مجلة الحكمة للدراسات التاريخية ISSN : 2353-0472
المجلد5 ، العدد12، (ديسمبر2017) EISSN : 2600-6405

دراسة عامة لأنواع البكتيرية اللاهوائية (Bactérie Anaérobique) المتدخلة على البنية الليفية للمادة الخشبية الأثرية

الأستاذ: ربعين أعمر
جامعة الجزائر2

Abstract:

Our research on the bacterial degradation of archaeological wood and wood components has provided a great deal of information that has contributed to the protection and preservation of historic and archaeological wood.

Bacteria can attack wood directly to cause erosion, cavitation and deterioration of the tunnel. Bacteria can have a synergistic or antagonistic effect on other microorganisms that inhabit wood.

The understanding of bacterial degradation of wood and the factors that influence the rate and extent of degradation are important for developing protection strategies, particularly for the restoration of wooden objects historically and culturally recovered from sites which exclude the activity of bacterial degradation of wood.

الكلمات المفتاحية: المحافظة في علم الآثار - عوامل تلف المادة الأثرية - عوامل التلف البيولوجية - الخشب الأثري- المحافظة على التراث.

مقـدمـة:

لقد اهتم الإنسان منذ فترة ما قبل التاريخ باستغلال ما يوفره له محيطه الخاص وبيئته التي يعيش فيها من مواد طبيعية، التي ألهمته في التفكير في كيفية استعمالها ومن أجل أن يلبي حاجياته ومتطلباته الفردية والجماعية، كما اعتمد عليها في بناء حضارته ومجتمعه، بل وأصبحت الفترات التاريخية تنسب لنوع المادة المستغلة بشكل واسع، ومن بين هذه المواد نجد المادة الخشبية التي استعملها الإنسان بشكل كبير نظرا لتوفرها في الطبيعة، وكذلك نظرا لقدرة الإنسان الصانع في التحكم فيها وسهولة تشكيلها، كما أن لخصائصها المورفولوجية (من ناحية الطول والحجم، والوزن) دور مهم في لجوء الإنسان إلى استغلالها، حيث أنها تتأقلم بسهولة مع المتطلبات والقواعد الهندسية

والفنية من خلال مميزاتها الميكانيكية التي تستجيب لمختلف الحاجيات التقنية اللازمة في تشييد المباني المعمارية والأعمال الفنية الأخرى.

ترجم الإنسان الصانع كل قدراته الفكرية والفنية من خلال استعمال هذه المادة ونحتها بصورة تلقائية أحيانا وبصورة إبداعية أحيانا أخرى، حتى اعتبرت كحامل للمعلومة التي تجعلنا نعتمد عليها في فهم هذا الإنسان وبيئته، وفهم مراحل تطوره وتكون حضارته وهنا تتجلى الأهمية الثقافية والفنية للمادة، غير أن هذه الأهمية مرتبطة بحالة حفظ المادة الخشبية في حد ذاتها، وهذه الأخيرة تعتبر من بين المواد الشديدة التأثر بعوامل التلف المختلفة باعتبار انتماءها إلى فصيلة المواد العضوية النباتية، خاصة عوامل التلف البيولوجية، التي يمتاز نشاطها الحيوي بالتعقد والتوجيه الذاتي الحيوي، وتتأقلم متطلباتها الحيوية مع مكونات المادة الخشبية العضوية لأنها من نفس الطبيعة الحيوية وفي مقدمتها البكتيريا (Bactéries) التي تتميز بتواجدها في كل الأوساط المختلفة، ويمكن اعتبار مادة الخشب عامة والخشب الأثري خاصة وسطا لا يخلو من احتواءه على بعض أنواع البكتيريا اللاهوائية التي من شأنها أن تسبب له تعفن وتحلل على مستوى النسيج الليفي الذي ينقص من خصائصه البنيوية ومن أدائه الميكانيكي، ما ينتج عنه اندثار للمعلومات التي يحملها في طياته.

تعاني المادة الخشبية من تلف شديد بسبب تدخل البكتيريا اللاهوائية عليها سواء كانت من مكونات المباني أو التحف الأثرية، أو الموجودة في موقع أثري ما، وتمتاز هذه البكتيريا بطبيعة فريدة ونمط حيوي مميز، باعتبارها تختلف عن الكائنات الحية الأخرى المتعددة الخلايا، أي أنها من الكائنات المجهرية وحيدة الخلية، والتي تشكل تعقيدا كبيرا في فهم آليات تأثيرها على المادة الخشبية.

I.1: بنية وفيزيولوجية البكتيريا اللاهوائية:

I.1.1: المكونات الفيزيولوجية للخلية البكتيرية :

I.1.1.1: الحشوة البكتيرية أو السيتوبلازم (Cytoplasme): يوجد السيتوبلازم في الخلية البكتيرية على شكل محلول مائي، وهو يحتوي على الريبوزومات (RNA) خاصة ريبرزوم الاتصال وريبوزوم النقل، ويبلغ عددها ما يقارب 15000 ريبوزوم في البكتيريا الواحدة، كما يمثل 45% من الحجم الجاف للبكنيريا وهو المستهدف في حال استعمال المضادات البكتيرية، كما يحتوي الماء السيتوبلازمي على المواد المغذية، والأيونات، والإنزيمات، وهو

مادة بسيطة إذا ما قورنت مع سيتوبلازم الخلايا حقيقية النوى الذي يحتوي على عدد كبير من المكونات[1].

