghum nutans* (faux-sorgho penché) en Allemagne (Krotzky et Werner, 1987). La souche A1501 de *P. stutzeri* a des propriétés qui facilitent sa colonisation et son interaction avec les plantes, notamment la motilité, la présence de régulateurs, et l'adaptation aux éléments nutritifs et aux stress (examiné dans Hardoim *et al.*, 2008). Les gènes favorisant la croissance des plantes et prévenant la formation d'éthylène, qui est un inhibiteur de l'élongation des racines, ont aussi été identifiés dans la souche A1501 de *P. stutzeri* (examiné dans García-Valdés *et al.*, 2010). De plus, la souche RP1 de

P. stutzeri, isolée de l'endorhizosphère des tournesols, a démontré plusieurs caractéristiques de promotion de la croissance des plantes, notamment la solubilisation du phosphate, l'auxine (acide indole 3-acétique), la production d'ammoniac (NH₃) et d'acide cyanhydrique (HCN), et l'activité antibactérienne (Pandey *et al.*, 2013). Une souche de *P. stutzeri* isolée de lichens privés de cyanobactéries a pu libérer des acides aminés et de l'acide indole 3-acétique au moyen de la production de phytohormones, contribuant directement à la nutrition de ces lichens en libérant les acides aminés disponibles, mais elle n'a pas pu solubiliser les phosphates (Liba *et al.*, 2006).

Il a été signalé que certaines souches ont des propriétés anti-algues, antibactériennes et antifongiques. La souche YPL-1 de *P. stutzeri* produit des enzymes lytiques extracellulaires qui inhibent la croissance du mycélium plutôt que la germination de spores, en plus de causer la lyse du mycélium et des tubes germinatifs de *Fusarium solani* (Lim *et al.*, 1991). Pandey *et al.* (2013) indiquent que certaines souches de *P. stutzeri* ont présenté une activité antibactérienne contre *Escherichia coli*, *Xanthomonas sp.*, *Serratia marcescens* et *Bacillus cereus*. Certaines souches de *P. stutzeri* peuvent aussi produire de la nocardamine (Meyer et Abdallah, 1980), qui est un antibiotique lié par covalence à un sidérophore (Braun *et al.*, 2009). Ce composé a une activité antibactérienne contre certaines mycobactéries (Wencewicz *et al.*, 2013).

Trois souches de *P. stutzeri*, à savoir A41, B47 et MM4, qui ont été isolées des sédiments marins et des bassins d'aération d'une usine de traitement des eaux usées ont montré une activité létale contre le phytoplancton des marées rouges, *Chattonella antiqua*, qui a perdu sa mobilité et été lysé. De plus, les trois souches n'ont montré aucune toxicité sur le cyprinodonte (famille *Cyprinodontidae*), ce qui laisse entendre qu'elles pourraient être utilisées pour la protection des poissons en culture contre les dommages causés par le plancton des marées rouges (Hayashida *et al.*, 1991).

1.2.4 Biosorption des métaux et dégradation des composés organiques

La bactérie *P. stutzeri* peut être utilisée dans la biosorption de certains métaux. Par exemple, la souche KCCM 34719 de *P. stutzeri* a montré des capacités de sorption ($q_{\max}$) de 47,86 et de 33,16 pour le cadmium(II) et le cuivre(II), respectivement. Le pH optimal pour les taux de biosorption est de 5; il a été constaté que, en haut de cette valeur, les métaux se précipitent (Hassan *et al.*, 2009).

P. stutzeri est diverse sur le plan métabolique et peut dégrader divers substrats organiques. Certaines souches de *P. stutzeri* peuvent métaboliser les hydrocarbures aromatiques, y compris les benzoates à un ou deux halogènes, le benzènesulfonate, le carbazole, le crésol, le dibenzothiophène, le fluoranthène, le fluorène, l'indane, le naphthalène (Velayutham *et al.*, 2012), les polychlorobiphényles,

le phénanthrène, les phénols, le pyrène, la quinoléine, le salicylate, la tétraline, le toluate, le toluène et le xylène (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006).

P. stutzeri peut aussi dégrader les hydrocarbures aliphatiques. Par exemple, la souche KC de *P. stutzeri*, isolée des solides de l'aquifère, peut transformer le tétrachlorure de carbone en dioxyde de carbone dans des conditions anoxiques de limitation en fer (45 à 55 % de carbone, comme le détermine l'étiquetage du contenu en carbone 14), à une fraction non volatile (45 à 55 % de carbone) et à une fraction associée aux cellules (5 % de carbone) (Criddle *et al.*, 1990; Dybas *et al.*, 1995). La souche JJ, isolée du sol contaminé par le 1,2-dichloroéthane, oxyde le 2-chloroéthanol (comme unique source d'énergie et de carbone) complètement en CO₂, avec NO₃⁻ ou O₂ comme accepteur d'électrons (Dijk *et al.*, 2003).

Il a été constaté que certaines souches de *P. stutzeri* dégradent les biocides, notamment le tributylétain, le β -cyfluthrin, le cyanure et les thiocyanates, qui sont tous utilisés dans des applications industrielles et agricoles (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006).

1.2.5 Résistance aux métaux et aux agents chimiques

Plusieurs souches de *P. stutzeri* d'origine naturelle sont résistantes aux métaux comme l'aluminium, le chrome, le cobalt, le cuivre, le germanium, le plomb, le manganèse, le nickel, le plutonium, le sélénium, l'argent, le thallium, le titane, l'uranium, le vanadium et le zinc (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006). *P. stutzeri* est sensible à divers agents chimiques ou biocides. Par exemple, une étude comparant les effets des antiseptiques cationiques, des composés de mercure, des parabènes, des phénoliques et de l'acide éthylènediaminetétracétique sur six souches de *P. stutzeri* (NCIMB 568, 10783, 11358, 11359, JM 302, JM 375) a démontré que toutes les souches étaient hautement sensibles au diacétate de chlorhexidine, aux composés organo-mercuriels et au triclosan, mais moins sensibles aux composés d'ammonium quaternaire (Tattawasart *et al.*, 1999). Toutefois, certaines souches de *P. stutzeri* ont développé une résistance stable au diacétate de chlorhexidine ou au chlorure de cétylpyridinium lorsqu'elles étaient exposées à des concentrations augmentant graduellement d'un de ces agents antibactériens. Les modifications dans l'enveloppe cellulaire sont probablement responsables des changements non spécifiques dans la sensibilité à plusieurs agents antibactériens (Tattawasart *et al.*, 1999). La résistance au diacétate de chlorhexidine est probablement liée aux changements dans le(s) site(s) de fixation disponible(s) dans la membrane externe de la bactérie (Tattawasart *et al.*, 2000).

1.2.6 Transfert horizontal de gènes

La bactérie *P. stutzeri* est connue pour sa capacité à devenir naturellement compétente pour la transformation (Sikorski *et al.*, 2002), et elle peut prendre l'ADN intraspécifique et étranger. La compétence dans *P. stutzeri* est un état physiologique

transitoire qui se manifeste entre la phase logarithmique et la phase stationnaire (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006).

La transformation de l'ADN intraspécifique par la recombinaison homologue a été signalée pour la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*. Lorenz et Sikorski (2000) ont démontré que la souche ATCC 17587 est hautement transformable à une fréquence de $2,6 \pm 0,6 \times 10^{-4}$ lorsqu'elle est cultivée sur de la gélose LB en présence d'ADN extrait de mutants de *P. stutzeri* résistants à la rifampicine. Bien que cela soit possible dans la population de *P. stutzeri*, Rius *et al.* (2001) indiquent que la recombinaison est rare ou absente entre les populations distinctes de *P. stutzeri* selon une analyse de l'électrophorèse enzymatique multilocus de 42 souches de *P. stutzeri* appartenant à plusieurs génomovars et isolées de différentes sources. La transformation de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* avec l'ADN d'espèces apparentées du même genre, la souche ATCC 25411 de *Pseudomonas mendocina* ou la souche ATCC 14909 de *P. alcaligenes*, était presque deux ordres de grandeur plus basse que dans la transformation intraspécifique (Lorenz et Sikorski, 2000). La fréquence des événements d'acquisition d'ADN étranger représentait seulement 0,0003 % de la valeur observée pour la transformation complètement homologue de l'ADN (Lalucat *et al.*, 2006).

Dans *P. stutzeri*, la transformation naturelle nécessite la formation de pilus de type IV fonctionnels qui touchent la translocation de l'ADN dans le cytoplasme (Graupner et Wackernagel, 2000; Graupner et Wackernagel, 2001). La transformation est aussi strictement contrôlée par le gène *comA*, qui code un facteur de compétence de transcription (Graupner et Wackernagel, 2001).

La conjugaison et la transduction dans *P. stutzeri* existent aussi, mais elles n'ont pas été étudiées en détail (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006). Les transposons ont été liés à l'évolution et à la construction des voies cataboliques pour la dégradation des contaminants organiques dans *P. stutzeri* (examiné dans Garcia-Valdes *et al.*, 2010), tandis que les intégrons de classe 1 ont été associés à la dissémination de la résistance aux antibiotiques (Poirel *et al.*, 2010) et à la capture des îlots métaboliques (Garcia-Valdes *et al.*, 2010). Le génome de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* n'a pas été entièrement séquencé, de sorte que ses compléments des éléments génétiques mobiles ne sont toujours pas caractérisés; toutefois, Tetu et Holmes (2008) ont signalé que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* contient quatre copies de la séquence d'insertion ISPst6. Plusieurs éléments génétiques mobiles ont été détectés dans d'autres souches de *P. stutzeri* (consulter l'annexe B). La présence d'un intégron de classe 1 dans les espèces de *P. stutzeri* bien étudiées revête une importance particulière (The Uniprot Consortium, 2013; Winsor *et al.*, 2011). L'intégron contient le gène *bla*_{IMP-16}, qui code les métallo-bêta-lactamases de type imipénémase qui catalysent l'hydrolyse de diverses bêta-lactamines, y compris le carbapénème (Lee *et al.*, 2004; Carvalho-Assef *et al.*, 2010; Yan *et al.*, 2001).

La fréquence de transformation de l'ADN dans une population de *P. stutzeri* pourrait contribuer à la plasticité génomique et à la diversité de l'espèce (Ginard *et al.*, 1997;

Sikorski *et al.*, 1999), qui lui permettent de s'adapter à de nouvelles niches écologiques et d'agir comme réservoir de gènes de résistance aux antibiotiques sous la pression sélective à long terme en milieu hospitalier (Yan *et al.*, 2001; Carvalho-Assef *et al.*, 2010).

Par rapport à d'autres souches de *P. stutzeri*, la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* a une faible fréquence de transformation (Lorenz et Sikorski, 2000). La possibilité que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* acquière des gènes de virulence d'autres espèces dans l'environnement est considérée comme limitée.

1.3 Effets

1.3.1 Environnement

Une recherche approfondie dans la littérature scientifique sur *P. stutzeri* a révélé seulement quelques cas d'origine naturelle de toxicité, de facteurs de virulence et de pathogénicité envers les plantes et les animaux, malgré la présence étendue de cette espèce dans l'environnement. En outre, l'étude génomique de la souche A1501 de *P. stutzeri* a fourni des preuves de l'absence de gènes de virulence que l'on trouve dans la souche PAO1 de *P. aeruginosa*, un pathogène opportuniste chez les plantes et les animaux. *P. stutzeri* ne porte pas de gènes codant pour les systèmes de sécrétion de type III/VI, la synthèse des deux types de molécules par « quorum sensing », la synthèse de polymères d'alginate, les voies de synthèse biologique des sidérophores ou des antibiotiques (Yan *et al.*, 2008).

