أضواء على التلوث البيئى

(بين الواقع والتحدى والنظرة المستقبلية)

دكتـــــــــــــور
أحمد عبد الفتاح محمود عبد المجيد
مدرس كيمياء وسمية المبيدات
كلية الزراعة – سابا باشا – جامعة الإسكندرية

دكتـــــــــــــور
إســـلام إبراهيم أحمد أبو الســـعود
مدرس ميكروبيولوجيا الأراضى
كلية الزراعة – سابا باشا – جامعة الإسكندرية

2007

المقدمة Introduction

خلق المولي عز وجل كل شيئ بحكمة وقدر موزون وهيأ لنا بيئة متزنة تتميز أنظمتها بالمرونة الفائقة فبالإضافة إلي التوازن الذي أنشأ عليه الخالق العظيم أحوال عالمنا0 فإنه جلت قدرته قد وهب لأنظمة الحياة علي الأرض والمعروفة بإسم الأنظمة البيئية قدرة علي تحمل ما قد تتعرض له من تغيرات ضارة ومؤثرة عليها0 لكن بالرغم من ذلك فإن مرونة الأنظمة البيئية لم تعد تتحمل هذا الضغط الرهيب من الإفساد البيئي متمثلاً في سلبية تصرفات البشر إزاء إستنزاف قدرات الأنظمة البيئية الذاتية وتفشل في إعادة التوازن فيما أوقع البشر وأحدثوا فيه من الخلل وقد أدي الإبتعاد عن تعاليم الخالق جلت قدرته إلي ظهور الفساد في البر والبحر بما كسبت أيدي الناس ليذيقهم بعض الذي عملوا فيقول عز وجل في الآية 41 من سورة **مريم** "**ظـــهر الفساد في البر والبحر بما كسبت أيدي الناس ليذيقهم بعض الذي عملوا لعلهم يرجـــعون**"0 وقد أدي الإبتعاد عن تعليم الخالق إلي تدهور بيئة الإنسان إلي الدرجة التي لا يمكن التغاضي عنها وأصبح للإنسان الآن وبسرعة أن يراجع سلوكياته وأنشطته ويعيد تقيمها خاصة الأنشطة التي أدت إلي الإساءة إلي البيئة وأن يتوصل إلي سبيل للحد من هذا التدهور في بيئته وأصبح الحفاظ علي توازن البيئة واحداً من أكبر التحديات التي تواجه وجود المجتمع البشري بكامله وأصبح التلوث البيئي هماً عالمياً يؤرق الحكومات ويشغل بال الشعوب بما يمثله من أخطاء تجثم علي صدر البيئة لتردي بحياة الجنس البشري علي أتساع الكرة الأرضية0 وأصبح حماية البيئة من التلوث وصيانتها والحفاظ عليها من أخطار التلوث بكافة أنواعه وأشكاله قد أصبح الشغل الشاغل للإنسان بعد تضخم مشكلاتها والأخطار الناتجة عنها وقد إتسعت دائرة الإهتمام بالبيئة وسلامتها حتى شملت كافة أنواع النشاط الإنساني في المجتمعات كلها نظراً لأن الإضرار بها هو الإضرار بحياة الإنسان نفسه وغالباً ما يتجاوز هذا الإضرار حدود الدولة المعنية0 وذلك لأن البيئة هي مجال حيوي ونظام متكامل يشتمل علي كل معوقات الحياة لجميع الأحياء وعلي قمتها كلها الإنسان والعلاقات البيئية علاقات مترابطة ومتكاملة في نفس الوقت فكل منتج في أحد دوراتها هو في نفس الوقت مدخل في حلقات أخرى وبالتالي فحص تشكل في مجملها كياناً حياً متوازناً يفسده التدخل الغير واعي للإنسان0 ولكل هذا فقد إلتقت إرادة المجتمع الدولي بكافة شعوبه علي العمل علي المحافظة علي سلامتها والترفق في التعامل مع مكوناتها0 وتلوث البيئة عموماً من الموضوعات الهامة جداً، وزاد الإهتمام بها كثيراً في العصر الحديث بسبب تزايد المخاطر والأضرار التي يتعرض لها لجنس البشري والتي تنتج عن التلوث بصوره المختلفة سواء تلوث للمواد أو المياه أو البيئات الزراعية والتي تعتبر من أولي البيئات التي تستلزم توجيه الاهتمام إليها

والمحافظة علي سلامتها بسبب أنها البيئات التي يتم فيها إنتاج غذاء الإنسان ومعظم كساؤه وبعض العلماء يعتبرها منطقة الكوارث البيئية بسبب أن جميع أنشطة الإنتاج الزراعي تستلزم إحداث تغيرات بيئية جائرة ناتجة عن إستخدام الأسمدة الكيماوية والإسراف في إستخدام المبيدات بكافة أنواعها لذلك فإن التوعية البيئية أو التوعية بأهمية التوازن البيئي وعناصر الإخلال بهذا التوازن (التلوث) هو خط الدفاع الأول في مكافحة التلوث البيئي والحد من أضراره لذلك أصبحت التوعية والمعرفة حق أصيل من حقوق المواطنة في كل أقطار العالم لوقف تدهور البيئة والمحافظة علي إستمرار الحياة علي الكرة الأرضية0

المـــــــــــؤلفان

الباب الأول

النظام البيئي والتلوث

Ecosystem and Environmental Pollution

يعتبر تلوث البيئة من المشكلات الهامة التي تواجه الإنسان في العصر الحديث وقد بدأت هذه المشكلة بدخول الإنسان عصر الصناعة والتعدين وفي المجتمعات الصناعية التي تعتمد علي الآلة بصورة مكثفة أو التي تعتمد علي الصناعات الكيماوية والتعدينية بصفة عامة وحدث التلوث نتيجة انطلاق الغازات والنفايات بالإضافة للكثير من المركبات الكيمائية التي استحدثها الإنسان والتي لم تكن موجودة طبيعياً في البيئة مثل المنظفات الصناعية والمبيدات بأنواعها المختلفة والمخصبات الزراعية وأنواع البلاستيك واللدائن الصناعية0