2.1.1.II: غشاء البلازما (Membrane Plasmique): يغلف السيتوبلازم جدار بسمك nm8، ويتكون من طبقتين من الجزيئات الليبيدية أين تكون الجزيئات البروتينية مغلفة بشكل جزئي أو كلي [2] .

3.1.1.II: الجدار الخلوي (Paroi cellulaire): تحتوي البكتيريا على جدار خارجي صلب يحدد الشكل الخلوي، وتعتبر كغربال جزيئي وحاجز للنفاذية الذي يمنع من مرور بعض الجزيئات كالمضادات الحيوية، ويلعب دور نشط في تنظيم دخول الأيونات والجزيئات داخل الخلية [3].

4.1.1.II: البلازميد (Plasmide): البلازميد عبارة عن قطعة صغيرة من الحمض النووي قابلة للتكاثر بمعزل عن بقية الحمض النووي الموجود في الكروموسومات، و لديها القدرة على التكاثر الذاتي و بمعزل من بقية الكروموسومات الموجودة في الخلية، ويوجد نوعان من البلازميد على حسب نوع الحمض النووي ، وهناك أنواع من البلازميدات تحتوي على عدة جينات كالجين الذي يعمل كمظاد للمضادات الحيوية كالمبيسيلين والترسيكلين، حيث يتم من خلاله معرفة احتواء البكتيريا على البلازميد أو لا [4].

5.1.1.II: الريبوزوم (Ribosome): توجد الريبوسومات منتشرة أو سابحة بالسيتوبلازم وثبت وجودها أيضاً بكل من الميتوكوندريا والبلاستيدات، كما أنها تظهر بالمجهر الالكتروني على هيئة جسيمات دقيقة مستديرة توجد على سطح الشبكة الإندوبلازمية وتظهر الريبوسومات في بعض الأحيان على هيئة مجموعات متصلة بخيط رفيع مختلف الطول، ويمكن التعرف على نوعية الريبوسوم وكذلك وحدته بقياس معدل ترسيبه في جهاز الطرد المركزي ذات السرعات العالية (Ultracentrifugation) ويقاس هذا المعدل بوحدات معينة تعرف باسم وحدات سفدبرج (Svedberg.S) ، ولها وظيفة تخليق المواد

[1] - Singleton (P), Bactériologie, pour la medicine, la biologie, et les biotechnologies, traduit de l'anglais par Dusart (J), 6 émé édition, DUNOD, Paris, 2005, p 15.

[2] - Ibid, p 24.

[3] - Singleton (P), op cit, p 24.

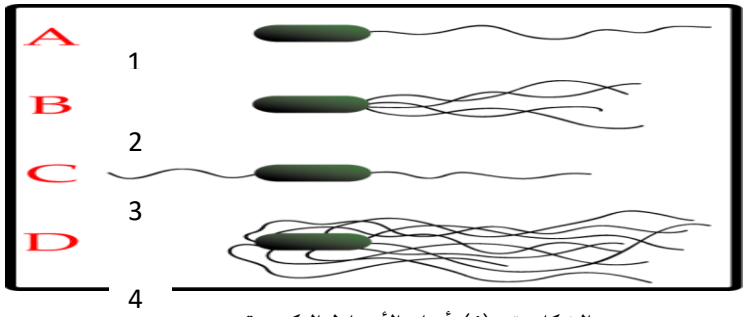
[4] - Karp, biologie cellulaire et moléculaire, traduit par Bouharmont (J), 3ème édition, de Boeck, Bruxelles, 2010, p 768.

ISSN : 2353-0472
EISSN : 2600-6405

البروتينية والتي تتم طبقاً لنظام محدد بواسطة رسائل خاصة يحملها جزيء خاص ينشأ من النواة[1].

2.1.II: البنية التشريحية للخلية البكتيرية :

1.2.1.II: الأسواط (Flagelle) : الأسواط عبارة عن أعضاء الحركة للبكتيريا وهي عبارة عن زوائد خيطية رفيعة جدا وطويلة ومكونة من البروتين، وتتصف الخلية التي تحتوي على أسواط بأنها متحركة وتوجد متصلة بالغشاء السايتوبلازمي بواسطة تركيب شوكي حيث يتكون السوط البكتيري من أجزاء رئيسية هي الخيط والخطاف (Crochet)، والجسم القاعدي (Corps basal) ، أما الخيط (Filament) فهو عبارة عن اسطوانة مجوفة وصلبة يتكون من وحدات فرعية من بروتين فلاجولين (Flagelline) وفي بعض البكتيريا نجده محاط بغلاف أو غمد غشائي (Gaine membraneuse) ، أما الخطاف يختلف تماما عن الخيط فهو عريض نوعا ما ويحتوي على عدة وحدات فرعية بروتينية، أما الجسم القاعدي فهو البنية الجد معقدة وله أربع حلقات ملتصقة بمحور مركزي، إذ أن الحلقات الخارجية "L " و"P" تجتمع مع (Peptidoglycane) و (Lipopolyseccharide) أما الحلقة الداخلية "M " فهي في اتصال مع الغشاء البلازمي[2]، وهي أربعة أنواع: وحيدة السوط (Monotrichous)، سوطية الطرفين(Amphotrichous) ، سوطية الطرف (Lophotrichous) ، محيطية الأسواط (Péritrichous).