Plantes

Une étude portant sur les bactéries anti-algues a indiqué que trois souches de *P. stutzeri* ont montré une activité létale (p. ex. perte de la motilité et lyse) contre une algue marine, *Chattonella antiqua*, qui est connue pour causer les marées rouges qui elles-mêmes créent de graves dommages à la culture commerciale de la sérieole à queue jaune (poisson) (Hayashida *et al.*, 1991). L'activité anti-algues de *P. stutzeri* atteint son maximum après deux à six jours de culture avec une concentration létale au plus bas de 0,5 % (p/v). De plus, sur une période d'une semaine, aucune toxicité n'a été observée chez les poissons en coculture de la famille *Cyprinodontidae* (cyprinodonte) lorsqu'ils étaient nourris de chair de sardine homogénéisée contenant la souche A41 de *P. stutzeri* (une anse de bactéries pour 5 g de sardine). La toxicité sélective de *P. stutzeri* laisse entendre qu'elle pourrait être utilisée pour la protection des poissons en culture contre les dommages causés par le plancton des marées rouges. Aucun autre renseignement sur la pathogénicité pour les espèces de plantes aquatiques n'a été trouvé dans la littérature.

Lors d'essais sur des plantes terrestres menés à Environnement Canada², du trèfle rouge (*Trifolium pratense*) a été cultivé dans un sol de loam argileux inoculé avec 10^8 UFC au jour 0, 10^9 UFC au jour 14 et 10^9 UFC au jour 28, de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* par gramme de sol sec. Une diminution de 21 % de la longueur de la racine a été observée à la fin de l'étude (jour 42) pour ce qui est du témoin non infectieux et du traitement infectieux par rapport au témoin négatif, ce qui indique que cet effet n'est peut-être pas directement attribuable à la souche vivante ATCC 17587 de *P. stutzeri*. Une augmentation significative du poids sec de la pousse a été observée dans le témoin non infectieux et le traitement infectieux, sans aucune différence significative du poids sec de la racine, quel que soit le traitement. D'après les renseignements ci-dessus et l'absence de réduction du poids sec de la racine, il est difficile d'affirmer si l'exposition à la bactérie, à ces concentrations d'essai, a entraîné des effets nocifs sur le trèfle rouge.

² Essais réalisés conformément au « Guide des essais de pathogénicité et de toxicité de nouvelles substances microbiennes pour les organismes aquatiques et terrestres (SPE 1/RM/44, mars 2004) ».

Invertébrés

Environnement Canada a également effectué des recherches sur la pathogénicité et la toxicité de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* chez un arthropode terricole. Le collembole *Folsomia candida* (un invertébré vivant dans le sol) a été cultivé pendant 28 jours dans un sol de loam argileux inoculé avec 10^8 UFC au jour 0 et 10^9 UFC au jour 14 de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* par gramme de sol sec. On a constaté un déclin significatif (14 %) de la survie des adultes dans le traitement infectieux par rapport au témoin négatif et au témoin non infectieux, ce qui indique une pathogénicité pour l'invertébré. Il y a également eu une diminution de la production de juvéniles (45 %), ce qui peut être attribuable à un composant des cellules bactériennes qui est toujours actif une fois que les cellules sont mortes, car la variation d'effet entre les cellules vivantes et mortes n'était pas statistiquement différente.

P. stutzeri a été utilisée comme témoin dans une étude comprenant d'autres bactéries pathogènes pour le nématode *Caenorhabditis elegans*. Aucun effet n'a été observé chez les nématodes après 24 h d'exposition à 20 µL de bactéries *P. stutzeri* viables cultivées dans un bouillon de luria et incubées à 37 °C pendant une nuit (Balaji *et al.*, 2004).

On n'a trouvé aucun rapport dans la littérature concernant la pathogénicité de *P. stutzeri* pour les invertébrés aquatiques malgré son isolement à partir des sédiments marins et de la colonne d'eau (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006).

Vertébrés

Quinze espèces bactériennes différentes ont été isolées à partir des voies respiratoires de divers types de poulets malades atteints d'un syndrome persistant, ou à partir de la moelle osseuse de poulets morts. *P. stutzeri* a été décelée parmi ces bactéries. Afin de déterminer l'agent étiologique de l'infection, chaque bactérie a été inoculée par voie intrapéritonéale (1 mL par poulet de 10^{10} UFC/mL) dans dix poulets de quatre semaines en bonne santé. L'isolat identifié comme étant *P. stutzeri* a tué 20 % des animaux une semaine après l'inoculation, par rapport à un taux de mortalité de 58 % observé avec un isolat identifié comme étant *P. aeruginosa*. Les médicaments qui ont traité avec succès l'infection à *P. stutzeri* chez les poulets étaient l'apramycine, la gentamicine, la spectinomycine, l'oxytétracycline et la sulfachloropyrazine (Lin *et al.*, 1993). Dans une autre étude, *P. stutzeri* a été isolée à partir de la conjonctive d'une outarde kori en captivité (oiseau d'Afrique) atteint de la conjonctivite. Cependant, l'occurrence de cet isolement était très faible (sur les 537 outardes malades examinées, 32 avaient la conjonctivite et seulement une d'entre elles était infectée par *P. stutzeri*) et le micro-organisme n'a pas été confirmé comme l'agent étiologique (Silvanose *et al.*, 2001). Aucun autre renseignement sur la pathogénicité pour les espèces aviaires n'a été trouvé dans la littérature.

Des études menées à Santé Canada n'ont révélé aucun effet nocif à la suite de l'administration endotrachéale de 10^6 UFC de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*

chez des souris. On n'a trouvé aucun rapport dans la documentation concernant la pathogénicité de *P. stutzeri* pour les mammifères, en particulier les mammifères au pâturage, malgré l'association étroite de *P. stutzeri* avec les racines des plantes (Rediers *et al.*, 2003; Krotzy et Werner, 1987).

On n'a trouvé aucun rapport dans la littérature concernant la pathogénicité de *P. stutzeri* pour les poissons ou d'autres vertébrés aquatiques malgré son isolement à partir des sédiments marins et de la colonne d'eau (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006).

1.3.2 Humains

La bactérie *P. stutzeri* n'est généralement pas considérée comme un agent étiologique de l'infection chez les humains, mais elle est parfois isolée à partir d'échantillons cliniques. L'espèce représente seulement 1 à 2 % de tous les isolats cliniques de *Pseudomonas* (Noble et Overman, 1994; Bisharat *et al.*, 2012). La plupart du temps, les isolats cliniques ont été récupérés dans des plaies, du pus, du sang, de l'urine, des liquides d'aspiration trachéaux et de l'expectoration (Holmes, 1986; Ergin et Mutlu, 1999; Noble et Overman, 1994; Bisharat *et al.*, 2012). Noble et Overman (1994) ont signalé que dans la majorité des cas, on ne trouve pas *P. stutzeri* en isolat unique, mais comme élément d'une infection polymicrobienne. On a observé qu'une grande partie des isolats cliniques de *P. stutzeri* appartenait au génomovar 1 (Garcia-Valdes *et al.*, 2010). Cette observation a été appuyée par une étude récente de 229 souches de *P. stutzeri* de diverses origines. Scotta *et al.* (2013) ont indiqué que 136 de ces souches étaient d'origine clinique, et que 88 % d'entre elles appartenaient au génomovar 1 et que seulement 10 % appartenaient au génomovar 2 (y compris la souche ATCC 17587).

La bactérie *P. stutzeri* a été associée par intermittence à des surinfections chez des patients ayant des problèmes de santé existants ou qui ont subi des procédures médicales invasives. On peut citer la pneumonie (Campos-Herrero, 1997; Carratala *et al.*, 1992; Loyse *et al.*, 2006; Potvliege *et al.*, 1987), la septicémie (Bello, 2007; Potvliege *et al.*, 1987; Priestly *et al.*, 1996), l'arthrite (Bishara *et al.*, 2000; Miron *et al.*, 2007), la conjonctivite (Singh, 2008), l'endocardite (Grimaldi *et al.*, 2009; Rosenberg *et al.*, 1987), la panophtalmie (Lebowitz *et al.*, 2001) et la méningite (Chang *et al.*, 1996; Roig *et al.*, 1996).

Des infections nosocomiales à *P. stutzeri*, telles que l'endophtalmie (Jiraskova et Rozsival, 1998), l'abcès cérébral (Yee-Guardino *et al.*, 2006) et la péritonite (Ceri *et al.*, 2010) ont également été signalées. Les rares infections chez des personnes par ailleurs en bonne santé comprennent un cas isolé de pneumonie et d'empyème (Kose *et al.*, 2004), et d'ostéomyélite (Reisler et Blumberg, 1999; Rowley *et al.*, 1987) chez des enfants.

Très peu d'éclosions liées à *P. stutzeri* ont été signalées, et toutes se sont produites au cours des années 1970 et 1980. Ces éclosions comprennent la bactériémie, la septicémie et la péritonite qui ont été attribuées à la contamination de solutions intraveineuses (Felts *et al.*, 1972), de cathéters (Elting *et al.*, 1990), d'un système d'eau utilisé pour l'hémodialyse (Goetz *et al.*, 1983) ou du savon utilisé pour préparer la peau aux insertions intraveineuses (Keys *et al.*, 1983). Aucune autre éclosion d'infection à *P. stutzeri* n'a été signalée depuis dans la documentation scientifique. Les infections à *P. stutzeri* ont rarement entraîné le décès. Les décès sont souvent directement attribués à des comorbidités importantes plutôt qu'à la présence de *P. stutzeri* dans le matériel clinique (Bisharat *et al.*, 2012).

Alors qu'elles sont généralement résistantes aux céphalosporines, aux monobactams et aux macrolides, les infections à *P. stutzeri* ont été traitées avec succès avec divers antibiotiques, notamment des aminoglycosides, des fluoroquinolones, des carbapénèmes, des pénicillines antipseudomonales et du triméthoprim-sulfaméthoxazole (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006; Noble et Overman, 1994). Les profils de sensibilité aux antibiotiques de 93 bactéries *P. stutzeri* isolées à partir de spécimens cliniques pendant une période de 10 ans (2000-2010) ont été examinés par Bisharat *et al.* (2012) et sont cohérents avec des études précédentes montrant que la bactérie *P. stutzeri* est sensible à de nombreux antibiotiques. Si l'on exclut la ceftazidime, les céphalosporines de troisième et de quatrième génération ne sont pas des thérapies optimales pour les infections à *P. stutzeri*, leur taux de couverture allant de 50 à 70 % (Bisharat *et al.*, 2012). Les essais de sensibilité aux antibiotiques réalisés par Santé Canada en 2011 indiquent que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* est sensible à la ciprofloxacine (fluoroquinolone), au méropénème (carbapénème), à la gentamicine (aminoglycoside) et à la ceftazidime (céphalosporine), et est tolérante à la céfotaxime (céphalosporine), ce qui coïncide avec les résultats que l'on trouve dans la littérature pour les isolats cliniques de *P. stutzeri*.

La résistance aux monobactams pourrait être attribuée à la présence de métalloβ-lactamases de type IMP et VIM dans le chromosome (Yan *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2004; Carvalho-Assef *et al.*, 2010), alors que la résistance aux macrolides pourrait être due aux altérations des protéines de la membrane externe et du lipopolysaccharide (Tattawasart *et al.*, 2000).

Les essais *in vitro* et *in vivo* réalisés à Santé Canada n'ont révélé aucune preuve d'effets cytotoxiques sur les cellules épithéliales du côlon humain (HT29) après 6, 12 ou 24 h d'exposition à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, et aucune activité hémolytique n'a été observée dans la gélose de sang de mouton après 24 h ou 48 h à 37 °C. Chez quatre souris de souche BALB/c exposées à $1,0 \times 10^6$ UFC/25 µL par instillation endotrachéale, aucun changement de comportement ou d'aspect physique n'a été observé et les animaux étaient asymptomatiques. Aucune augmentation significative des granulocytes pulmonaires au cours de la période d'échantillonnage d'une semaine et aucune augmentation des niveaux des marqueurs de cytokine dans les poumons et dans le sang n'ont été décelées une

semaine après l'exposition. Toutes les bactéries ont été supprimées 96 h après l'exposition des poumons, de la trachée et de l'œsophage, et les organes étaient encore sains après 7 jours.