ومما يزيد من خطر التلوث البيئي أنه لا يقتصر علي موقع دون آخر ويرجع ذلك إلي أن الغلاف الحيوي الذي تعيش فيه جميع الكائنات الحية يرتبط ببعضه ارتباطا وثيقاً وأن التلوث الذي يحدث في بلد ما قد يؤدي إلي ظهور التلوث في بلدان أخرى قد تكون مجاورة أو بعيدة آلاف الأميال وليس أدل علي ذلك من حادث إنفجار المفاعل النووي في تشير نوبل داخل أوكرانيا الذي أدي إلي إحداث تلوث إشعال علي مدي واسع جداً غطي معظم بلدان أوربا ووصل حتى حدود تركيا0 أيضاً تلوث الجو بالغازات الحامضية أو تلوث مياه الأنهار والمحيطات الذي يحدث ما قد تمتد أثاره إلي بلدان أخري مجاورة أو بعيدة في صورة مياه ملوثة أو أمطار حامضية أو غير ذلك من صور التلوث، ومما يزيد من خطر التلوث أيضا سلوك هذه الملوثات في البيئات المختلفة وعلاقتها ببعضها البعض فالملوثات لا توجد منفردة بذاتها ولا تنحصر في موقع ثابت بل تنتشر خلال الوسط الذي تتواجد فيه وتنتقل من وسط بيئي إلي وسط بيئي أخر أي أن الملوثات لا تحدها حدود بل تنتشر في أنحاء البيئة المحيطة ويعتمد انتشارها علي ظروف البيئة المحيطة بمنطقة التلوث وطبيعة الملوثات من حيث خصائصها الكيمائية والفيزيائية منفردة ومجتمعة وقد تعطي هذه الملوثات مجتمعة تأثيراً سيئاً علي الكائنات الحية أكبر كثير عما يمكن أن يحدث من مجموع تأثيراتها منفردة0 وتزداد مشكلة التلوث في هذه الحالة تعقيداً وإذا علمنا أن الملوثات تتفاعل مع بعضها البعض أو تتحطم تحت الظروف الطبيعية أو الحيوية للبيئة المحيطة منتجة ألافاً من الملوثات ذات

التركيب الكيماوي والخصائص الفيزيائية المختلفة عن الملوثات الأصلية وقد تكون هذه الملوثات الجديدة أشد خطورة علي البيئة من الملوثات الأصلية التي تولدت عنها0 تنحصر أهم المشكلات البيئية في ثلاث مشكلات هي تلوثها وتدهورها وإختلال توازنها0 ولكل مشكلة من هذه المشكلات الثلاث تكلفتها الإقتصادية الخاصة بها التي تؤثر على حياة الإنسان في صور مباشرة وغير مباشرة0 فمثلاً يؤدي تلوث البيئة الذي ينقسم بدوره إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي تلوث الهواء وتلوث المياه وتلوث التربة، إلى الأمراض التي تصيب الإنسان والحيوان والنبات معا، مما يشكل تكلفة اقتصادية غير مباشرة0 فالأمراض الناتجة من أي من أنواع التلوث الثلاث، وخاصة تلوث الهواء والمياه، تحتاج للدواء مما يزيد من تكلفة العلاج بالنسبة للفرد والمجتمع خاصة وأن أغلب تلك الأمراض هي من الأمراض المستعصية كالسرطان وأمراض الرئتين والقلب التي تحتاج لأغلى أنواع العلاجات سواءً كانت أدوية أو عمليات جراحية0 وقد تزداد التكلفة الإقتصادية للتلوث في حالة الوفاة الناجمة مباشرة عن أحد الأمراض المرتبطة بتلوث البيئة سواءً تلوث الهواء أو الماء أو التربة0 والأخطر من كل ذلك فإن تلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات عمل على تآكل طبقة الأوزون واحتباس الحرارة في محيط الغلاف الجوي للأرض فيما يسمى بظاهرة الاحتباس الحراري مما أدى إلى ارتفاع متزايد في درجات حرارة الأرض0 وإذا استمر هذا التزايد في درجات حرارة الأرض فإنه سوف يؤدي إلى ذوبان كثبان الجليد المتراكمة عبر ملايين السنين في القطبين الشمالي والجنوبي مما سيتسبب في فيضان البحار والمحيطات وغرق الجزر والمدن الساحلية نتيجة لارتفاع منسوب الماء فيها0 علماً بأن بعض الدول الكبيرة كإندونيسيا واليابان والفلبين عبارة عن جزر، وأن أهم مدن العالم وأكبرها وأكثرها اكتظاظاً بالسكان عبارة عن مدن ساحلية، أما أمراض تلوث الهواء والماء التي تصيب الحيوانات الأليفة، والتي تشكل جزءاً هاماً في حياة الإنسان الإقتصادية في جانبي الإستهلاك والإنتاج، فهي أيضاً ذات تكلفة اقتصادية سواءً كانت هذه التكلفة متمثلة في علاج هذه الأمراض أو خسائر ناتجة عن وفاة الحيوانات بسببها، وقس على ذلك تلوث التربة الذي يقلل إنتاج النباتات التي يتغذى عليها الإنسان مما يقلل غذاؤه و/أو ينقل إليه بعض الأمراض جراء تلوث النباتات التي يستهلكها بالمبيدات الحشرية وغيرها0 وبالنسبة للتكلفة الإقتصادية لتدهور البيئة فهي تتمثل في انخفاض إنتاجيتها0 فمن أهم مظاهر تدهور البيئة، الجفاف والتصحر الذي يقلل الإنتاج الزراعي وخاصة في المناطق التي تعتمد على الأمطار في زراعة محاصيلها الزراعي0 أما بالنسبة لإختلال توازن البيئة وهو الذي ينتج عن انخفاض أعداد، أو انقراض بعض الكائنات الحية مما يؤثر على السلسلة الغذائية، ويؤدي بالتالي إلى انخفاض الإنتاج الحيواني والنباتي0 وحتى

إن كانت تلك الكائنات الحية التي إنقرضت أو في طريقها إلى الانقراض من الحيوانات المتوحشة، فهي لها وظيفتها التي تؤديها في السلسلة الغذائية0