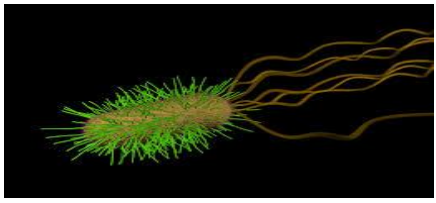


الشكل رقم (1): أنواع الأسواط البكتيرية حيث:
عن: http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Flagellum

[1] - Singleton (P), op cit, p 17.

[2] - Lansing (M), Prescott, et autre, microbiologie, édition de Boeck, 3ème édition, France, 2010, P69

I.2.2.1. الأهداب (Fimbria) :الأهداب أو الزوائد الشعرية عبارة عن زوائد خيطية توجد في البكتيريا السالبة الجرام الكروية والعضوية وتتكون من بروتين يسمى البايلين (pilin) وهي قصيرة نوعا ما مقارنة مع الأسواط واقل قطرا ويتراوح عددها ما بين 10 إلى بعض المئات ويمكن التعرف عليها بالمجهر الالكتروني، وبفعل هذه الأهداب يمكن لهذه البكتيريا الالتصاق بمعظم الأسطح والنمو في البيئة السائلة ونقل العدوى وإفراز السموم واختراق الأغشية [1].



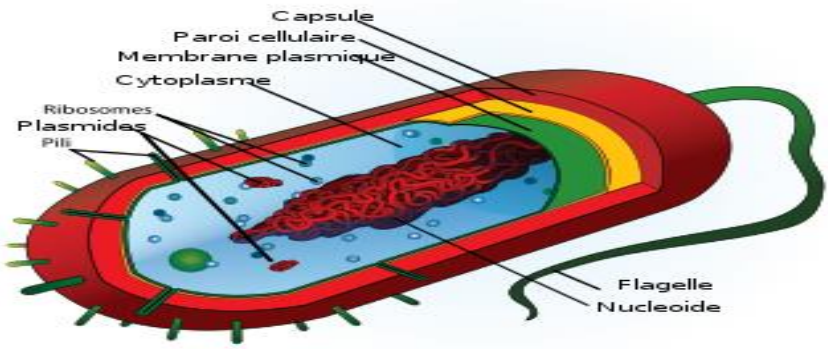
الشكل رقم (2): الأهداب البكتيرية.

عن: http://cronodon.com/BioTech/Bacteria_pili.html

I.3.2.1. الكبسولة (Capsule): تفرز بعض البكتيريا مواد هلامية خارج الخلية تسمى بالكبسولة وهي تتكون من مواد عديدة التسكر وعديدة الليبيتيد أو من خليط منهما، ويمكن ملاحظتها عند تكبيرها بالمجهر الالكتروني إلى ما يزيد عن 1500 مرة (x1500) ، وتعمل الكبسولة على حماية البكتيريا من الجفاف، وتستعمل في إحداث الأمراض من طرف البكتيريا أي كعامل ضراوة (Facteur de virulence)، كما تتسم الأجناس البكتيرية التي تتكون من عنصر الكبسولة باللزوجة وتسمى بالمستعمرات الناعمة أو المخاطية والتي لا تحتوي على الكبسولة تسمى بالمستعمرات الجافة، كما تستعمل الكبسولة عند المحاربة أو الوقاية من البكتيريا حيث تلصق بها كل مضادات البكتيريا المختلفة[2].

[1] - Lansing (M), op cit, p 66.

[2] - Lansing (M), Prescott, et autre, op cit, p 331.



الشكل رقم (3): شكل تشريحي لفزيولوجيا البكتيريا.

عن: http://mutationgenetique.e-monsite.com/pages/les-bacteries.html

4.2.1.I: الشعرة البكتيرية (Pili): هي عبارة عن بنية شعيرية مختلفة الشكل عن سوط البكتيريا والتي هي خاصة بالبكتيريا الغرام السالبة ونادرة في البكتيريا الغرام الموجبة،[1] وتسمح الشعيرات البكتيرية المانحة أو الملقحة بالتعرف على البكتيريا المتلقية أو الراسية و تؤدي لخلق جسر حشوي مما يسمح بمرور جزيء ADN.[2]

1.2.I: النمو والتكاثر: يختلف مفهوم النمو والتكاثر في البيكتيرولوجيا عن مفهوم النمو المتداول بالنسبة للكائنات الحية الأخرى، حيث انه يعني الزيادة في عدد الخلايا الكلي و ليس في حجم الخلية أو كتلتها، ولها عدة أنواع من النمو و التكاثر :