La bactérie *P. stutzeri* a une virulence relativement faible par rapport aux espèces virulentes *Pseudomonas* et *Burkholderia*, sans doute en raison de l'absence de facteurs de virulence dans *P. stutzeri* (Yan *et al.*, 2008). Une recherche dans la littérature et la *Pseudomonas* Genome Database (base de données sur le génome des *Pseudomonas*) portant sur cinq souches de *P. stutzeri* (A1501, ATCC 17588, CCUG 29243, DSM 10701 et DSM 4166) entièrement séquencées confirme l'absence des facteurs de virulence suivants qui jouent un rôle important dans l'adhérence, l'invasion, l'évasion des défenses de l'hôte, la formation d'un biofilm et la détérioration des cellules hôtes :

- o protéines effectrices du système de sécrétion de type III (Winsor *et al.*, 2011);
- o des protéines effectrices Hcp et VgrG du système de sécrétion de type VI (Silverman *et al.*, 2012; Winsor *et al.*, 2011);
- o des molécules par « quorum sensing » : 2-heptyl-3-hydroxy-4(1*H*)-quino et 2-alkyl-4(1*H*)-quinolones (Diggle *et al.*, 2006; Winsor *et al.*, 2011);
- o le gène *algD* pour la synthèse des polymères d'alginate (Fialho *et al.*, 1990, Winsor *et al.*, 2011);
- o des toxines extracellulaires telles que les rhamnolipides, la pyocianine, la pyocheline, l'acide cyanhydrique (Winsor *et al.*, 2011).

La bactérie *P. stutzeri* a été associée à une toxine produite par les algues des marées rouges qui ont été reliées à l'empoisonnement marin paralysant (Plumley *et al.*, 1999; Martins *et al.*, 2003). Toutefois, une enquête plus poussée a montré que la bactérie *P. stutzeri* ne produit pas cette toxine, mais que dans certaines conditions de croissance, elle a le potentiel d'isoler les toxines algales dans sa paroi cellulaire (Baker *et al.*, 2003; Martins *et al.*, 2003). Aucune production de toxines par la bactérie *P. stutzeri* n'a été signalée dans la littérature.

Aucun cas de réaction allergique n'a été signalé précisément pour la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*; cependant, d'autres souches de *P. stutzeri* ont été isolées avec d'autres organismes provenant de fluides pour le travail des métaux qui causent une pneumopathie d'hypersensibilité dans les usines de transformation des métaux (Gilbert *et al.*, 2010; Bracker *et al.*, 2003). Comme tous les micro-organismes, la bactérie *P. stutzeri* contient ou produit des composants, tels que des lipopolysaccharides et des enzymes, qui peuvent agir en tant qu'immunostimulants, allergènes ou sensibilisants. La sensibilisation ou les réactions allergiques aux micro-organismes pourraient se produire par voie cutanée ou respiratoire chez des personnes fréquemment exposées ou vulnérables (Martel *et al.*, 2010; Ring *et al.*, 1992).

1.4 Gravité du danger

La bactérie *P. stutzeri* est une espèce microbienne bien définie. Une combinaison de caractéristiques morphologiques, biochimiques et physiologiques permet de la différencier de manière fiable des autres espèces de *Pseudomonas*, en particulier les agents pathogènes très proches comme *P. aeruginosa*. Malgré la présence répandue de *P. stutzeri* dans le sol, l'eau et à proximité des racines des plantes, un seul isolat a été déclaré pathogène pour les poulets; les cas ont été traités avec succès au moyen d'antibiotiques. Certaines souches de *P. stutzeri* ont des propriétés anti-algues, antibactériennes et antifongiques. Comme il a été mentionné précédemment dans la section 1.3.1, des essais expérimentaux avec la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* sur des collemboles du sol ont révélé une diminution significative de la survie des adultes et de la production de juvéniles à des concentrations qui peuvent être atteintes pendant les utilisations de biorestauration (Dybas *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2004). Cependant, aucune preuve n'indique que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* a eu des effets négatifs à l'échelle des populations d'invertébrés terrestres malgré la répartition généralisée de *P. stutzeri* dans l'environnement. Ainsi, la gravité du danger pour l'environnement que représente la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* est jugée comme faible.

Aucune infection humaine n'a été spécifiquement attribuée à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure des substances* dans la littérature scientifique. Néanmoins, on a signalé quelques cas de surinfection provoquée par d'autres isolats de *P. stutzeri* chez des personnes présentant des facteurs prédisposants tels qu'une immunité compromise, un traumatisme, une opération chirurgicale ou des procédures médicales invasives passées, ou contractée à l'hôpital. Tandis que la plupart des isolats cliniques de *P. stutzeri* récupérés appartiennent au génomovar 1, quelques souches appartenant au génomovar 2 ont été identifiées (y compris la souche ATCC 17587). La gravité du danger pour la santé humaine que représente la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* est par conséquent jugée comme faible à moyenne.

Les dangers liés à l'utilisation de ce micro-organisme en milieu de travail doivent être classés comme il se doit en vertu du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT)³.

³ La détermination de la conformité à l'un ou plusieurs des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE (1999) est basée sur une évaluation des risques potentiels pour l'environnement et/ou la santé humaine liés à l'exposition dans l'environnement en général. Pour les humains, cela inclut, sans toutefois s'y limiter, l'exposition par l'air, l'eau et l'utilisation de produits contenant la substance. Une conclusion établie en vertu de la LCPE (1999) sur la souche ATCC 700368 de *G. species* ne présente pas un intérêt pour une évaluation, qu'elle n'empêche pas non plus, en fonction des critères de risque prévus dans le SIMDUT, qui sont définis dans le *Règlement sur les produits contrôlés* visant les produits destinés à être utilisés au travail.

2. Évaluation de l'exposition

Une évaluation de l'exposition détermine les mécanismes par lesquels un micro-organisme est introduit dans un milieu récepteur (section 2.1) et estime qualitativement ou quantitativement l'ampleur, la probabilité, la fréquence, la durée ou l'étendue de l'exposition humaine et environnementale (section 2.2). L'exposition au micro-organisme lui-même, à son matériel génétique, à ses toxines, à ses métabolites et à ses composants structuraux est évaluée dans cette section.

2.1 Sources d'exposition

En tant qu'espèce, la bactérie *P. stutzeri* est naturellement présente dans l'environnement. Cette évaluation préalable a pour but de caractériser l'exposition à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* due à son ajout délibéré dans les produits commerciaux ou de consommation ou à son utilisation dans les procédés industriels.

La souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* a été inscrite sur la *Liste intérieure des substances* en 2005 parce qu'elle a été fabriquée ou importée au Canada entre le 1^{er} janvier 1984 et le 31 décembre 1986, et parce qu'elle a été introduite ou rejetée dans l'environnement sans égard aux conditions de la LCPE (1999) ou de toute autre loi fédérale ou provinciale.

Les réponses à un questionnaire volontaire de 2007 envoyé à un sous-ensemble de sociétés de biotechnologie clés au Canada, combinées avec des renseignements provenant d'autres programmes fédéraux réglementaires et non réglementaires, indiquent qu'une très faible quantité de souches ATCC 17587 de *P. stutzeri* a été importée au Canada aux fins de recherche et de développement au cours de l'année de déclaration 2006.

Le gouvernement a procédé à une enquête obligatoire pour la collecte de renseignements en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999) [avis en vertu de l'article 71], qui a été publiée dans la Partie I de la *Gazette du Canada* le 3 octobre 2009. L'avis en vertu de l'article 71 s'appliquait à toute personne qui, au cours de l'année civile 2008, avait fabriqué ou importé la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, que ce soit seule, dans un mélange ou dans un produit. Aucune activité commerciale ou par les consommateurs utilisant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* n'a été déclarée en réponse à l'avis émis en vertu de l'article 71.

La bactérie *P. stutzeri* est diverse sur le plan métabolique, ce qui pourrait la rendre intéressante du point de vue commercial dans plusieurs industries, en particulier le traitement de l'eau et la dégradation des composés xénobiotiques. Une recherche dans le domaine public a révélé les utilisations actuelles suivantes d'autres souches

de *P. stutzeri* d'origine naturelle, dans les secteurs de la consommation, du commerce et de l'industrie :

- o Biorestauration du pétrole brut léger sur une plage de sable contaminée en Nouvelle-Écosse (Lee et Levy, 1987).
- o Restauration de la qualité des eaux, y compris les lacs, les bassins décoratifs et d'irrigation et les mares-réservoirs pour le bétail (Fiche signalétique A, 2012; fiche signalétique B, 2012; fiche signalétique C, 2013).
- o Nettoyant et désodorisant de fosses septiques (Fiche signalétique A, 2012; fiche signalétique B, 2012).
- o Traitement des séparateurs de graisse et des canalisations d'égout (Fiche signalétique D, 2009; fiche signalétique E, 2013).
- o Nitrification améliorée dans les usines de traitement des eaux usées (Fiche signalétique A, 2012; fiche signalétique E, 2013; fiche signalétique C, 2013).
- o Contrôle des odeurs agricoles et gestion des déchets solides (Fiche signalétique A, 2012).
- o Bionettoyage des altérations de nitrate sur les peintures murales (Bosch-Roig *et al.*, 2013).
- o Composante de Nutri-Life 4/20, un inoculum de thé de compost (Fiche signalétique F, 2013).
- o Production du glucane 1,4- α -maltotétrahydrolase utilisé comme agent technologique alimentaire (FSANZ, 2010).
- o Production de la lipase utilisée dans l'industrie alimentaire, l'industrie des cosmétiques et de la santé, dans les produits chimiques fins, les arômes et les parfums (Fiche signalétique G, 2013).

Voici certaines utilisations potentielles d'autres souches de *P. stutzeri* d'origine naturelle déterminées d'après des brevets déposés :

- o Récupération du pétrole (Fallon *et al.*, 2012, US Patent 20120277126; Keeler *et al.*, 2013, US Patent 8357526, OPIC CA2717852; Choban *et al.*, 2010, OPIC CA 2758325; Alsop *et al.*, 2012, OPIC CA 28184400; Durham et Harless, 2012, OPIC CA 2812167).
- o Élément d'un consortium microbien utilisé pour la récupération de métaux précieux, tels que l'or et l'argent (Brierley et Kulpa, 1993, US Patent 5244493).
- o Élimination des métaux lourds, tels que le sélénium, dans les flux d'eaux usées contaminés (Borg *et al.*, 2012, US Patent 8323497).
- o Traitement biologique des eaux usées pour éliminer l'alcool butylique tertiaire (Insell, 1992, OPIC CA 1304031).
- o Production d'estérase et de xylanase utilisées dans la production de bioéthanol (Henderson et Higgins, 2007, US Patent 20070190627; Bhosle et Giriyan, 2003, US Patent 20030008379).
- o Production d'enzymes lipolytiques, telles que la lipase, utilisées dans la fabrication de détergents et la transformation des textiles (Mikkelsen *et*

- al.*, 2012, US Patent 8329632; Daimon et Uyama, 2001, OPIC CA2413838, US Patent 6797010; Lund *et al.*, 1998, US Patent 6077316; Mao, 2000 WO/2000/040551; Farin *et al.*, 1993 OPIC CA1313360).
- o Production d'amylase utilisée comme additif alimentaire (Kragh et Soerensen, 2005, WO/2005/003339, OPIC CA2531647).
 - o Production d'arabinosides de purine qui peuvent être utilisés comme ingrédients chimiques ou médicaux (Utagawa *et al.*, 1982, OPIC CA1120876).
 - o Production de phosphorylase utilisée dans la production de 7-hydroxyguanine, un ingrédient actif présent dans les agents antitumeurs (Kitahara *et al.*, 1989, OPIC CA1263946).

2.2 Caractérisation de l'exposition

2.2.1 Environnement

L'exposition de l'environnement à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* est jugée faible d'après l'absence de réponses à l'avis en vertu de l'article 71, ce qui suggère que cette souche n'est plus utilisée dans les produits commerciaux ou de consommation ou dans les procédés industriels au Canada.