رؤى مختلفة Different Visions

ويختلف المهتمون بالبيئة وشئونها وشجونها، سواءً كانوا من علماء الطبيعة والكيمياء والأحياء أو كانوا إقتصادين في تحديد مدى المخاطر البيئية وتقدير تكلفتها الإقتصادية، وفي سبل تخفيضها، إلى عدة مدارس؛ الوقائيون والمحافظون والاقتصاديون والاستغلاليون0 وفيما يلي سوف نسعرض رؤى كل منهم حول تكاليف البيئة الإقتصادية وكيفية تخفيضها أو إزالتها0

فالوقائيون Preventivists وهم الذين يرون عدم إستخدام البيئة إطلاقاً لأي سبب أو لأي مبرر كان، سواءً كان للتنمية أو النمو الاقتصادي أو للتقدم والرقي والإزدهار، وذلك لأنه، حسبما يرون، فإن تكاليف تلوث البيئة وتدهورها وإختلال توازنها تفوق المنافع والعائدات الإقتصادية للتنمية الإقتصادية أو لغيرها0 فكل هذه المنافع والعائدات من التنمية والتقدم والرقي والإزدهار قصيرة الأجل ولا تساوي شيئاً إذا ما قورنت بالتكاليف الإقتصادية لتلوث وتدهور وإختلال البيئة في الأجل الطويل0 فالأجيال الحالية التي ستنعم بهذه العائدات قصيرة الأجل ستكبد الأجيال القادمة تكاليف فادحة0 ولذلك فهم يرون أنه على كل جيل أن يسلم البيئة للأجيال القادمة كما وجدها وإلاَّ فسوف يكون أثر ذلك فادحاً على الأجيال القادمة، وأن البشرية ستدفع ثمناً باهظاً لما تقوم به الأجيال الحالية من العبث بالبيئة0 فالوقاية خير من العلاج، ومن هنا جاءت تسميتهم بالوقائيين0

أما المحافظون Conservatives فيروا أنه من الممكن أن يستفيد الجيل الحالي من البيئة ويستخدم مواردها الطبيعية ولكن بطرق تحافظ عليها من التلوث والتدهور وإختلال التوزان0 ويرون أن السبب في المشكلات البيئية القائمة ليس هو استخدام الإنسان للبيئة من أجل التنمية الإقتصادية والرفاهية، ولكن بسبب نظام السوق الذي يعدونه المسئول عن تلك المشكلات لأنه هو الذي يشجع على الإستهلاك الجائر والرعي الجائر وقطع الغابات الجائر والصيد الجائر، وذلك لأنه قائم على حافز الربح فقط0 فنظام السوق بطبيعته يفشل في التخصيص الأمثل للموارد الإقتصادية، ولذلك يرون لتجنب التكاليف الإقتصادية للمشكلات البيئية أن يستخدم الإنسان البيئة من خلال نظام مركزي يقوم بتخصيص الموارد البيئية بطرق تحافظ عليها، ومن هنا جاءت تسميتهم بالمحافظين0

أما المدرسة الثالثة فهي مدرسة الاقتصاديين Economists الذين يرون أنه لابد من إستخدام البيئية من أجل التنمية الإقتصادية والنمو الإقتصادي، بل ومن أجل الرفاهية الإجتماعية العام، ومن خلال نظام السوق0 ويختلف الإقتصاديون مع المحافظين في إتهامهم لنظام السوق بالفشل في تخصيص الموارد الإقتصادية، ويرون أن الذي يحدثه هذا النظام جراء المؤثرات الخارجية والسلع العامة والإحتكار الطبيعي إنما يؤدي إلى تشوهات في مؤشرات الأسعار يمكن معالجتها وإزالتها وليس إلى فشل هذا النظام لدرجة إستبداله بنظام مركزي تحكمي كما يرى المحافظون0 ولكنهم، أي الإقتصاديون، ينقسمون إلى قسمين عريضين فيما يختص بطرق معالجة هذه التشوهات0 فيرى قسم منه، بأن إزالة هذه التشوهات يمكن أن تتم باستخدام السياسات المالية والنقدية؛ بينما يرى القسم الآخر منهم، وهم الكلاسيكيون، أن فشل السياسات المالية قد يكون أخطر من فشل نظام السوق وذلك لأنها إذا لم تؤد إلى النتائج المرجوة منها فإن نتائج فشلها غير قابلة للإصلاح والإصحاح بينما فشل نظام السوق قابل للإصلاح والإصحاح0 ولذلك يرون عدم إستخدام أي سياسات مالية أو تخطيط أو أي نوع من أنواع التدخل الحكومي، وترك الإختلالات، والتشوهات التي تحدث في مؤشرات الأسعار بين الفينة والأخرى إعتماداً على الدورات الإقتصادية، إلى نظام السوق نفسه لأنه قادراً على إصحاحها وإصلاحها وإعادة الأسواق إلى حالة التوازن تلقائياً مرة أخرى، في الأجل الطويل0

أما المدرسة الرابعة وهي مدرسة الإستغلاليون Abusers فهم يقللون من أهمية التكاليف الإقتصادية للمشكلات البيئية تماماً ويتهمون بقية المدارس بالمبالغة الشديدة في تصوير مخاطر تلوث البيئة وتدهورها وإختلال توازنها جراء الأنشطة الإقتصادية، ويرون أن التقنية الحديثة كفيلة بتخفيف وتخفيض كل تلك الآثار للحد الأدنى، إن وجدت0 كما أن الخوف على حقوق الأجيال القادمة هو خوف مبالغ فيه أيضا0 فالأجيال اللاحقة كانت دائماً أفضل حالاً من الأجيال التي سبقتها حسب استقراء التاريخ البشري0 ولذلك فهم يرون أن كل جيل من حقه أن ينعم بالموارد الإقتصادية المتاحة له دون الاهتمام بحقوق الأجيال القادمة أو أي خوف عليها من مخاطر المشكلات البيئية0 ويضيفون أيضاً أن الجيل الحالي لا يستهلك كل ما ينتج وإنما يترك الكثير من الاستثمارات التنموية وكثيراً من التقنية والمعلومات للأجيال القادمة جراء إستخدامه للبيئة بلا تحفظ0