1.1.2.I: الانشطار الثنائي (Scission binaire): في هذا النوع من التكاثر البكتيري فان الانشطار أو الانقسام البكتيري ينتج عنه خليتان مماثلتان للخلية الأبوية الأصلية تماما، حيث تكبر الخلية ويتضاعف الحمض النووي "ADN" وبعدها تنقسم إلى خليتين منفصلتين بواسطة حاجز الانقسام المتكون من الجدار الخلوي، وإعادة تنظيم الجدار الذي يقود إلى تكون الحاجز وبعدها إلى الفصل يكون بفعل عدة أنظمة إنزيمية[3] ، وعندما يتضاعف الـ ADN ينتج هناك كروموسومان يرتبكان في موقع معين في الغشاء البلازمي يعرف بالميزوزوم، من ثمة ينفصلان عن بعضهما البعض عند حدوث الانشطار الطولي في الخلية بحيث يسحب كليهما في الاتجاه المعاكس وعندها يتكون جدار وغشاء

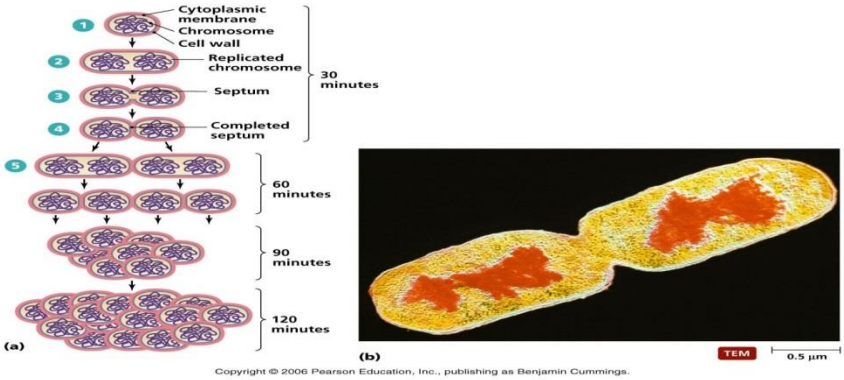
[1] - Lansing (M), Prescott, et autres, op cit, P47

[2] - SCHAECHTER (M), Medoff (G) et al, Microbiologie et pathologie infectieuse, Traduit par Assous (M.V) et al, édition Williams et Wikins, United States, 1993, p47.

[3] - Flandrois (J.P), Bactériologie Médicale, ouvrage collectif, presse Universitaires de lyon, France, 1997, P25

ISSN : 2353-0472
EISSN : 2600-6405

بلازمي جديدان باتجاه داخل الخلية إلى خليتين حيث ينتج عنها خليتان مماثلتان للخلية الأم.



الشكل رقم (4): الانشطار الثنائي للخلية البكتيرية.

https://mr-roes.wikispaces.com/Asexual+Reproduction+Webquest

2.1.2.I: التبرعم (Bourgeonnement): يميز هذا النوع من التكاثر البكتيري أنواع البكتيريا المتبرعمة، وفيه ينشا نتوء في أحد أطراف الخلية ثم ينمو هذا النتوء وعندما يكبر قليلا يتم نسخ المادة الوراثية وإضافتها إليه وكذلك إضافة السيتوبلازم وما يحمله من تراكيب، ثم ينفصل هذا النتوء الذي هو على شكل برعم ليكون خلية جديدة.

3.1.2.I: التجزئة (Fragmentation): يحدث هذا النوع من التكاثر في بعض أنواع البكتيريا الخيطية حيث تتكاثر عن طريق التفتت والتجزؤ إلى وحدات قصيرة وهذه الأخيرة بدورها تتفتت إلى وحدات اقصر مشكلة بذلك أعدادا هائلة من هذه الوحدات، وفي ظروف النمو الملائمة تنمو مجموعة من هذه الوحدات لتشكل خيطا ثم عدة خيوط متفرعة وتعاود التفتت مرة أخرى وينتج عنه نمو الكائن البكتيري.

4.1.2.I: الاقتران (Conjugaison): يقصد بالاقتران البكتيري هو تحويل الحمض النووي (ADN) بين بكتيريا مانحة وبكتيريا مستقبلة التي تتطلب الاتصال والمطابقة ، وهذا ما يتطلب توفر عند البكتيريا المانحة أو الذكر عامل جنسي أو الخصوبة والذي يسمى "العامل F" ، وهذا يسمح بتركيب الشعرة الجينية ويعطي القطبية للكروموزوم، ومنح الحمض النووي الكروموزومي الذي هو أحادي الاتجاه مع العلم أن خلال عملية الاقتران فان الجينات البكتيرية لا تورث بالكامل مع أن البكتيريا المستقبلة " F^- " متطابقة

مع البكتيريا المانحة "F^+" وكلما أخذ الاقتران وقتا طويلا كلما تم نقل الكروموسوم، ومن أجل أن يتم نقل جيد للكروموسومات تستغرق عملية الاقتران حوالي 100 دقيقة [1].