Néanmoins, des scénarios d'exposition de l'environnement, en cas de reprise d'activités commerciales, industrielles ou de consommation utilisant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, ont été pris en considération, ainsi que les propriétés de persistance et de survie de ce micro-organisme.

L'ampleur de l'exposition des plantes et des animaux à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dépendra de la persistance et de la survie de ce micro-organisme dans l'environnement. La bactérie *P. stutzeri* ne forme pas de spores, elle ne peut donc pas survivre pendant de longues périodes sans éléments nutritifs ou résister à des températures extrêmes, à la radiation ou aux produits chimiques (examiné dans Setlow, 2006). Toutefois, *P. stutzeri* est versatile sur le plan métabolique et elle devrait facilement coloniser de nouveaux milieux terrestres. Xiang *et al.* (2010) ont étudié la persistance de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans le sol de microcosme et ont signalé que les populations de cette souche dominaient, à la suite d'une période d'adaptation initiale après l'inoculation, et restaient stables avec une abondance relativement élevée de 10^7 UFC/g de sol sec tout au long de l'expérience d'incubation dans le sol. De plus, des souches de *P. stutzeri* d'origine naturelle ont été isolées à partir de divers écosystèmes aquatiques. Lalucat *et al.* (2006) ont suggéré que *P. stutzeri* est une véritable espèce marine en raison de sa capacité à tolérer une concentration en sel élevée. Les souches marines de *P. stutzeri* se trouvent dans la colonne d'eau et les sédiments où elles jouent un rôle dans le cycle de l'azote. Plusieurs souches ont aussi été isolées à partir d'eau souterraine et d'eaux usées contaminées, confirmant ainsi que *P. stutzeri* peut survivre dans des habitats d'eau douce (examiné dans Lalucat *et al.*, 2006; Criddle

et al., 1990; Dybas et al., 1995). En général, la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* devrait pouvoir survivre et persister dans la plupart des milieux terrestres, aquatiques et marins.

Les scénarios d'exposition suivants s'appuient sur les utilisations connues d'autres souches et les utilisations futures probables décrites à la section 2.1, Sources d'exposition. Il est probable que des utilisations telles que la biorestauration, le contrôle des odeurs agricoles, la gestion des déchets solides, le compostage et l'élimination des déchets solides provenant d'utilisations industrielles introduisent la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans les écosystèmes terrestres. Il est probable que les invertébrés terrestres vivant dans les sols du lieu de l'application ou de l'élimination et que les plantes poussant dans les sols traités soient les plus directement exposés. Les vertébrés pourraient ingérer la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* en se nourrissant des plantes ou des invertébrés vivant dans les sols traités ou contaminés.

Les espèces aquatiques et marines peuvent entrer en contact avec la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* en raison du ruissellement provenant de l'application terrestre et à partir de l'application directe de *P. stutzeri* ATCC 17587 à des plans d'eau pour des utilisations telles que la restauration de la qualité de l'eau (douce et salée), le traitement des eaux usées ou l'élimination des eaux usées provenant d'applications telles que la récupération du pétrole et de métaux ou la fabrication d'enzymes, de détergents et d'additifs alimentaires.

Les applications aquatiques pourraient également exposer les espèces terrestres. Par exemple, les animaux au pâturage pourraient ingérer la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* à la suite de son utilisation dans la restauration de la qualité de l'eau des mares-réservoirs pour le bétail, alors que les plantes et les invertébrés terricoles pourraient être exposés à la suite du traitement des bassins d'irrigation.

En cas de reprise d'activités commerciales, industrielles ou de consommation, l'exposition de l'environnement à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* augmentera probablement. Les milieux environnementaux et les espèces qui seront exposés à la souche inscrite sur la *Liste intérieure des substances* dépendront des utilisations mentionnées dans les scénarios d'exposition décrits ci-dessus.

2.2.2 Humains

D'après l'absence d'activités de consommation ou commerciales au Canada, selon l'avis en vertu de l'article 71, on estime que l'exposition humaine globale à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* est faible. Néanmoins, étant donné l'étendue et l'échelle des applications connues et potentielles de l'espèce *P. stutzeri* figurant à la section 2.1 Sources d'exposition, il y a un risque d'augmentation de l'exposition humaine aux produits contenant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, et des scénarios d'exposition découlant de ces produits ont été pris en compte.

Si des produits contenant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* deviennent accessibles au Canada, l'exposition humaine pourrait être plus grande en raison de l'utilisation de produits de consommation prévus pour le traitement des aquariums et des bassins décoratifs, le dégraissage des drains de cuisine, le nettoyage et la désodorisation des fosses septiques, et le compostage. On s'attend à ce que la manipulation et l'application de ces produits entraînent l'exposition directe de la peau et par inhalation de gouttelettes pulvérisées ou de poussières contenant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans les poumons.

Après l'application du produit, la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* résiduelle sur les surfaces et dans les réservoirs, tels que les canalisations traitées, pourrait entraîner une exposition cutanée, une exposition par ingestion fortuite si l'organisme persiste sur les surfaces de préparation des aliments et son inhalation, lorsque les aérosols sont générés (p. ex. avec les broyeurs à ordures dans les cuisines). Puisque la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* devrait persister après l'application, ces expositions peuvent ne pas avoir lieu au moment de l'application.

Si des produits commerciaux contenant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* deviennent accessibles au Canada, la population générale pourrait faire l'objet d'une exposition fortuite lors de l'application de ces produits commerciaux. Le degré d'exposition fortuite dépendra du mode d'application, du volume appliqué et de la proximité des tierces personnes par rapport au lieu de l'application, mais il devrait en général être modéré.

L'exposition humaine à des plans d'eau et à des sols traités avec la souche 17587 de *P. stutzeri* (p. ex. par l'entremise d'activités récréatives) pourrait également conduire à l'exposition de la peau et des yeux, ainsi qu'à une ingestion fortuite; toutefois, la dilution du produit devrait réduire de façon importante l'exposition pour ce qui est des scénarios d'applications ménagères.

L'exposition indirecte à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans l'environnement à la suite de son utilisation dans la récupération du pétrole, le traitement de l'eau et des eaux usées, ou l'élimination des déchets provenant de son utilisation dans la production d'enzymes, aurait certainement lieu aux alentours des sites d'application ou d'élimination, mais ne devrait pas être plus importante que l'exposition directe découlant de l'utilisation de l'organisme dans les produits de consommation.

Si l'organisme pénètre dans les systèmes municipaux de traitement de l'eau potable par l'entremise de rejets dus à des utilisations potentielles, le procédé de traitement de l'eau, qui comprend la coagulation, la floculation, l'ozonisation, la filtration et la chloration, devrait éliminer de façon efficace ces micro-organismes dans l'eau potable.

S'il y a utilisation commerciale, industrielle ou de consommation de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, l'exposition humaine dans les scénarios d'exposition décrits

ci-dessus peut se produire et pourrait inclure une exposition directe et possiblement répétée à des préparations concentrées de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*.

Caractérisation des risques

Dans cette évaluation, le risque est caractérisé selon un paradigme intégré à l'article 64 de la LCPE (1999) qui veut qu'un danger et l'exposition à ce danger soient tous deux nécessaires pour qu'il y ait un risque. La conclusion de l'évaluation des risques est basée sur le danger et sur ce que l'on connaît de l'exposition due aux utilisations actuelles.

Concernant la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*, on estime que le danger est faible pour l'environnement et faible à moyen pour la santé humaine. On ne s'attend pas actuellement à une exposition de l'environnement et une exposition humaine de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dues à son utilisation volontaire dans des procédés industriels ou des produits de consommation ou commerciaux au Canada (faible exposition); on estime donc que le risque associé à ces utilisations actuelles devrait être faible pour l'environnement et la santé humaine.

La détermination du risque posé que présentent les utilisations actuelles est suivie par la prise en compte du danger estimé lié à de futures expositions prévisibles (découlant de nouvelles utilisations). Si un risque peut être associé à de nouvelles utilisations ou activités, le gouvernement peut prendre des mesures en appliquant les dispositions relatives aux nouvelles activités afin de demander une évaluation de ces nouvelles utilisations ou activités avant le début de ces dernières.

Néanmoins, la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* possède des propriétés utiles qui pourraient entraîner l'exposition de l'environnement et l'exposition humaine aux produits contenant cette souche à l'avenir. Le risque que présentent les utilisations potentielles prévisibles de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* reste faible étant donné qu'il n'y a aucune preuve d'effets sur la santé humaine ou d'effets écologiques nocifs pour les espèces de l'environnement à l'échelle de la population, malgré la répartition généralisée de la bactérie *P. stutzeri* dans l'environnement et l'historique des utilisations industrielles, environnementales et commerciales.

La bactérie *P. stutzeri* peut agir comme un agent pathogène opportuniste chez les humains sensibles. Comparativement aux autres agents pathogènes opportunistes de *Pseudomonas* étroitement apparentés, l'incidence des infections nosocomiales (à l'hôpital) ou secondaires dues à *P. stutzeri* chez les individus ayant une immunité compromise ou une condition médicale sous-jacente est faible. Seulement trois cas signalés d'infection à la bactérie *P. stutzeri* chez des personnes par ailleurs en bonne santé ont été trouvés dans la documentation. Dans le cas peu probable d'une infection à la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* due à son utilisation dans des procédés industriels, dans des produits de consommation ou commerciaux, un certain nombre d'antibiotiques pertinents du point de vue clinique sont efficaces contre la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*. Le risque que présentent les

utilisations potentielles prévisibles de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* pour l'environnement et la population générale devrait être faible.

Conclusion

À la lumière des réponses à l'avis en vertu de l'article 71 en 2009, il est conclu que la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* ne pénètre pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à :

- avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique;
- mettre en danger ou risquer de mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie;
ou
- constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

Il est donc conclu que cette substance ne répond pas aux critères établis à l'article 64 de la LCPE (1999).

Références

- Advanced Water Technologies. 2012. Material Safety Data Sheet (fiche signalétique A) : Powder-Based Bacterial Mixture (Includes the following brand name formulations: StartSmart Activator, PondPerfect Activator, PitMaster Activator, OdorMaster Activator, EcoBac, EcoClear, Septic Medic Power Pack, and EcoSock. Accès : <http://awtech.ca/home/wp-content/uploads/2013/06/Advanced-Water-Technologies-MSDS-Powder-Based-Bacterial-Products.pdf> [consulté en juin 2013].
- Alsop, A.W., Anyzek, S., Fallon, R.D., Hendrickson, E.R., Keeler, S.J., Perry, M.P. 2012. Prévention d'une agrégation de biomasse dans des puits d'injection. OPIC 2814400.
- Baker, T.R., Doucette, G.J., Powell, C.L., Boyer, G.L., and Plumley, F.G. (2003). GTX4 imposters: characterization of fluorescent compounds synthesized by *Pseudomonas stutzeri* SF/PS and *Pseudomonas/Alteromonas* PTB-1, symbionts of saxitoxin-producing *Alexandrium* spp. *Toxicon* 41, 339–347.
- Balaji, V., Jesudason, M.V., Sridharan, G., and Subramanian, K. (2004). Detection of virulence attributes of *Burkholderia pseudomallei*. *Indian J. Med. Res.* 119, 101–106.
- Barraquio, W.L., Dumont, A., and Knowles, R. (1988). Enumeration of free-living aerobic N₂-fixing H₂-oxidizing bacteria by using a heterotrophic semisolid medium and most-probable-number technique. 54, 1313–1317.
- Bello, C.S.S. (2007). *Pseudomonas stutzeri*: A rare cause of neonatal septicaemia. 13, 731–734.
- Bennasar, A., Mulet, M., Lalucat, J., and García-Valdés, E. (2010). PseudoMLSA: a database for multigenic sequence analysis of *Pseudomonas* species. *BMC Microbiol.* 10, 1–6.
- Bhosle, N., Giriyan, A. 2003. Novel "Pseudomonas stutzeri" strain and process for preparation of xylanase. Brevet américain n° 20030008379 A1.
- Bio-Industries Ltd. 2009. Material Safety Data Sheet (fiche signalétique D) : Bio-Degreaser. Accès :
- Bishara, J., Robenshtok, E., Samra, Z., and Pitlik, S. (2000). Prosthetic knee septic arthritis due to *Pseudomonas stutzeri*. *Can. J. Infect. Dis.* 11, 329–331.
- Bisharat, N., Gorlachev, T., Keness, Y. 2012. 10-years hospital experience in *Pseudomonas stutzeri* and literature review. *Open Infect. Dis. J.* 6:21-24.
- Blue Planet Indochina. 2013. Certificate of Analysis (fiche signalétique C) : Aqua Clean ACF 32. Accès : <http://www.blueplanetindochina.com/img/MediaRoom/41.pdf> [consulté en juin 2013].
- Bolognese, F., Di Lecce, C., Galli, E., and Barbieri, P. (1999). Activation and inactivation of *Pseudomonas stutzeri* methylbenzenecatabolism pathways mediated by a transposable element. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 1876–1882.
- Borg, C., Friese, D., and Tyze-Kuan, T.Y. (2012). Removal of selenium in contaminated wastewater streams. US Patent 8323497B2.
- Bosch-Roig, P., Regidor-Ros, J.L., Soriano-Sancho, P., and Montes-Estellés, R.M. (2013). Biocleaning of animal glue on wall paintings by *Pseudomonas stutzeri*. *Chim. Oggi* 31, 50–53.
- Bracker, A., Storey, E., Yang, C., and Hodgson, M.J. (2003). An outbreak of hypersensitivity pneumonitis at a metalworking plant: A longitudinal assessment of intervention effectiveness. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 18, 96–108.