نخلص من هذه الرؤى المختلفة إلى أن الوقائيين يتطرفون يساراً والإستغلاليين يتطرفون يميناً0 أما مدرسة المحافظين فقد جُربت في الدول الاشتراكية التي إحتكرت فيها

الدولة كل الموارد الإقتصادية والطبيعية ولكنها فشلت فشلاً ذريعاً وعادت إلى نظام السوق مرة أخرى0 ولم يبق غير المدرسة الإقتصادية التي بدأت فيها المدرسة الكينزية إلى الزوال، وبقيت المدرسة الكلاسيكية التي بدأت أطروحتها تعود مرة أخرى من خلال مفاهيم العولمة والتخصيص ومنظمة التجارة العالمية وكلها تعتمد على نظام السوق0 فهل ستنجح هذه المدرسة في التخصيص الأمثل للموارد الإقتصادية وفي إعادة التوازن بسياسة "لا تفعل شيئاً" Do nothing والاعتماد على اليد الخفية وتلقائية التوازن وإعادة التوازن في جميع الأسواق؟ أم أن التدخل الحكومي سيخل بالتخصيص الأمثل للموارد مما يجعل تلوث البيئة وتدهورها وإختلال توازنها أكثر مما هو أمثل مما يؤدي بالتالي لظهور التكاليف الإقتصادية للبيئة0 وقبل التعريف بالتلوث والملوثات البيئية لا بد من الإلمام بتعريف البيئة والنظام البيئي0

البيئة Ecology

تعني علاقة الكائن الحي مع المكونات العضوية واللاعضوية في البيئة وهو مصطلح يبحث في علاقة الكائنات الحية ببعضها وعلاقتها فيما بينها بالوسط الذي تعيش فيه0

البيئة Environment

مصطلح أشمل وأعمق من مصطلح الإيكولوجي بسبب أنه لا يبحث فقط في المحيط الذي تعيش فيه الكائنات الحية فقط لكن يتعداها للبحث في المحيط الحيوي بكافة صوره من عوامل طبيعية واجتماعية وثقافية واقتصادية والتي لها تأثيرات مباشر علي الإنسان وعلي علاقاته بالكائنات الحية والموجودات الأخرى0 وهو ما يشير إلي أن هناك تفاعل بين الحياة في صورها المختلفة والبيئة من الجوانب التطبيقية الشاملة من أجل السعي إلي حياة أفضل0 وهذا يعني أن البيئة منظومة تحاول بإستمرار أن تصل إلي إعادة التوازن بين موجداتها في حركة ديناميكية طوال الوقت للوصول إلي توازن مستقر ومتأثرة بكل مكوناتها الحية والغير حية0 البيئة لفظة شائعة الإستخدام يرتبط مدلولها بنمط العلاقة بينها وبين مستخدمها فنقول البيئة الزراعية، والبيئة الصناعية، والبيئة الصحية، والبيئة الإجتماعية والبيئة الثقافية، والسياسية، ويعني ذلك علاقة النشاطات البشرية المتعلقة بهذه المجالات، وقد ترجمت كلمة Ecologyإلى اللغة العربية بعبارة "علم البيئة" التي وضعها العالم الألماني ارنست هيجل Ernest Haeckel عام1866 م بعد دمج كلمتين يونانيتين هما Oikes ومعناها مسكن، و Logos ومعناها علم وعرفها بأنها "العلم الذي يدرس علاقة الكائنات الحية بالوسط الذي تعيش فيه ويهتم هذا العلم بالكائنات الحية وتغذيتها، وطرق معيشتها وتواجدها في مجتمعات أو

تجمعات سكنية أو شعوب، كما يتضمن أيضاَ دراسة العوامل غير الحية مثل خصائص المناخ (الحرارة، الرطوبة، الإشعاعات، الغازات، والمياه، والهواء) والخصائص الفيزيائية والكيميائية للأرض والماء والهواء ويتفق العلماء في الوقت الحاضر على أن مفهوم البيئة يشمل جميع الظروف والعوامل الخارجية التي تعيش فيها الكائنات الحية وتؤثر في العمليات التي تقوم بها0

فالبيئة بالنسبة للإنسان "الإطار الذي يعيش فيه والذي يحتوي على التربة والماء والهواء وما يتضمنه كل عنصر من هذه العناصر الثلاثة من مكونات جمادية، وكائنات تنبض بالحياة0 وما يسود هذا الإطار من مظاهر شتى من طقس ومناخ ورياح وأمطار وجاذبية ومغناطيسية..الخ، ومن علاقات متبادلة بين هذه العناصر فالحديث عن مفهوم البيئة إذن هو الحديث عن مكوناتها الطبيعية وعن الظروف والعوامل التي تعيش فيها الكائنات الحية وقد قسم بعض الباحثين البيئة إلى قسمين رئيسين هما:-

ا. البيئة الطبيعية Natural Environment

وهي عبارة عن المظاهر التي لا دخل للإنسان في وجودها أو استخدامها ومن مظاهرها: الصحراء، البحار، المناخ، التضاريس، والماء السطحي، والجوفي والحياة النباتية والحيوانية0 والبيئة الطبيعية ذات تأثير مباشر أو غير مباشر في حياة أية جماعة حية Population من نبات أو حيوان أو إنسان0