I.2.2: شروط النمو والتكاثر البكتيرولوجي: يمكن تلخيص هذه الشروط فيما يلي:

I.2.2.1: عنصر الأوكسجين : تختلف احتياجات نمو البكتيريا لعنصر الأوكسجين عن باقي الكائنات الحية نظرا لتعقد عالمها وتنوعها الكبير حيث أن البعض من أنواعها لا يمكنه النمو والتطور إلا بوجود عنصر الأوكسجين (O_2) والنوع الأخير لا يحتاج لهذا العنصر ولا يؤثر على ظهورها ونموها أما بعض الأنواع الأخرى تنمو وتطور بوجود هذا الغاز أو بدونه، على عكس باقي الكائنات الحية الأخرى، وباعتبار هذا الغاز تقسم و تصنف البكتيريا إلى ثلاثة أنواع وأصناف، فالتي تحتاج غاز الأوكسجين بصفة ضرورية تسمى البكتيريا الهوائية (B-aérobie) والتي لا تحتاج إلى الغاز بصفة ضرورية تسمى B-anaérobie)، أما البكتيريا التي لا تحتاج إلى الأوكسجين وفي نفس الوقت يمكنها أن تنمو وتتطور بدونه فتسمى البكتيريا الاختيارية (B-anaérobie facultatif)[2] .

I.2.2.2: عنصر الماء: تتحصل البكتيريا على عنصر الماء من البيئة الطبيعية التي تعيش عليها، حيث يحتوي بروتوبلازم الخلية الحية من 73-80 % من الماء، ويدخل الماء في الخلية محملا بكل الجزيئات الغذائية الذائبة فيه ويخرج منها محملا بما تريد أن تخرجه الخلية، كما تحتاج البكتيريا إلى الماء من اجل القيام بكل العمليات الإنزيمية الكيميائية، كما انه يزود البكتيريا بالالكترونات، أما بالنسبة للخلايا الميتة فهي لا تحتوي على عنصر الماء لذلك فان البكتيريا تستفيد من الماء الموجود في النسيج الخشبي أو النباتي والذي يمثل ما يفوق 50% من الحجم الكلي للنسيج الخشبي، ويمثل الماء حوالي 80% إلى 90% من وزن البكتيريا وهو يلعب دور أساسي في إذابة المواد الغذائية ويضمن النقل ويسهل تفاعلات التميه والتحلل ، وجزء من توفر عنصر الماء مرتبط بالمكونات الغذائية الأخرى كالأملاح والبروتينات، إلا أن البكتيريا تحتاج إلى الماء الحر للنمو، وهذا ما يشار إليه بـ (AW) أي (Activity of Water) وإذا قل (AW) عن احتياجات البكتيريا فانه يتسبب في بطئ النمو والتكاثر[3].

[1] - Lansing (M), Prescott(L.M), et autres, Op cit, P338

[2] - Singleton (P) Op cit, P 51.

[3] - Lansing (M), Prescott(L.M), et autres, Op cit, p 103.

I.3.2.2.3: الطاقة ومصادرها : على حسب مصدر الطاقة فان البكتيريا تقسم إلى بكتيريا ضوئية التغذية (Phototrophe) أو ذاتية التغذية كيميائيا (Chimiotrophe)، حيث أن البكتيريا ضوئية التغذية لها القدرة على استغلال الطاقة الشمسية، أما البكتيريا ذاتية التغذية كيميائيا فإنها تستعمل أكسدة المكونات الكيمائية أما العضوية أو غير العضوية والمواد الضرورية المنتجة للطاقة هي إما نيتريت أو نترات أو كبريتات ، أو الكلوكوز، أو الأحماض الأمينية .

I.1.3.2.2.3: بكتيريا ذاتية التغذية (Autotrophe) **:** تسمى البكتيريا بذاتية التغذية لأنها تستطيع توفير الكربوهيدرات من مصادر عضوية باستعمال ثاني أكسيد الكربون الجوي أي أنها لا تعتمد على غيرها في توفير الطاقة فهي مستقلة غذائيا، و يوجد نوعان منها:

I. 1.3.2.2.3: بكتيريا ضوئية ذاتية التغذية (Photo autotrophe) : يستخدم هذا النوع الطاقة الضوئية كباقي النباتات الخضراء وهي قليلة العدد ويكون لونها إما أخضر أو أحمر أو أرجواني نظرا لاحتوائها على نوع خاص من الكلوروفيل البكتيري، ولا يستطيع هذا النوع من البكتيريا استخدام الضوء كمصدر للطاقة ولكنها تقوم بأكسدة بعض المواد كما سبق ذكره.

I.2.3.2.2.3: بكتيريا غيرذاتية التغذية: تسمى بغير ذاتية التغذية لأنها لا تستطيع العيش مستقلة بل تعتمد على غيرها من الكائنات الحية للحصول عل المواد الكربوهيدراتية بصورة جاهزة، أي أن منها ما يعيش متطفل (parasitique)، ومنها ما يعيش مترمما وتسمى (Saprophytique) والآخر يعيش متكافلا(Symbiotique) [2] .