Braun, V., Pramanik, A., Gwinner, T., Köberle, M., and Bohn, E. (2009). Sideromycins: tools and antibiotics. *Biometals*. 22(1), 3–13.

Brierley, J.A., and Kulpa, C.F. (1993). Biometallurgical treatment of precious metal ores having refractory carbon content. US Patent 5244493 A.

Campos-Herrero, M., Bordes, A., Rodríguez, H., Perera, A., González, B., and Conde, A. (1997). *Pseudomonas stutzeri* community-acquired pneumonia associated with empyema: Case report and review. *Clin. Infect. Dis.* 25, 325–326.

Carratala, J., Salazar, A., Mascaro, J., and Santin, M. (1992). Community-acquired pneumonia due to *Pseudomonas stutzeri*. *Clin. Infect. Dis.* 14, 792.

Carvalho-Assef, A., Gomes, M.Z.R., Silva, A.R.A., Werneck, L., Rodrigues, C.A.S., Souza, M.J., and Asensi, M.D. (2010). IMP-16 in *Pseudomonas putida* and *Pseudomonas stutzeri*: Potential reservoirs of multidrug resistance. *J. Med. Microbiol.* 59, 1130–1131.

Ceri, M., Ortabozkoyun, L., Altay, M., Unverdi, S., Kurultak, I., Huddam, B., Kilic, F., Yilmaz, R., and Duranay, M. (2010). Peritonitis due to *Pseudomonas stutzeri*, an organism that may be difficult to culture. *Periton. Dialysis Int* 30, 484–486.

Chan, Y.-., Barraquio, W.L., and Knowles, R. (1994). N₂-fixing pseudomonads and related soil bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 13, 95–118.

Chang, H.J., Christenson, J.C., Pavia, A.T., Bobrin, B.D., Bland, L.A., Carson, L.A., Arduino, M.J., Verma, P., Aguero, S.M., Carroll, K., et al. (1996). *Ochrobactrum anthropi* Meningitis in Pediatric Pericardial Allograft Transplant Recipients. *J. Infect. Dis.* 173, 660.

Chen, M., Yan, Y., Zhang, W., Lu, W., Wang, J., Ping, S., and Lin, M. (2011). Complete genome sequence of the type strain *Pseudomonas stutzeri* CGMCC 1.1803. *J. Bacteriol.* 193, 6095.

Choban, E.R., Fallon, R.D., Hendrickson, E.R., Jackson, S.C., Luckring, A.K., Perry, M.P., Suchanec, D.A., and Anyzek, S. (2013). Altering the interface of hydrocarbon-coated surfaces. CIPCA 2758325.

Christie-Oleza, J.A., Lanfranconi, M.P., Nogales, B., Lalucat, J., and Bosch, R. (2008). Conjugative interaction induces transposition of ISPst9 in *Pseudomonas stutzeri* AN10. *J. Bacteriol.* 191(4), 1239–1247.

Cladera, A.M., Bennasar, A., Barceló, M., Lalucat, J., García-Valdés, E. 2004. Comparative Genetic Diversity of *Pseudomonas stutzeri* Genomovars, Clonal Structure, and Phylogeny of the Species. *J. Bacteriol.* 186:5239-5248.

CLEA Technologies. 2013. Brochure de produit (fiche signalétique G) : Soluble Lipase. Accès : http://v2.sparqcms.com/dir_upload/site/e5ba009256c49070f8b73bba45df96ee/PS_FE_Lipase.pdf [consulté en juin 2013].

Criddle, C.S., DeWitt, J.T., Grbic-Galic, D., and McCarty, P.L. (1990). Transformation of carbon tetrachloride by *Pseudomonas* sp. strain KC under denitrification conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 3240–3246.

Daimon, K., and UYama, N. (2001). Redeposition or backstain inhibition during stonewashing process. CIPCA 2413838A1, US Patent 6797010 B2.

Diggie, S.P., Cornelis, P., Williams, P., and Cámara, M. (2006). 4-Quinolone signalling in *Pseudomonas aeruginosa*: Old molecules, new perspectives. *Int. J. Med. Microbiol.* 296, 83–91.

Dijk, J.A., Stams, A.J.M., Schraa, G., Ballerstedt, H., De Bont, J.A.M., and Gerritse, J. (2003). Anaerobic oxidation of 2-chloroethanol under denitrifying conditions by *Pseudomonas stutzeri* strain JJ. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 63, 68–74.

Dogruöz, N., Göksay, D., İlhan-Sungur, E., and Cotuk, A. (2009). Pioneer colonizer microorganisms in biofilm formation on galvanized steel in a simulated recirculating cooling-water system. *J. Basic Microbiol.* 49, S5–S12.

Durham, D.K., and Harless, M.L. (2012). Method for the use of nitrates and nitrate reducing bacteria in hydraulic fracturing. CIP0 2812167.

Dybas, M. J., Hyndman, D.W., Heine, R., Tiedje, J., Linning, K., Wiggert, D., Voice, T., Zhao, X., Dybas, L. and Criddle, C.S. (2002). Development, operation, and long-term performance of a full-scale biocurtain utilizing bioaugmentation. *Environ. Sci., Technol.* 36: 3635–3644.

Dybas, M.J., Tataru, G.M., and Criddle, C.S. (1995). Localization and characterization of the carbon tetrachloride transformation activity of *Pseudomonas* sp. strain KC. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 758–762.

Dyrhman, S.T., Chappell, P.D., Haley, S.T., Moffett, J.W., Orchard, E.D., Waterbury, J.B., and Webb, E.A. (2006). Phosphonate utilization by the globally important marine diazotroph *Trichodesmium*. *Nature* 439, 68–71.

Elting, L.S., and Bodey, G.P. (1990). Septicemia due to *Xanthomonas* Species and Non-Aeruginosa *Pseudomonas* Species: Increasing Incidence of Catheter-Related Infections. *Medicine* 69, 296–306.

Environment Canada and Health Canada. (2011). Framework on the Science-Based Risk Assessment of Micro-organisms under the *Canadian Environmental Protection Act, 1999*. <http://www.ec.gc.ca/subsnouvelles-news/subs/default.asp?lang=En&n=120842D5-1>.

Environment Canada. (2004). Guidance Document for Testing the Pathogenicity and Toxicity of New Microbial Substances to Aquatic and Terrestrial Organisms. EPS1/RM/44. Method Development and Applications Section. Environmental Technology Centre. <http://publications.gc.ca/collections/Collection/En49-7-1-44E.pdf> (viewed October 2013).

Ergin, C., and Mutlu, G. (1999). Clinical distribution and antibiotic resistance of *Pseudomonas* species. *East J Med* 4, 65–69.

Fallon, R.D., Hendrickson, E.R., Jackson, S.C., Keeler, S.J., Luckring, A.K., and Rees, B.C. (2012). Methods, strains, and compositions useful for microbially enhanced oil recovery: *Pseudomonas stutzeri*. US Patent 20120277126 A1.

Farin, F., Labout, J.J.M., and Verschoor, G.J. (1993). Lipolytic enzymes and their use in detergent compositions. CIP0 1313360.

Felts, S.K., Schaffner, W., and Melly, A. (1972). Sepsis Caused by Contaminated Intravenous Fluids: Epidemiologic, Clinical, and Laboratory Investigation of an Outbreak in Once Hospital. *Ann. Intern. Med.* 77, 890.

Fialho, A.M., Zielinski, N.A., Fett, W.F., Chakrabarty, A.M., and Berry, A. (1990). Distribution of alginate gene sequences in the *Pseudomonas* rRNA homology group I-Azomonas-Azotobacter lineage of superfamily B prokaryotes. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 436–443.

FSANZ. (2010). Food and Standards Australia and New Zealand Approval Report. Application A1033 Maltotetrahydrolase as a processing aid (enzyme). <http://www.foodstandards.gov.au/code/applications/documents/A1033%20Maltotetrahydrolase%20Appr%20FINAL.pdf> (viewed June 2013).

Gamble, T.N., Betlach, M.R., and Tiedje, J.M. (1977). Numerically dominant denitrifying bacteria from world soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 33, 926–939.

Garcia-Valdes, E., Mulet, M., and Lalucat, J. (2010). Chapter 6: Insights into the lifestyles of *Pseudomonas stutzeri*. In *Pseudomonas*. Volume 6 Molecular Microbiology, Infection and Biodiversity. Ramos, J. L., and Filloux, A. eds., (New York: Springer) pp. 177–198.

Ginard, M., Lalucat, J., Tümmeler, B., and Römmling, U. (1997). Genome organization of *Pseudomonas stutzeri* and resulting taxonomic and evolutionary considerations. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47, 132–143.

Goetz, A., Yu, V.L., Hanchett, J.E., and Rihs, J.D. (1983). *Pseudomonas stutzeri* Bacteremia Associated With Hemodialysis. *Arch Intern Med* 143, 1909–1912.

Graupner, S., and Wackernagel, W. (2000). A broad-host-range expression vector series including a Ptac test plasmid and its application in the expression of the *dod* gene of *Serratia marcescens* (coding for ribulose-5-phosphate 3-epimerase) in *Pseudomonas stutzeri*. *Biomol. Eng.* 17, 11–16.

Graupner, S., and Wackernagel, W. (2001). Identification and characterization of novel competence genes *comA* and *exbB* involved in natural genetic transformation of *Pseudomonas stutzeri*. *Res. Microbiol.* 152, 451–460.

Grimaldi, D., Podglajen, I., Aubert, A., Buu-Hoï, A., Diebold, B., and Mainardi, J. (2009). Case of indolent endocarditis due to *Pseudomonas stutzeri* with genetic evidence of relapse after 4 years. *J. Clin. Microbiol.* 47, 503–504.

Grüntzig, V., Nold, S.C., Zhou, J., and Tiedje, J.M. (2001). *Pseudomonas stutzeri* nitrite reductase gene abundance in environmental samples measured by real-time PCR. *Appl. Environ. Microbiol.* 67, 760–768.

Hardoim, P.R., van Overbeek, L.S., and Elsas, J.D.v. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends Microbiol.* 16, 463–471.

Hayashida, S., Tanaka, S., Teramoto, Y., Nanri, N., Yoshino, S., and Furukawa, K. (1991). Isolation of Anti-Algal *Pseudomonas stutzeri* Strains and Their Lethal Activity for *Chattonella antiqua*. *Agric. Biol. Chem.* 55(3), 787–790.