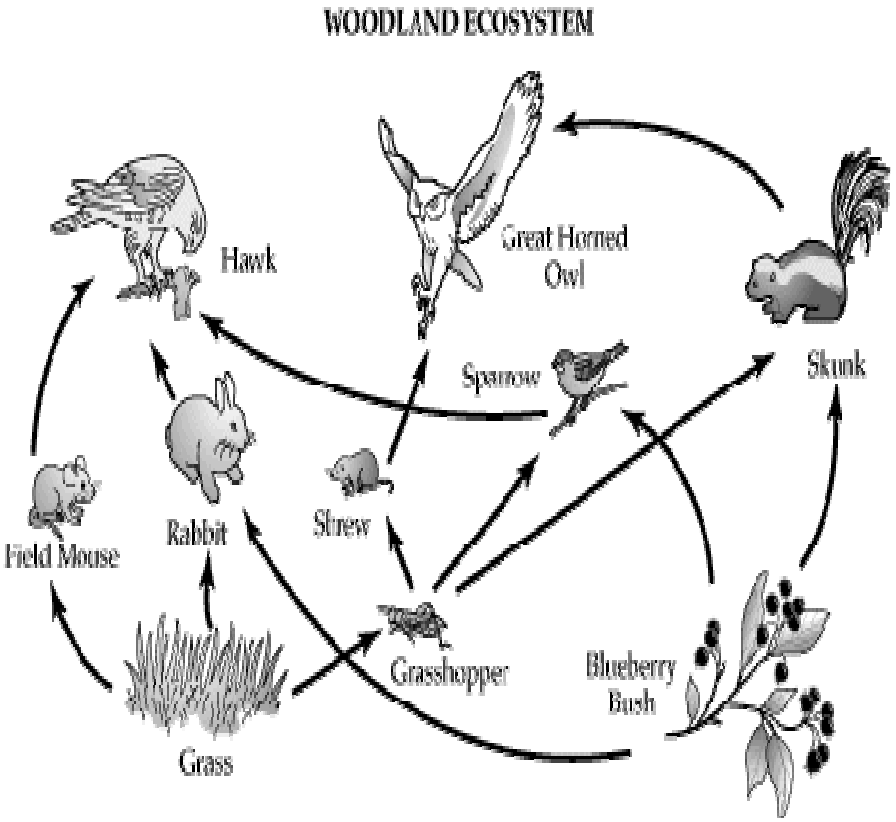
2. البيئة المشيدة Man-made or Constructed Environment

وتتكون من البنية الأساسية المادية التي شيدها الإنسان ومن النظم الإجتماعية والمؤسسات التي أقامها، ومن ثم يمكن النظر إلى البيئة المشيدة من خلال الطريقة التي نظمت بها المجتمعات حياتها، والتي غيرت البيئة الطبيعية لخدمة الحاجات البشرية، وتشمل البيئة المشيدة إستعمالات الأراضي للزراعة والمناطق السكنية والتنقيب فيها عن الثروات الطبيعية وكذلك المناطق الصناعية والمراكز التجارية والمدارس والمعاهد والطرق...الخ0 والبيئة بشقيها الطبيعي والمشيد هي كل متكامل يشمل إطارها الكرة الأرضية، أو لنقل كوكب الحياة، وما يؤثر فيها من مكونات الكون الأخرى ومحتويات هذا الإطار ليست جامدة بل أنها دائمة التفاعل مؤثرة ومتأثرة والإنسان نفسه واحد من مكونات البيئة يتفاعل مع مكوناتها بما في ذلك أقرانه من البشر، وقد ورد هذا الفهم الشامل على لسان السيد يوثانت الأمين العام للأمم المتحدة

حيث قال "إننا شئنا أم أبينا نسافر سوياً على ظهر كوكب مشترك، وليس لنا بديل معقول سوى أن نعمل جميعاً لنجعل منه بيئة نستطيع نحن وأطفالنا أن نعيش فيها حياة كاملة آمنة"0 وهذا يتطلب من الإنسان وهو العاقل الوحيد بين صور الحياة أن يتعامل مع البيئة بالرفق والحنان، يستثمرها دون إتلاف أو تدمير، ولعل فهم الطبيعة مكونات البيئة والعلاقات المتبادلة فيما بينها يمكن الإنسان أن يوجد ويطور موقعاً أفضل لحياته وحياة أجياله من بعده0

منظومة البيئة Ecosystem

تضم منظومة البيئة كل العناصر الطبيعية والحياتية التي توجد حول الكرة الأرضية وعلي سطحها وفي باطنها والهواء ومكوناته الغازية المختلفة والطاقة ومصادرها ومياه الأمطار، والأنهار، والبحار، والمحيطات، وسطح التربة، وما يعيش عليها من نبات أو حيوان أو كائنات دقيقة والإنسان وكأناته المختلفة، وعلاقاته الإجتماعية (شكل 1)0



شكل (1) يوضح التنوع الحياتى للنظام البيئى

وأهمية التفاعل بين تلك الثقافات والعلاقات وكل هذه العناصر مجتمعة هي مكونات منظومة البيئة بصفة عامة0 ومن السابق يمكن إستخلاص تعريف شامل للبيئة0

تعريف شامل للبيئة Overall Difinition

هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان وكافة الكائنات الحية الأخرى وتتضمن الإطار الفيزيقي الذي يمثل الأساس الطبيعي لكافة الكائنات الحية بما فيها الإنسان كما تتضمن الإطار الاجتماعي الذي يمثل الأفراد والجامعات والمجتمعات وتتضمن كذلك الإطار التكنولوجي وما قام به الإنسان من مخترعات وما قام بتطويعه مستخدماً التكنولوجيا الحديثة من أجل التكيف مع البيئة0

لماذا الإهتمام بالبيئة وضرورة المحافظة عليها ؟

يؤكد الخبراء بأن إدراك الفرد والجماعة لأهمية البيئة وضرورة المحافظة على مقوماتها قديم قدم وجود الإنسان على الأرض غير أن هذا الإدراك تزايد منذ إنعقاد مؤتمر الأمم المتحدة لبيئة الإنسان في العاصمة السويدية ستوكهولم يونيو 1972، واليوم ثمة إجماع عام على أن حياة الإنسان وصحته، ورفاهيته مرتبطة كل الإرتباط بمصادر البيئة المحيطة، وسلامتها، وهي تحدد مصير الأجيال حاضراً ومستقبلاً0