I.4.2.2.3: الكربون (Carbone): باعتبار عنصر الكربون فان البكتيريا تنقسم إلى مجموعتين رئيسيتين، الأولى تستعمل الكربون الموجود في صور ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لبناء احتياجاتها كما هو عند البكتيريا ذاتية التغذية، أما المجموعة الثانية فهي تحتاج إلى المواد العضوية للحصول على احتياجاتها من الكربون وهذا عند غير ذاتية التغذية، كما أن هذه المجموعة أي غير ذاتية التغذية تحتاج بعضها إلى عنصر ثاني أكسيد الكربون (CO_2) للتطور وليس كمصدر للكربون الاستهلاكي وإنما من اجل حماية

[2] - Singleton (P) Op cit, P 87-102

النظام التنفسي لها، وهذه المجموعة تحتاج إلى قدر كبير من المادة العضوية لاستخلاص عنصر الكربون[1].

I.5.2.2.1: النتروجين و الأزوت : يمثل الأزوت عنصرا أساسيا للبكتيريا من اجل استخلاص البروتينات والأحماض النووية[2]، حيث أن بعض البكتيريا قادرة على تثبيت الكربون الجوي (N_2) بإرجاعه إلى أمونياك (NH3) وتحفيزه بواسطة إنزيم النيتيروجيناز (Nitrogénase) ، هذا في حالة ما أن تكون البكتيريا حرة، أما إذا كانت بكتيريا تكافلية فإنها تعتمد على الجسم المتكافل معه، كما أن أغلبية البكتيريا تستعمل الازوت (N_2) على شكل معدني مثل النيترات (NO_3^-) و ثاني أكسيد الأزوت NO_2 (Dioxyde d'Azote) (والامونيوم (NH_4^+)، ومعظم البكتيريا تستعمل الأزوت على شكل عضوي مثل الأمينات ($R\text{-}NH_2$).

I.6.2.2.1: عنصر الكبريت و الفوسفور: يوجد عنصر الفوسفور في الأحماض النووية، وفي الفوسفوليبيد (Phospholipide)، في بعض البروتينات ، وفي بعض المكونات الخلوية، وأغلبية البكتيريا تستعمل الفوسفات غير عضوي كمنبع للفوسفور وتركبه مباشرة. المستويات الضئيلة للفوسفات تمنع النمو البكتيري في الكثير من الأوساط المائية، وبعض البكتيريا نستعمل كل من الفوسفات العضوي و الغير العضوي[3].

I.7.2.2.1: الاحتياجات الفيزيائية لنمو البكتيريا:

I.1.7.2.2.1: الأس الهيدروجيني (PH): يستعمل الأس الهيدروجيني في قياس الحموضة والقاعدية للمحاليل وهي تعني قوة الهيدروجين (H^+) في المحلول مقارنة مع قوة الهيدروكسيل السالب (OH^-)، وتركيز ايون الهيدروجين هو عبارة عن نشاط أيونات الهيدروجين في الماء، لا يمكن لأي كائن أن ينمو في بيئة خالية كليا من أيونات الهيدروجين و لكن تركيز هذا الأخير في الوسط البكتيري يكون ساما لها، و أن التركيزات المتوسطة تسمح بالنمو، أي الأوساط الشديدة الحموضة أو شديدة القاعدية توقف نمو الخلايا

[1] - Schaechter (M), Medoff (G) et al, Microbiologie et pathologie infectieuse, Traduit par Assous (M.V), département de Boeck université, Paris, 1999, P 51.

[2] - Drevon (J.J), Fixation symbiotique de l'Azote et développement durable dans le bassin méditerranéen INRA édition, paris, 2003, P273-276

[3] - Lansing (M), Prescott (L.M), Op cit, P 105.

البكتيرية، وهذا ما ينتج عنه فساد للبروتين الأنزيمي للبكتيريا بفعل تخثره لأن البروتين الأنزيم للبكتيريا له نطاق من قيمة الـ (PH) يعمل في حدوده[1].

I.2.7.2.2: الحرارة : تتأثر البكتيريا بدرجة الحرارة في نموها وتكاثرها، حيث تتطلب درجة حرارة مستقرة وكل نوع له درجة حرارة مناسبة، حيث أنها تؤثر على عملية الأيض سواء العليا أو الدنيا، وعلى العموم فإن نطاق درجة الحرارة للبكتيريا تتراوح ما بين 0°م إلى 75 °م، ودرجة الحرارة المثالية هي التي تسمح بحدوث أسرع نمو خلال فترة حضانة قصيرة نسبيا تتراوح ما بين 12 ساعة إلى 24 ساعة، كما أن الحرارة غير مناسبة لأنواع البكتيريا كما سبق ذكره لا يعني أن البكتيريا تموت عندما لا تناسبها درجة الحرارة حتى لو انخفضت إلى درجة التجمد إنما تحد من نشاطها وتطورها ونموها، ولا يتأثر البروتين الخلوي، كما أن ارتفاع درجة الحرارة غير المناسب لنوع البكتيريا لا يؤثر كثيرا على عملية الأيض البكتيري ولكن من شأنه أن يفسد البروتين الإنزيمي الذي يمكن تعويضه بسبب سرعة النشاط الحيوي الذي من شأنه تعويض البروتين بالخلية[2].