Henderson, L., and Higgins, D. (2007). Processes for making ethanol. US Patent 20070190627A1.

Holmes, B. (1986). Identification and distribution of *Pseudomonas stutzeri* in clinical material. *J. Appl. Bacteriol.* 60, 401–411.

<http://www.bio.com.tr/doc/en/BioYagCozucuMGBFEN.pdf> [consulté en juin 2013].

<http://www.organica-uk.co.uk/pdfdownloads/wastewater.pdf> [consulté en juin 2013].

Insell, J.P. (1992). Microbial catabolism of tertiary butyl alcohol. CIP0 1304031.

Jiraskova, N., and Rozsival, P. (1998). Delayed-onset *Pseudomonas stutzeri* endophthalmitis after uncomplicated cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.* 24, 866–867.

Keeler, S.J., Fallon, R.D., Hendrickson, E.R., Hnatow, L.L., Jackson, S.C., and Perry, M.P. (2013). Identification, characterization, and application of *Pseudomonas stutzeri* (LH4:15), useful in microbially enhanced oil release. US Patent 8357526 B2; CIP0 2717852A1.

Keys, T.F., Melton III, L.J., Maker, M.D., and Ilstrup, D.M. (1983). A suspected hospital outbreak of pseudobacteremia due to *Pseudomonas stutzeri*. *J. Infect. Dis.* 147, 489–493.

Kitahara, M., Ishii, K., Kawaharada, H., and Watanabe, K. (1989). 7-hydroxyguanine compounds, process for preparing said compounds, and anti-tumor agent containing the same. CIPO 1263946.

Korner, H., and Zumft, W.G. (1989). Expression of denitrification enzymes in response to the dissolved oxygen levels and respiratory substrate in continuous culture of *Pseudomonas stutzeri*. Appl. Environ. Microbiol. 55, 1670–1676.

Köse, M., Öztürk, M., Kuyucu, T., Güneş, T., Akçakap, M., and Sümerkan, B. (2004). Community-acquired pneumonia and empyema caused by *Pseudomonas stutzeri*: A case report. Turk. J. Pediatr. 46, 177–178.

Kragh, K.M., and Sorensen, B.S. (2005). Food additive comprising *Pseudomonas* non-maltogenic exoamylase variants. CIPO 2531647, WO/2005/003339.

Krotzky, A., and Werner, D. (1987). Nitrogen fixation in *Pseudomonas stutzeri*. Arch. Microbiol. 147, 48–57.

Lalucat, J., Bennasar, A., Bosch, R., García-Valdés, E., and Palleroni, N.J. (2006). Biology of *Pseudomonas stutzeri*. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 70, 510–547.

Lebowitz, D., Gürses-Özden, R., Rothman, R.F., Liebmann, J.M., Tello, C., and Ritch, R. (2001). Late-Onset Bleb-Related Panophthalmitis With Orbital Abscess Caused by *Pseudomonas stutzeri*. Arch. Ophthalmol. 119, 1723–1725.

Lee, N.Y., Yan, J.J., Lee, H.C., Liu, K.H., Huang, S.T., and Ko, W.C. (2004). Clinical experiences of bacteremia caused by metallo-beta-lactamase-producing gram-negative organisms. J. Microbiol. Immunol. Infect. 37, 343–349.

Lee, V.K., and Levy, E.M. (2005). Enhanced biodegradation of a light crude oil in sandy beaches. Paper presented at 2005 International Oil Spill Conference. Miami Beach, Florida. 2449.

Leung, K., Trevors, J.T., and Lee, H. (1995). Survival of and lacZ expression recombinant *Pseudomonas* strains introduced into river water microcosms. Can. J. Microbiol. 41, 461–469.

Liba, C.M., Ferrara, F.I.S., Manfio, G.P., Fantinatti-Garboggini, F., Albuquerque, R.C., Pavan, C., Ramos, P.L., Moreira-Filho, C.A., and Barbosa, H.R. (2006). Nitrogen-fixing chemo-organotrophic bacteria isolated from cyanobacteria-deprived lichens and their ability to solubilize phosphate and to release amino acids and phytohormones. J. Appl. Microbiol. 101, 1076–1086.

Lim, H.-., Kim, Y.-., and Kim, S.-. (1991). *Pseudomonas stutzeri* YPL-1 genetic transformation and antifungal mechanism against *Fusarium solani*, an agent of plant root rot. Appl. Environ. Microbiol. 57, 510–516.

Lin, M.Y., Cheng, M.C., Huang, K.J., and Tsai, W.C. (1993). Classification, pathogenicity, and drug susceptibility of hemolytic gram-negative bacteria isolated from sick or dead chickens. Avian Dis. 37, 6–9.

Lorenz, M.G., and Sikorski, J. (2000). The potential for intraspecific horizontal gene exchange by natural genetic transformation: Sexual isolation among genomovars of *Pseudomonas stutzeri*. Microbiology 146, 3081–3090.

Loyse, A., Storrington, R.A., and Melzer, M. (2006). *Pseudomonas stutzeri* pneumonia in an HIV seropositive patient. J. Infect. 53, 75–76.

Lund, H., Nilsson, T.E., and Pickard, T. (1998). Treatment of fabrics. US Patent 60077316 A.

Mao, H.K. (2000). Process for forming highly soluble linear alkyl benzene sulfonate surfactant and cleaning compositions containing the same. WO/2000/040551 A1.

Martel, C., Nielsen, G.D., Mari, E., Licht, T.R., and Poulsen, L.K. (2010). Scientific / Technical Report Submitted to EFSA - Bibliographic Review on the Potential of Microorganisms, Microbial Products and Enzymes to Induce Respiratory Sensitization. CFP/EFSA/FEEDAP/2009/02. <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/75e.htm> (viewed July 2012).

Martins, C.A., Alvito, P., Tavares, M.J., Pereira, P., Doucaette, G., and Franca, S. (2003). Reevaluation of Production of Paralytic Shellfish Toxin by Bacteria Associated with Dinoflagellates of the Portuguese Coast. Appl. Environ. Microbiol. 69, 5693–5698.

Meier, P., and Wackernagel, W. (2003). Mechanisms of homology-facilitated illegitimate recombination for foreign DNA acquisition in transformable *Pseudomonas stutzeri*. Mol. Microbiol. 48(4), 1107–1118.

Meier, P., and Wackernagel, W. (2005). Impact of mutS inactivation on foreign DNA acquisition by natural transformation in *Pseudomonas stutzeri*. J. Bacteriol. 187, 143–154.

Meyer, J.M., and Abdallah, M.A. (1980). The siderochromes of non-fluorescent pseudomonads: Production of nocardamine by *Pseudomonas stutzeri*. J. Gen. Microbiol. 118, 125–129.

Mikkelsen, M., Ryom, N.M., Ladefoged, C., and Friis-Jensen, S. (2012). Detergent compositions and the use of enzyme combinations therein. US Patent 8329632 B2.

Miron, D., Keness, Y., Bor, N., Spiegel, R., and Horowitz, Y. (2007). *Pseudomonas stutzeri* knee arthritis in a child: Case report and review. J. Pediatr. Orthop. B 16, 419–421.

NCPPB. (2013). National Collection of Plant Pathogenic Bacteria No. 1972. *Pseudomonas stutzeri* (Lehmann & Neumann 1896) Sijderius 1946. <http://www.straininfo.net/strains/18629/browser;jsessionid=57D3C894060B0C0DD7F0514EC1BFDC93> [viewed May 2013].

Noble, R.C., Overman, S.B. 1994. *Pseudomonas stutzeri* Infection: A Review of Hospital Isolates and a Review of the Literature. Diagn. Microbiol. Infect. Dis. 19:51-56.

Organica. 2013. Brochure de produit (fiche signalétique E) : Formula 33.

Palleroni, N.J. (2005). Genus 1: *Pseudomonas* Migula 1894. In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Volume 2 The Proteobacteria. Part B. Brenner, D. J., Krieg, N. R. and Staley, J. T. eds., (New York: Springer) pp. 355–373.

Palleroni, N.J., Doudoroff, M., Stanier, R.Y., Solánes, R.E., and Mandel, M. (1970). Taxonomy of the aerobic pseudomonads: the properties of the *Pseudomonas stutzeri* group. J. Gen. Microbiol. 60, 215–231.

Pandey, R., Chavan, P.N., Walokar, N.M., Sharma, N., Tripathi, V., and Khetmalas, M.B. (2013). *Pseudomonas stutzeri* RP1: A Versatile Plant Growth promoting Endorhizospheric Bacteria inhabiting Sunflower (*Helianthus annuus*). Res J Biotechnol 8(7), 48–55.

Plumely, F.G., Wei, Z., and Toivanen, T.B. (1999). Tn5 Mutagenesis of *Pseudomonas stutzeri* SF/PS, A Bacterium Associated with *Alexandrium lusitanicum* (Dinophyceae) and Paralytic Shellfish Poisoning. J. Phycol. 35, 1396.

Podgorsek, L., and Imhoff, J.F. (1999). Tetrathionate production by sulfur oxidizing bacteria and the role of tetrathionate in the sulfur cycle of Baltic Sea sediments. Aquatic Microb. Ecol. 17, 255–265.

- Poirel, L., Rodríguez-Martínez, J.-., Al Naiemi, N., Debets-Ossenkopp, Y.J., and Nordmann, P. (2010). Characterization of DIM-1, an integron-encoded metallo- β -lactamase from a *Pseudomonas stutzeri* clinical isolate in the Netherlands. *Antimicrob. Agents Chemother.* 54, 2420–2424.
- Potvliege, C., Jonckheer, J., Lenclud, C., and Hansen, W. (1987). *Pseudomonas stutzeri* pneumonia and septicemia in a patient with multiple myeloma. *J. Clin. Microbiol.* 25, 458–459.
- Priestley, G.S., Holland, J., Marsh, B., and Wilson, R. (1996). *Pseudomonas stutzeri* septicaemia in association with a bullous skin eruption. *Anaesth. Intensive Care* 24, 710–713.
- Rainey, P.B., Thompson, I.P., and Palleroni, N.J. (1994). Genome and fatty acid analysis of *Pseudomonas stutzeri*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 44, 54–61.
- Rediers, H., Bonnacarrère, V., Rainey, P.B., Hamonts, K., Vanderleyden, J., and De Mot, R. (2003). Development and Application of a *dapB*-Based in Vivo Expression Technology System to Study Colonization of Rice by the Endophytic Nitrogen-Fixing Bacterium *Pseudomonas stutzeri* A15. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 6864–6874.
- Reisler, R.B., and Blumberg, H. (1999). Community-acquired *Pseudomonas stutzeri* vertebral osteomyelitis in a previously healthy patient: Case report and review. *Clin. Infect. Dis.* 29, 667–669.
- Reniero, D., Mozzon, E., Galli, E., and Barbieri, P. (1998). Two aberrant mercury resistance transposons in the *Pseudomonas stutzeri* plasmid pPB. *Gene.* 208, 37–42.
- Ring, J., Abeck, D., and Neuber, K. (1992). Atopic eczema: Role of microorganisms on the skin surface. *Allergy Eur. j. Allergy Clin. Immunol.* 47, 265–269.
- Rius, N., Carme Fusté, M.C., Guasp C., Lalucat, J., and Lorén, J.G. (2001). Clonal population structure of *Pseudomonas stutzeri*, a species with exceptional genetic diversity. *J. Bacteriol.* 183(2), 736–744.
- Roig, P., Orti, A., and Navarro, V. (1996). Meningitis due to *Pseudomonas stutzeri* in a patient infected with human immunodeficiency virus. *Clin. Infect. Dis.* 22, 587–588.
- Rosenberg, I., Leibovici, L., and Mor, F. (1987). *Pseudomonas stutzeri* causing late prosthetic valve endocarditis. *J. R. Soc. Med.* 80, 457–459.
- Rosselló, R., Garcia-Valdes, E., Lalucat, J., and Ursing, J. (1991). Genotypic and phenotypic diversity of *Pseudomonas stutzeri*. *Syst. Appl. Microbiol.* 14, 150–158.
- Rosselló, R., Garcia-Valdes, E., Macario, A.J.L., Lalucat, J., and Conway de Macario, E. (1992). Antigenic Diversity of *Pseudomonas stutzeri*. *System. Appl. Microbiol.* 15, 617–623.
- Rosselló-Mora, R., and Amann, R. (2001). The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiol. Rev.* 25(1), 39–67.
- Rowley, A.H., Dias, L.D., Chadwick, E.G., and Shulman, S.T. (1987). *Pseudomonas stutzeri*: An unusual cause of calcaneal *Pseudomonas* osteomyelitis. *Pediatr. Infect. Dis. J.* 6, 296–297.
- Sazinsky, M.H., Bard, J., Di Donato, A., and Lippard, S.J. (2004). Crystal structure of the toluene/o-xylene monooxygenase hydroxylase from *Pseudomonas stutzeri* OX1: Insight into the substrate specificity, substrate channeling, and active site tuning of multicomponent monooxygenases. *J. Biol. Chem.* 279, 30600–30610.
- Scotta C., Gomila, M., Mulet, M., Lalucat, J., and García-Valdés, E. (2013). Whole-cell MALDI-TOF mass spectrometry and multilocus sequence analysis in the discrimination of *Pseudomonas stutzeri* populations: three novel genomovars. *Microb. Ecol.* 66, 522–532.