إن البيئة كظاهرة كونية طبيعية، تشكلت وإرتبطت بسلسلة من التحولات الجيولوجية والمناخية قبل مئات الألوف، بل ملايين السنيين، لتكون النظام البيئي الخاص Ecosystem، الذي تحكمه قوانين مكونات البيئة وعناصرها الأساسية، والتحولات والتغيرات في الظواهر البيئية0 والتحولات والتغيرات البيئية هي نتاج التغيرات الطبيعية وما يتبعها من تحولات، أو ناجمة عن تنامي دور الإنسان والمجتمعات البشرية عبر ضغطها المتواصل وإفراطها في استثمار مواردها أو إطلاق الملوثات والنتائج العرضية لمخلفات التنمية0 هذه التحولات والتغيرات تتسبب بإحداث خلل في التوازن البيئي0 والخلل في التوازن البيئي ينعكس بصور متنوعة، مثل موجات الجفاف، والتقلبات المناخية المتطرفة، وتفضي التقلبات المناخية إلى أإحداث أضرار على التوازن الاحيائي، ونمط الحياة السائد0 ونتيجة لتلك الأضرار تختفي مجموعات من الكائنات الإحيائية (حيوانية أو نباتية ممن كانت سائدة)0 وبالتالي فهذه التغيرات تشكل طريقاً سهلاً لإضطرابات إقتصادية، وإجتماعية، وصحية متنوعة0 وبذا تصبح الحياة، بشكل عام والحياة الإنسانية بشكل خاص أكثر تعقيداً، وصعوبة ومشقة0

لقد شكلت وتشكل الضغوط البيئية، وتفاقماتها المتراكمة على إمتداد ما يقرب من قرن من الزمان، عبئاً ثقيلاً على النظام البيئي0 غير أن وتائر التدهور تسارعت خلال النصف الثاني من القرن العشرين وحتى اليوم، بسبب الأحداث التي شهدها، وأثرت تأثيراً كبيراً على البيئة في العالم كالحروب، والتلوث، والتغيرات المناخية، والفقر، والمجاعة، وإنتشار الأمراض، وغيرها0 فأضحت مشكلات التدهور والتلوث البيئي قضية مركزية للحياة ولمستقبل المنطقة بكاملها.وأصبح أمراً مؤكداً، ولا يقبل الشك، بأن الاستقرار والتنمية ترتبطان أوثق إرتباط مع تعزيز إتجاهات تنظيف البيئة، ورعايتها، وحمايتها0 وكل هذا يستلزم إدارة بيئية عصرية ومتطورة من دونها لا يمكن بلوغ الإستقرار والتنمية المستدامة0

ويمكن تلخيص محاور التدهور البيئي بما يلي:-

1- التعرية لمكونات النظام البيئي الأساسية، وهي الموارد الأرضية، والغطاء النباتي، والتنوع الإحيائي، والتغيرات المناخية وغيرها0

2- تزايد مستويات التلوث لمحيط الهواء والماء والتربة الزراعية والمحيط الاحيائي0

3- تدهور نوعية الحياة الإنسانية (تراجع معدلات عمر الإنسان بعد الولادة، وتراجع مستويات الخدمات، وإنتشار ظاهرة الفقر)0

ويعني البحث بهذه المحاور أو في أحدى جوانبها؛ البحث بالمشكلات الإقتصادية الإجتماعية، بحكم الروابط والتأثيرات المتبادلة بين مكونات البيئة الطبيعية والإجتماعية0 فالبيئة النظيفة لا يمكن الوصول إليها إلا بحسن التنظيم، والمعرفة المناسبة، وبتوازن يؤمن عدم الإفراط في الإستثمار، وضمان ديمومة الموارد الطبيعية، وإمتلاك المجتمع لمستويات مناسبة من الوعي البيئي لكنف ومظلة الطبيعة التي يعيش تحت ظلها0 لقد أظهر المشاركون في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية في ستوكهولم بالسويد عام 1972 وعياً بان مستقبل التنمية، بل وربما بقاء الجنس البشري، أصبح محفوفاً بأخطار متزايدة بسبب تصرفات الإنسان الخاطئة في البيئة، التي بدأت تئن من الأذى وتعجز عن إمتصاصه0 ومنذ إنعقاد المؤتمر المذكور والإدراك في العالم يتزايد بأن حياة الإنسان ورفاهيته مرتبطة كل الإرتباط بمصادر البيئة وصحتها يصدق هذا على الحاضر وعلى المستقبل0

ولا يخفى على أحد أن حماية البيئة أصبحت من أهم التحديات التي تواجه عالمنا اليوم، وهي مواجهة يكون النجاح فيها خير ميراث للأجيال القادمة0 إذا كان السلوك الإنسانى هو العامل الأساس الذي يحدد إسلوب وطريقة تعاملنا مع البيئة وإستغلال مواردها، فلا شك أن

للتعليم والإعلام دور هام في ترشيد السلوك وحفزه للحد من الأخطار الناجمة عن الإستهلاك غير الصحيح للموارد البيئية المتاحة0 واليوم يُعد موضوع حماية البيئة أحد الفروع العلمية الحديثة، وميدان لممارسة متخصصة منذ أكثر من ثلاثة عقود من الزمن0 ولا تزال العديد من المفاهيم الأساسية للعلم الجديد طور التبلور0 وثمة حالة من الارتباك والتشوش تشمل برامج التدريس، والتعليم المنهجي، فضلاً عن وسائل الإعلام البيئي، مع أن الدول المتقدمة قطعت شوطاً كبيراً وحققت إنجازات رائعة على طريق حماية البيئة وصونها، بإجراءات بيئية إدارية وتشريعية وتربوية0 وتستهدف حماية البيئة (بصورتها المبسطة) تحسين سلوك الإنسان في التعامل مع الوسط المحيط به، ووقف إيذائه للطبيعة، والحد من مظاهر الإفراط في استهلاك مواردها0 فحماية الأراضي الزراعية الخصبة من التدهور والتعرية، وحماية الموارد الطبيعية في المرتفعات الجبلية أو في الصحراء، وحماية المحيط المائي أو الغابات القديمة أو المراعي القديمة، جميعها تتطلب الحماية والاستفادة من التقاليد والتراث القديم في ميدان حسن الاستثمار0 أي أن الشكل الأولي لحماية البيئة هو منع الضرر، ومراقبة مستويات التلوث، أو استباق حدوثه أو تعطيله في أسرع فرصة زمنية0