I.2.7.2.3: الضغط (Pression) :

الهواء عبارة عن غاز له وزن و له علاقة عكسية مع درجة الحرارة حيث كلما زادت درجة الحرارة يتمدد الهواء وتقل كثافته ويتناقص وزنه وضغطه والعكس صحيح، والضغط (P) هو وزن عمود الهواء الواقع على مساحة قدرها 1 سم مربع في الخلاء، ووحدته في النظام الدولي للوحدات هي الباسكال(Pascal -Pa-) وهو يساوي 1 نيوتن في المربع[3]. ويمثل الضغط عنصرا أساسيا في نمو البكتيريا كباقي الكائنات المجهرية خاصة إذا ما اقترن بعنصر الحرارة (التأثير المزدوج) وهو يؤثر على نشاط البروتين الإنزيمي، كما أن الضغط المرتفع من شانه إيقاف نمو البكتيريا من خلال التأثير على الانقسام الخلوي أي على مظهر البكتيريا، كما يؤثر على الحالة السائلة لبروتوبلازما البكتيريا (الحالة

[1] - Leloit (Y), Gautier (M), Staphylococcus aureus, monographie de microbiologie, collection dirigée par larpent (J.P), édition médicales internationales, LAVOISIER, paris, 2010, p 97-98

[2] - Robb (F), Antranikian (G), et Autres, Thermophiles Biology and technology at Hgh temperatures, CRC press, NW, 2008, P12-22.

[3] - Atkins (P), Jones (L), Chimie: Molécules, Matière, metamorphoses, Trad: Pousse (A), édition de Boeck université, Paris, 1998, P 146-147

السائلة والحالة الجيلاتينية) وهذا ما يحدث اضطرابا في طريقة تجمع الإنزيمات في أماكنها الخاصة بداخل الخلية[1].

4.7.2.2.I: الإشعاع (Radiation): لا يمكن أن تكون هناك حياة لأي كائن حي بدون الأشعة التي يكون مصدرها الشمس وتسمى الأشعة الكهرومغناطيسية بدونها ينعدم التركيب الضوئي، وتقسم الأشعة إلى عدة أنواع على حسب طول الموجة ابتدءا من الموجات القصيرة (Microondes) إلى موجات غاما (Gama) وتقوم البكتيريا بعملية التركيب الضوئي وتحويل الطاقة الضوئية إلى كيميائية، ومن بين الأشعة التي تؤثر عليها نجد الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) والتي يتراوح طول موجتها ما بين 150 إنغشترون (Å- ångström) إلى 3900 Å ، و هذه الأشعة لها القدرة على قتل الخلايا البكتيرية حيث أن الطول ألموجي الذي له تأثير قوي في قتل البكتيريا هو 2600 Å [2].

للأشعة فوق البنفسجية تأثير مباشر على البكتيريا اللاهوائية حيث تؤثر على الأجسام الكروماتينية (ADN, RNA) نظرا لقدرتها العالية على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، هذا ما يجعل حدوث تشوه في الحمض النووي وهو ناتج عن انفصال قاعدة التيامين عن قاعدة الأدنين في الـ (ADN) ، كما أن للأشعة فوق البنفسجية تأثير غير مباشر، حيث تؤثر على الخلية فتأينها أو تكون مركبات وسطية مثل البيروكيسيدات، التي تؤدي أيوناتها إلى أكسدة جزيئات السيتوبلازم والأجسام الكروماتينية بالخلية وتؤدي بذلك إلى إتلافها، كما أن للبكتيريا قدرة على إصلاح هذه الأضرار، من خلال تدخل إنزيم نيوكلياز (Nucléase) الذي يقوم باستئصال الجزء المتلف من (ADN)، ثم يقوم أنزيم آخر ببناء الجزء المكمل للشريط السليم بـ(ADN)، و لا تحتاج هذه الإنزيمات إلى الضوء لكي تقوم بعملها لهذا سميت العملية بإصلاح الظلام[4].

5.7.2.2.I: الأيونات اللاعضوية (Ions inorganique) **:** كل أنواع البكتيريا تشترط وجود بعض الايونات اللاعضوية بتركيز ضعيف، لان التركيز القوي لهذه الايونات يؤدي إلى تثبيط عملية النمو، وهذه الأيونات تمارس عدة وظائف، مثل أيونات

[1] - Quarrie (Mc), Rock (P.A), Chimie générale, Trad : depovere(P), de Boeck et Larcier, Belgique, 1992, P 534.

[2] -Douglas (C), physique générale, ondes, optique, et physique moderne ; Les éditions de la cheneliere inc, 1993, p180.

[4] - Kellenberger (G), Weigle (J) ; « Etude au moyen des rayons ultraviolets de l'interaction entre Bactériophage tempère et bactérie hôte », Biochimica et Biophysica Acte, volume 30,1958, P112-124.