Scotta, C., Mulet, M., Sánchez, D., Bennasar, A., García-Valdés, E., Lalucat, J., Gomila, M., Ramírez, A., Bennasar, A., García-Valdés, E., Lalucat, J., and Holmes, B. (2012). Identification and genomovar assignment of clinical strains of *Pseudomonas stutzeri*. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* **31**, 2133–2139.

Setlow, P. (2006). Spores of *Bacillus subtilis*: their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals. *J. Appl. Microbiol.* **101**, 514–525.

Sikorski, J., Lalucat, J., and Wackernagel, W. (2005). Genomovars 11 to 18 of *Pseudomonas stutzeri*, identified among isolates from soil and marine sediment. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **55**, 1767–1770.

Sikorski, J., Möhle, M., and Wackernagel, W. (2002). Identification of complex composition, strong strain diversity and directional selection in local *Pseudomonas stutzeri* populations from marine sediment and soils. *Environ. Microbiol.* **4**, 465–476.

Sikorski, J., Rosselló-Mora, R., and Lorenz, M.G. (1999). Analysis of genotypic diversity and relationships among *Pseudomonas stutzeri* strains by PCR-based genomic fingerprinting and multilocus enzyme electrophoresis. *Syst. Appl. Microbiol.* **22**, 393–402.

Silva, E., Fialho, A.M., Correia, I.S.A., Burns, R.G. and Shaw, L.J. (2004). Combined bioaugmentation and biostimulation to cleanup soil contaminated with high concentrations of atrazine. *Environ. Sci. Technol.* **38**:632–637.

Silvanose, C.D., Bailey, T.A, Naldo, J.L and Howlett, J.C. (2001). Bacterial flora of the conjunctiva and nasal cavity in normal and diseased captive bustards. *Avian Diseases.* **45**: 447–451.

Silverman, J.M., Brunet, Y.R., Cascales, E., and Mougous, J.D. (2012). Structure and regulation of the type VI secretion system. *Annu. Rev. Microbiol.* **66**, 453–472.

Singh, R., Stine, O.C., Smith, D.L., Spitznagel Jr., J.K., Labib, M.E., and Williams, H.N. (2003). Microbial diversity of biofilms in dental unit water systems. *Appl. Environ. Microbiol.* **69**, 3412–3420.

Sorokin, D.Y., Teske, A., Robertson, L.A., and Kuenen, J.G. (1999). Anaerobic oxidation of thiosulfate to tetrathionate by obligately heterotrophic bacteria, belonging to the *Pseudomonas stutzeri* group. *FEMS Microbiol. Ecol.* **30**, 113–123.

Stackebrandt, E., Frederiksen, W., Garrity, G.M., Grimont, P.A., Kämpfer, P., Maiden, M.C., Nesme, M., Rosselló-Mora, R., Swings, J., Truper, H.G., Vauterin, L., Ward, A.C., and Whitman, W.B. (2002). Report of the ad hoc committee for the re-evaluation of the species definition in bacteriology. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **52**(3), 1043–1047.

Stanier, R.Y., Palleroni, N.J., and Doudoroff, M. (1966). The Aerobic Pseudomonads: a Taxonomic Study. *J. Gen. Microbiol.* **43**, 159–271.

Tattawasart, U., Hann, A.C., Maillard, J.Y., Furr, J.R., and Russell, A.D. (2000). Cytological changes in chlorohexidine-resistant isolates of *Pseudomonas stutzeri*. *J. Antimicrob. Chemoth.* **45**, 145–152.

Tattawasart, U., Maillard, J.Y., Furr, J.R., and Russell, A.D. (1999). Development of resistance to chlorohexidine diacetate and cetylpyridinium chloride in *Pseudomonas stutzeri* and changes in antibiotic susceptibility. *J. Hosp. Infect.* **42**, 219–229.

Tetu, S.G., and Holmes, A.J. (2008). A family of insertion sequences that impacts integrons by specific targeting of gene cassette recombination sites, the IS1111-attC group. *J. Bacteriol.* **190**, 4959–4970.

The Uniprot Consortium. 2013. Update on activities at the Universal Protein Resource (UniProt) in 2013. *Nucleic Acids Res.* **41**:D43-D47. Accès : <http://www.uniprot.org> [consulté en juillet 2013].

TLC Products. 2012. Material Safety Data Sheet (fiche signalétique B) : Powder Based Bacterial Mixture (Includes the following brand-name formulations: StartSmart Activator, PondPerfect Activator, PitMaster Activator, OdorMaster Activator, EcoBac, EcoClear, Septic Medic Power Pack, and EcoSock. Accès : <http://www.tlc-products.com/> [consulté en juin 2013].

Ude, S., Arnold, D.L., Moon, C.D., Timms-Wilson, T., and Spiers, A.J. (2006). Biofilm formation and cellulose expression among diverse environmental *Pseudomonas* isolates. *Environ. Microbiol.* 8, 1997–2011.

Utagawa, T., Miyoshi, T., Yoshinaga, F., Mitsugi, K., Morisawa, H., and Yamazaki, A. (1982). Method for producing purine arabinosides. CIPD 1120876.

Van Niel, C.B., and Allen, M.B. (1952). A note on *Pseudomonas stutzeri*. *J. Bacteriol.* 64, 413–422.

Van Veen, J.A., Van Overbeek, L.S., and Van Elsas, J.D. (1997). Fate and activity of microorganisms introduced into soil. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 61, 121–135.

Velayutham, T., Arutchelvan, V., Nagarajan, S., and Muralikrishnan, V. (2012). Isolation and identification of polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacteria from crude oil exploration bore well sludge. *Bioresour. J.* 16, 141–146.

Wencewicz, T.A., Long, T.E., Möllmann, U., and Miller, M.J. (2013). Trihydroxamate Siderophore–Fluoroquinolone Conjugates Are Selective Sideromycin Antibiotics that Target *Staphylococcus aureus*. *Bioconjugate Chem.* 24(3), 473–486.

White, A.K., and Metcalf, W.W. (2004). Two C-P lyase operons in *Pseudomonas stutzeri* and their roles in the oxidation of phosphonates, phosphite, and hypophosphite. *J. Bacteriol.* 186, 4730–4739.

Winsor, G.L., Lam, D.K.W., Fleming, L., Lo, R., Whiteside, M.D., Yu, N.Y., Hancock, R.E.W., and Brinkman, F.S.L. (2011). *Pseudomonas* Genome Database: improved comparative analysis and population genomics capability for *Pseudomonas* genomes. *Nucleic Acids Res.* 39, D596–D600.

Xiang, S.-., Cook, M., Saucier, S., Gillespie, P., Socha, R., Scroggins, R., and Beaudette, L.A. (2010). Development of amplified fragment length polymorphism-derived functional strain-specific markers to assess the persistence of 10 bacterial strains in soil microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 7126–7135.

Yamamoto, S., Ksai, H., Arnold, D. L., Jackson, R. W., Vivian, A., and Harayama, S. (2000). Phylogeny of the genus *Pseudomonas*: intrageneric structure reconstructed from the nucleotide sequences of *gyrB* and *rpoD* genes. *Microbiol.* 146, 2385–2394.

Yan, J., Hsueh, P., Ko, W., Luh, K., Tsai, S., Wu, H., and Wu, J. (2001). Metallo- β -lactamases in clinical *Pseudomonas* isolates in Taiwan and identification of VIM-3, a novel variant of the VIM-2 enzyme. *Antimicrob. Agents Chemother.* 45, 2224–2228.

Yan, Y., Yang, J., Dou, Y., Chen, M., Ping, S., Peng, J., Lu, W., Zhang, W., Yao, Z., Li, H., *et al.* (2008). Nitrogen fixation island and rhizosphere competence traits in the genome of root-associated *Pseudomonas stutzeri* A1501. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 105, 7564–7569.

Yee-Guardino, S., Danziger-Isakov, L., Knouse, M., Bingaman, W., Sabella, C., Goldfarb, J. 2006. Nosocomially acquired *Pseudomonas stutzeri* brain abscess in a child: Case report and review. *Infect. Cont. Hosp. Ep.* 27:630-632.

YLAD Living Soils. 2013. Brochure de produit (fiche signalétique F) : Nutri-Life 4/20. Accès : <http://www.yladingsoils.com.au/OurProducts/Microbials/nutri-life-420.html> [consulté en juin 2013].

Zumft, W.G., Viebrock-Sambale, A., and Braun, C. (1990). Nitrous oxide reductase from denitrifying *Pseudomonas stutzeri*. Genes for copper-processing and properties of the deduced products, including a new member of the family of ATP/GTP-binding proteins. *Eur. J. Biochem.* *192*, 591–599.

ANNEXES

A. Caractérisation de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri*

Tableau A-1 : Morphologie des colonies de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* sur gélose nutritive à différentes températures et périodes d'incubation

Caractéristique ^a	Gélose nutritive (ATCC) 37 °C 24 h	Gélose nutritive 28 °C 24 h	Gélose nutritive 28 °C 48 h	Gélose nutritive 37 °C 24 h	Gélose nutritive 37 °C 48 h
Taille	0,5 mm	0,5 mm	a) 2 mm b) 11 mm	a) 1 mm b) 10 mm	a) 4 mm b) 25 mm
Forme	a) circulaire b) rhizoïde irrégulier	circulaire	a) circulaire b) circulaire	a) circulaire b) irrégulière	a) circulaire b) circulaire
Élévation	a) convexe b) soulevée	aucune donnée	plate	plate	plate
Marge	a) entière	aucune donnée	a) entière b) filiforme	entière	a) entière imparfaite b) filiforme
Surface	a) lisse	aucune donnée	a) humide b) spongieuse	a) lisse b) spongieuse	a) ombronnée b) spongieuse
Opacité	a) translucide b) translucide	aucune donnée	a) semi-translucide b) translucide	a) opaque b) semi-translucide	a) semi-translucide b) translucide
Chromogénèse	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore
Commentaires	2 phénotypes	trop infime pour discerner les détails	2 phénotypes	2 phénotypes	2 phénotypes

^a Données non publiées générées par la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada.