إن المسألة البيئية تعد اليوم واحدة من أهم مسائل عصرنا، فأهميتها نابعة من العناصر الأساسية للبيئة كالهواء، الذي نتنفسه، والماء الذي نشربه، والتربة التي نسكن عليها، ونزرعها ونحصد إنتاجها، لنعيش ونتكاثر في أجوائها، ونمارس حياتنا وأنشطتنا المختلفة تؤثر فينا ونتأثر بها0 من هنا يأتي الإهتمام بشئون البيئة وبدرجة كبيرة في بعض الدول، بحيث شكلت وزارة خاصة للبيئة أو ألحقت مسؤولياتها على أقل تقدير بإحدى الوزارات ذات العلاقة بالبيئة وأهمها وزارة الصحة، ومن بين الدول التي أنشأت وزارة خاصة بالبيئة كل من بريطانيا والسويد والنرويج وفنلندا وفرنسا، وأمريكا، وغيرها0 وتشكلت جمعيات لحماية البيئة أخذت أسماء مختلفة من نوع جمعية أصدقاء البيئة وجمعية حماية البيئة وجمعية مكافحة التلوث، والخط الأخضر، وغير ذلك من المسميات، ومن بينها منظمات أو هيئات حكومية وغير حكومية، محلية ودولية، وعلى المستوى الدولي تأسس برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، وجماعات السلام الأخضر Greenpeace كمنظمة غير حكومية ومستقلة0 ولما كانت البيئة بمعناها الشامل تغطي كثيراً من المجالات التي لا يسهل حصرها، فان أي هيئة منفردة لا تستطيع مراقبتها كلها، ولهذا فقد كان من الضروري أن تتعاون كل هيئة من الهيئات مع الهيئات القريبة منها في تبادل البيانات والتنبيه إلى مواطن التلوث0 وتشمل إهتمامات الهيئات الحكومية أو شبه الحكومية المختصة بشئون البيئة مجالات عديدة من بينها:-

1- مراقبة نشاط المصانع والورش والمؤسسات التي يؤدي عملها إلى تلوث الهواء بالغازات والأتربة المتصاعدة من مداخنها أو تلوث المياه بصرف نفاياتها فيها، ومن حقها أن تطالب المسئولين بإلغاء تراخيصها أو تعديل مواصفات نشاطاتها لتتمشى مع متطلبات السلامة0

2- دراسة مشروعات المصانع أو المؤسسات الحكومية الجديدة للتأكد من أنها لم تضر بالبيئة وإلا فإنها يمكن أن تعترض على منحها تراخيصاً للعمل، وتدخل هذه المراقبة ضمن ما يعرف بإسم" دراسة الجدوى البيئية"0

3- مراقبة المجاري المائية ومياه الشواطئ لمنع تلوثها أو الصيد فيها بإستخدام وسائل ممنوعة مثل الصيد بواسطة المتفجرات أو تخريب التشكيلات المرجانية وإستنزافه0

4- نشر الوعي البيئي بين الناس بمختلف الوسائل وأهمها وسائل الإعلام المسموعة والمرئية والمقروءة وإدخالها كلما أمكن ذلك في البرامج الدراسية، وتدريب المشرفين عليها على أفضل السبل لتأدية رسالتهم0

5- إستخدام الحقوق القانونية الممنوحة لها في ظل قانون البيئة والقوانين الإدارية المختلة لمواجهة أي تعد على البيئة بأي صورة من الصور وليكن برفع دعاوى قضائية ضد المخالفين أو تطبيق العقوبات المسموح بها في القانون ضدهم وذلك بالإستعانة بالسلطات التنفيذية والإدارية0

6- مراقبة المصادر المختلفة للضوضاء الخارجة عن المعدلات المسموح بها في المناطق المختلفة، وخصوصاً في المناطق السكنية ومناطق المستشفيات ومعاهد التعليم وفي المناطق الصناعية القريبة من الأحياء السكنية0

وإلى جانب ذلك فقد أعطيت لبعض الأجهزة والهيئات شبه الرسمية سلطات إدارية وقضائية تستطيع بها أن تفرض قيودها وتحاكم من يخالفها أو من لا يلتزم بقواعدها وتوقع عليه العقوبات المنصوص عليها في قانون البيئة والقوانين الإدارية، ولذلك بمساعدة المسئولين الإداريين0 وهكذا أصبحت حماية البيئة والمحافظة عليها تحضى بإدارة بيئية حديثة وفاعلة، مقرونة بقوانين وتشريعات بيئية0 كما وظف العلم لخدمة قضايا البيئة، مدعوماً بتربية بيئية سليمة0

القوانين البيئية (عقبات وصعوبات)

أتجه العالم منذ أوائل هذا القرن إلى وضع العديد من الاتفاقيات والمعاهدات والبروتوكولات بهدف حشد الجهود الدولية لمعالجة القضايا ذات العلاقة بالبيئة ومواردها، وقد

بلغ عدد تلك الاتفاقيات نحو 152 اتفاقية خلال الفترة من 1921–01991 ومن أهم هذه الإتفاقيات الدولية التي أبرمت في مجال حماية البيئة ، الإتفاقيات المتعلقة بالحفاظ على الحيوانات والنباتات في حالتها الطبيعية الموقعة بلندن في عام 1923، والإتفاقية الدولية لمنع تلوث البحار بالنفط المعتمدة بلندن عام 1954، ومعاهدة حظر تجار الأسلحة النووية الموقعة في موسكو عام 1963، هذا إلى جانب الاتفاقية المتعلقة بالأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية المعدة كموئل لطيور الماء المسماة بإتفاقية (رامسار) المعتمدة في عام 1971. هذا إلى جانب إتفاقية حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث والتي إعتمدت في برشلونه عام 1979، إتفاقية حفظ أنواع الحيوانات البرية المهاجرة التي إعتمدت في بون عام 1979، كما وقعت في عام 1982، إتفاقية الأمم المتحد لقانون البحار، ووقعت في فيينا 1985 إتفاقية حماية طبقة الأوزون، وإعتمدت في عام 1973 إتفاقية (سايتس) الخاصة بالاتجار الدولي في أنواع الحيوانات البرية المهددة بالانقراض0 وقد تم مؤخرا في التسعينات من هذا القرن وضع أهم الإتفاقيات الدولية في مجال البيئة، وهما إتفاقية التنوع البيولوجي التي إعتمدت في ريودي جانيرو في عام 1992 والإتفاقية الدولية لمكافحة التصحر في عام1994، هذا ويتمثل الهدف الأساسي لهذه المعاهدات والاتفاقيات والبروتوكولات سواء على المستوى الثنائي أو الإقليمي أو الدولي، في حماية البيئة والمحافظة عليها نظيفة وملائمة لحياة الإنسان0 ولا يكفي فقط المصادقة أو الإنضمام لتلك والإتفاقية إنما يتوجب الإلتزام بإتخاذ التدابير التشريعية والتنظيمية والإدارية التي تضمنت تنفيذ بنود تلك الإتفاقيات ونفاذها والإمتثال إليها على المستوى الوطني0