المغنزيوم(Magnésium, Mg) في الجدار الخارجي، والمانغناز("Mn" Mangaanèse) والنيكل ("Ni" Nickel) في الإنزيمات والنظام الإنزيمي، كما أنه توجد بعض البكتيريا التي تحتاج تركيز كبير من كلوريد الصوديوم ("NaCl" chlorure de sodium) مثل *(actinomycète Actinopolyspora)*، الذي يدخل في تركيب بنية الريبوسومات والغلاف الخلوي، حيث تلعب الأيونات في الخلية العضوية دور المنظم في عدة ميادين من الجانب الفيزيولوجي للبكتيريا، مثل تدخل أيون الكالسيوم (Ca^{2+}) في التحولات البكتيرية، والكالسيوم (Ca) في نقل الإشارات البكتيرية[1].

3.I: أنواع البكتيريا اللاهوائية الخشبية:

1. *البكتيريا العصوية الرقيقة (Bacillus subtilis)*
2. أسيتيفبريو سيلولولتيكوس *(Acetivibrio cellulolyticus)*
3. كلوستريديوم ثيرموسيلوم (Clostridium therocellum)
4. كلوستريديوم بابيروسوليفنتس (Clostridium papyrosolvents)
5. البكتيريا الزائفة (pseudomonans spp)
6. البكتيريا السبحية (streptomyces spp)

خـــاتـــمة:

للبكتيريا دور فعال في تلف المادة الخشبية لأنها وسط ملائم لتواجدها بأعداد وأنواع هائلة، والتي تستهلك مكوناتها الكيميائية والفيزيائية التي تمثل مصدرا غذائيا يستجيب للمتطلبات الغذائية للبكتيريا وبالتالي وسطا ملائما للنمو والتكاثر، ويمكن لعدد كبير من أنواع البكتيريا اللاهوائية الانتشار داخل البنية الخشبية دون ملاحظتها، ولا يمكن التعرف عليها إلا من خلال التحاليل البكتيريولوجية نظرا لأنها كائنات مجهرية وحيدة الخلية، وهذا ما يستدعي تطوير منهجية وتقنيات تحليلية خاصة بالوسط الخشبي لتحليل الإصابات البكتيرية للمادة الأثرية .

تصاب المادة الخشبية الأثرية بالتلف البكتيري نظرا لتوفر العينات الخشبية على شروط نموها وتكاثرها كاحتواء العينات على العناصر الكيميائية التي تحتاجها البكتيريا في التغذية كمصادر السكريات مثل جزيء السيليلوز والهيميسيليلوز وبعض متعددات التسكر الأخرى كالبيكتين الموجودة في النسيج الخشبي والتي أنتجت من خلال العمليات الحيوية للخلايا النباتية ورسبت في الجدران الخلوية وبالتالي حافظت على سلاسلها الجزيئية في النسيج

[1] - Singleton (P), Op cit, P 52

الخشبي، وتستعمله البكتيريا بعد إنتاج إنزيم الكتالاز (Catalase) الخاص بهدم جزيئات الغلوكوز، وينتج عن هذه العملية كحول الإثانول وأكسيد الكربون.

إضافة إلى عنصر البروتين والأحماض الأمينية الذي تستعمله البكتيريا من خلال تكسيره الذي لا تقل أهميتها عن عناصر عديدات التسكر من حيث استجابته لاحتياجات التغذية البكتيرية إضافة إلى عنصر الماء حيث يحافظ الخشب في بنيته على هذا العنصر ا بما يقارب 50% من الحجم الجاف، ويعتبر مصدرا أساسيا في التغذية البكتيرية لأنه ينقل معه بعض المكونات الغذائية الأخرى ومع ذلك فان البكتيريا لا تستقبل كل ما هو مذاب مع جزيء الماء بل تقوم باختيار ما تحتاجه فقط، وهو مرور الجزيء من خلال اختراق الغلاف البلازمي للبكتيريا ويتم ذلك بعمليات جد معقدة مثل الانتشار الميسر (Diffusion Facilitée) الذي يتطلب تدخل بروتين حامل مع الجزيئات أو الشوارد. فالبروتين الحامل يسهل عبور الجزيئات أو الشوارد عبر الغشاء وذلك بالارتباط معها كيميائياً ونقلها ذهاباً وإياباً بنفس الشك، عكس الانتشار البسيط الذي هو الحركة الجزيئية النشطة للجزيئات أو الشوارد عبر فتحات الغشاء أو الفراغات بين الجزيئية دون الحاجة للارتباط مع بروتين حامل في الغشاء. يتحدد معدل الانتشار بكمية المادة المتوافرة، وبسرعة الحركة النشطة وبعدد وحجم الفتحات في غشاء الخلية التي يمكن للجزيئات أو الشوارد أن تتحرك عبرها، كما أن الخشب مصدرا هاما لعنصر الكربون الذي تحتاجه البكتيريا اللاهوائية باعتبار انتمائه إلى المواد العضوية ، وهذا ما يسهل على البكتيريا استهلاكه، لذلك فقد لا تجد البكتيريا صعوبة في استخلاص هذا العنصر، هذا ما يبرر تواجدها في العينات.