Tableau A-2 : Morphologie des colonies de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans un bouillon trypticase soya (BTS) à différentes températures et périodes d'incubation

Caractéristique ^a	BTS 28 °C 24 h	BTS 28 °C 48 h	BTS Température ambiante, 7 jours	BTS 37 °C 24 h	BTS 37 °C 48 h
Taille	0,5 mm	2-3 mm	5 mm	1-3 mm	a) 3 mm b) 11 mm
Forme	circulaire	circulaire	circulaire – irrégulière	circulaire	a) circulaire b) irrégulière
Élévation	aucune donnée	plate	soulevée – convexe – ombonée	plate	soulevée
Marge	aucune donnée	entière	entièrement ondulée	entière	a) entière b) ondulée
Surface	aucune donnée	humide	humide	petite et lisse plus grande et ridée	a) humide b) sèche et ridée
Opacité	aucune donnée	semi- translucide	opaque	transparente	semi-translucide
Chromogénèse	aucune donnée	incolore	brun doré, beige non fluorescente	incolore	brun clair, beige
Commentaires	trop infime pour discerner les détails	aucun	non fluorescente	2 phénotypes	2 phénotypes

^a Données non publiées générées par la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada.

Tableau A-3 : Croissance de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans des milieux liquides à différentes températures

Moyenne	28 °C	32 °C	37 °C	42 °C
Bouillon trypticase de soya	+	+	+	+
Plasma de mouton	~	~	~	-
Sérum fœtal bovin	+	+	+	~
Milieu Eagle modifié de Dulbecco (culture de cellules de mammifères)	v	-	-	-

+ Croissance - Aucune croissance ~ Faible niveau de croissance v Variable

^a Données générées par la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada.

La croissance de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* dans un bouillon de culture a été mesurée par l'augmentation de l'absorbance à 500 nm, dans quatre milieux de culture différents et à différentes températures : la concentration de bactérie au temps zéro était de 1×10^6 ufc/mL.

Tableau A-4 : Caractéristiques de la croissance de la bactérie *P. stutzeri* sur des milieux solides à 37 °C

Moyenne	37 °C
Élément nutritif	+
Croissance sur amidon ^a	+
Hydrolyse de l'amidon ^a	+
Gélose MacConkey ^b	-
Lysine-fer ^c	+ (aucune lysine décarboxylase détectée)
Trois sucres-fer – avec rouge de phénol ^d	+ (aucun gaz, aucun sulfure d'hydrogène détecté)
Suppléments de mannitol, jaune d'œuf, polymyxine ^e	-
Gélose mannitol-sel ^f	-
Citrate ^g	-
Urée ^h	+ (aucune hydrolyse de l'urée)

+ Croissance - Aucune croissance

Données produites par le Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale de Santé Canada.

^a Milieu différentiel permettant de tester la capacité d'un organisme à croître sur l'amidon et à produire des enzymes extracellulaires qui hydrolysent l'amidon.

^b Détection des organismes coliformes dans le lait et l'eau; tests permettant de définir la capacité d'un organisme à fermenter le lactose.

^c Détection simultanée de la lysine décarboxylase et de la formation de sulfure d'hydrogène dans l'identification des entérobactériacées, notamment les *Salmonella* et *Arizona* selon Edwards et Fife.

^d Bacille entérique Gram négatif basé sur la fermentation du glucose, du lactose et du saccharose ainsi que sur la production de sulfure d'hydrogène.

^e Gélose sélective de *B. cereus*

^f Isolement et différenciation des staphylocoques.

^g Essai d'utilisation du citrate : capacité à utiliser le citrate en tant que source unique de carbone.

^h Dépistage des entéropathogènes dans les échantillons de selles – métabolisme de l'urée.

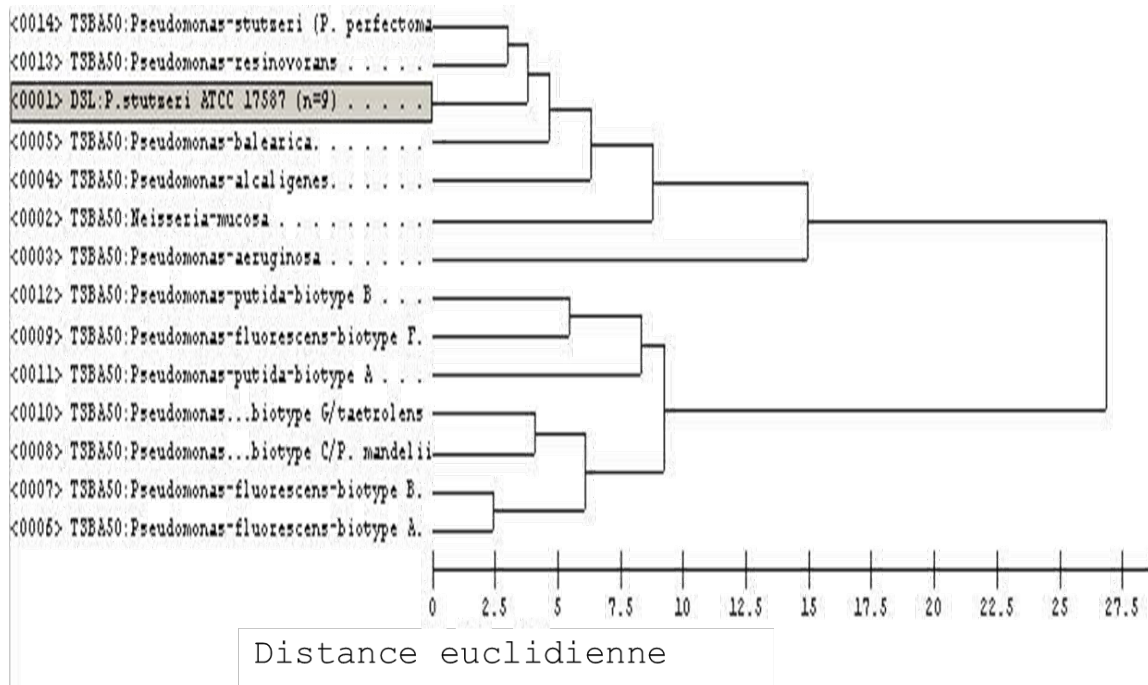


Figure A-1 : Analyse de l'esther méthylique d'acide gras (EMAG) de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* à l'aide de la base de données environnementales MIDI TSBA50

Données produites par le Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale de Santé Canada.

La figure A-1 montre les liens entre la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure des substances* et neuf espèces de *Pseudomonas* (*P. stutzeri*, *P. resinovorans*, *P. balearica*, *P. alcaligenes*, *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. fluorescens*, *P. taetrolens* et *P. mandelii*) et *Neisseria mucosa* d'après leur similarité dans la composition des acides gras cellulaires, à l'aide de l'analyse de l'esther méthylique d'acide gras par chromatographie en phase gazeuse et du système d'identification microbienne MIDI Sherlock®. D'après le dendrogramme, la souche de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure des substances* est plus étroitement liée à une autre souche de *P. stutzeri*, *P. resinovorans*, *P. balearica*, *P. alcaligenes*, *N. mucosa* et *P. aeruginosa*, qu'à une souche de *P. fluorescens* et de *P. putida*.

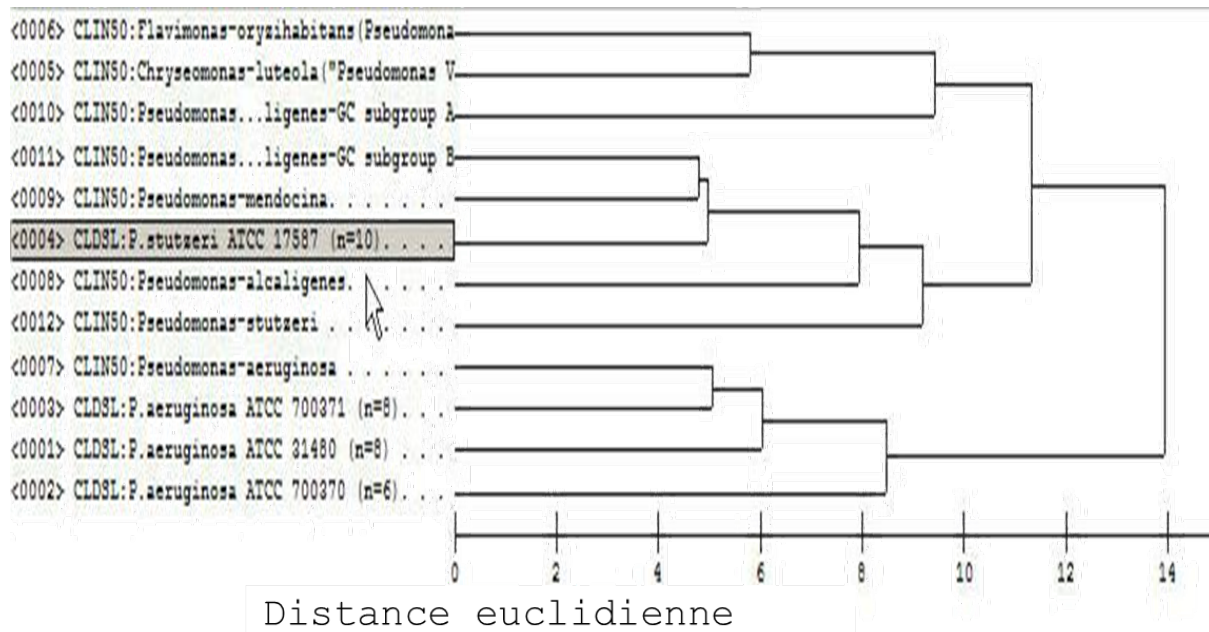


Figure A-2 : Analyse de l'ester méthylique d'acide gras (EMAG) de la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* à l'aide de la base de données cliniques MIDI

^a Données produites par le Bureau de la science et de la recherche en santé environnementale de Santé Canada.

La figure A-2 montre les liens entre la souche ATCC 17587 de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure des substances* et *P. aeruginosa*, *P. ligenes*, *P. alkaligenes*, *Flavimonas oryzihabitans* et *Chryseomonas luteola* d'après leur similarité dans la composition des acides gras cellulaires, à l'aide de l'analyse de l'ester méthylique d'acide gras par chromatographie en phase gazeuse et du système d'identification microbienne MIDI Sherlock®. D'après le dendrogramme, la souche de *P. stutzeri* inscrite sur la *Liste intérieure des substances* est plus étroitement liée à *P. ligenes* et *P. mendocina* qu'à *P. aeruginosa*.

ANNEXE B : Éléments mobiles choisis dans *P. stutzeri*

Éléments mobiles	Souche	Caractéristique et fonction	Référence
Séquence d'insertion ISPst6 (4 copies)	ATCC 17587 (isolat clinique)	– reconnaissables à sa structure répétée inverse (pseudo-palindrome) imparfaite à deux positions caractéristiques « renversées » – cible le site de recombinaison <i>attC</i> – l'interaction entre ISPst6 et <i>attC</i> a été utilisée comme modèle dans l'étude des processus d'évolution chez les pseudonades	Tetu et Holmes, 2008
Séquence d'insertion ISPst9	CCUG 29243 (isolat marin)	– inactivation des gènes cataboliques de la voie d'exposition au naphthalène	Christie-Oleza <i>et al.</i> , 2008
Séquence d'insertion ISPs1	OX1 (isolat de boue)	– inactivation des gènes cataboliques des voies d'exposition au métaxylène et au paraxylène	Bolognese <i>et al.</i> , 1999
Intégron de classe 1	ATCC 17588 (isolat clinique) CCUG 29243 (isolat marin) DSM 10701 (isolat de sol) DSM 4166 (isolat de sol) CCBH 4919 (isolat clinique)	– contient le gène <i>bla</i>_{IMP-16} – code pour les métallob-β-lactamases de type imipénèmase qui catalysent l'hydrolyse d'une grande variété de β-lactames, notamment le carbapénème – possiblement acquis sous la pression sélective de l'exposition aux antibiotiques en milieu hospitalier	Winsor <i>et al.</i> , 2011 The UniProt Consortium Lee <i>et al.</i> , 2004 Carvalho-Assef <i>et al.</i> , 2010 Yan <i>et al.</i> , 2001
Transposon de type Tn501	OX1 (isolat environnemental)	– détoxification organo-mercurelle par l'activité de la réductase mercurique (<i>merA</i>)	Reniero <i>et al.</i> , 1998