القانون البيئي (التعريف والتطور)

يرتبط هذا الفرع من القانون بالبيئة والتي تشمل الإنسان والعوامل الطبيعية المحيطة به من ماء وهواء وكائنات حية وجماد، هذا فضلا عن الظروف الناشئة عن تفاعل الإنسان مع هذه العوامل وما يرتبط بذلك من عوامل ثقافية، واجتماعية، وبهذا الوصف العام للبيئة، فإن القانون البيئي قد عرف على أنه (نظام القانون لحماية البيئة وتنميتها وردع مخربيها)0 هذا وقد نشأت القانون البيئي وتطور متلازما مع التطور الاقتصادي والاجتماعي للبيئة، فعندما يتزايد النشاط الاقتصادي، خاصة في مجالات الصناعة والزراعة، فإن المعالجة القضائية للتعويض عن الأضرار لحالات التعدي أو الإزعاج التي تقع على الأشخاص وممتلكاتهم لم تعد كافية لمواكبة الآثار البيئية الملازمة لذلك التطور، مما أكد الحاجة إلى أن تتولى السلطة التشريعية الأصلية مهمة الموازنة بين المصالح المتضاربة لجعل الغلبة لمصلحة البيئة على

المصالح الفردية القائمة على فكرة المنفعة المقابلة للعائد، وبمتابعة ورصد القانون (القانون البيئي) في الدول النامية أمكن رصد مرحلتين لتطوره قبل وبعد مؤتمر إستوكهولم عن البيئة والتنمية (1970) وذلك على النحو التالي:-

خلال الفترة السابقة لقيام المؤتمر تميزت التشريعات الصادرة بالتركيز على تخصيص وتنظيم إستغلال الموارد مع إغفالها لمعالجة الآثار السالبة لإستغلال تلك الموارد، مثل غياب التشريعات المتعلقة بحماية الموارد المائية من التلوث، ووجود بعض التشريعات التي تكرس لمنح حقوق الإحتكار وترخيص إستغلال الموارد كما في قوانين الغابات، وقوانين الأراضي التي أنصب فيها الإهتمام على حقوق الحيازة بدلا من تنظيم إستغلال تلك الحيازات وفلاحتها بصورة تضمن إستدامة العطاء0 بعد قيام المؤتمر خاصة في فترة السبعينات واجهت الدول النامية العديد من المشاكل البيئية، والتي من أهمها ما يتعلق بالإستغلال غير المرشد للموارد المتجددة وغير المتجددة، وما صاحب ذلك من السعي الحثيث لبعض الدول لوضع تشريعات تعني بشكل أساسي بالإدارة والإستغلال المستدام لهذه الموارد، فعلى سبيل المثال تضمنت قوانين البيئة أحكاما تنظم تخطيط إستخدام موارد المياه، والمحافظة عليها، والسيطرة على تلوثها، هذا بالإضافة إلى المعايير الأخرى بجودة المياه ونقائها0

وبالإضافة إلى ما سبق تميزت فترة ما بعد إستكهولم بالإنتقال التدريجي من طور المحافظة على الموارد إلى طور البناء المتكامل للمنظومة البيئية، حيث إتجهت التشريعات خلال هذه الفترة إلى السعى إلى التكامل بين عناصر ومكونات البيئة وإدارتها تخطيطاً وتشريعاً0 وبصفة عامة فقد إهتم برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) كثيراً بحصر الإتجاهات المعاصرة في مجال التشريع البيئي في الدول النامية، والتي يمكن إجمالها في إهتمام العديد من تلك الدول وبالتالي تضمين المسائل البيئية في الدساتير والخطط الكبرى للدول كما يلى:-

1. ترسيخ معايير ومستويات الجودة في القوانين والتشريعات العامة0
2. ترسيخ المبادئ البيئية والإقتصادية في القوانين، من باب الجزاء الرادع والحافز والمشجع0
3. تضمين المعايير الدولية في القوانين والأجهزة الوطنية0
4. تضمين صيغة تقويم الأثر البيئي كمعيار لضبط إقامة المشاريع ذات الأثر البيئي السالب0
5. إدخال مبدأ التنسيق كأساس للإدارة البيئية المؤسسية0

6. تحقيق الإتساق التشريعي من خلال صيغ القوانين الإطارية0

مدى كفاية التشريعات البيئية

أوضحت الدراسات الجارية في هذا الجانب، أن التشريعات التي عنيت بالبيئة في المنطقة العربية لم تتناول في أغلب الأحيان عناصر تكوينات البيئة بطريقة مباشرة، وإنما هي مجموعة تشريعات لها صلة بشكل أو آخر بالبيئة وموضوعاتها. فمكونات البيئة حسب رؤية المتخصصين والتي لم تمسها التشريعات بطريقة مباشرة هي حماية الهواء من التلوث، والغلاف الجوي وطبقة الأوزون من التفكك حيث لا تتأثر صحة البشر وعناصر الحياة الأخرى بمخاطر التلوث الإشعاعي، هذا إلى جانب حماية الكائنات الحية البرية والبحرية (الحيوانية والنباتية) وحماية موائلها (Habitats) من كافة المهددات البيئية0 هذا بالإضافة إلى عناصر حماية التربة والحماية من آثار الضوضاء0 ونتيجة للغياب الكامل للمعالجة التشريعية أو المعالجة السطحية لبعض العناصر، إزدادت حدة المشاكل البيئية، خاصة مع غياب دور التوعية والإعلام البيئي، فمن مظاهر الخلل البيئي الأكثر وضوحاً اضمحلال واختفاء الغطاء النباتي وزيادة الرقعة المتصحرة وتدهور خصائص التربة وتملحها، وتلوث، الهواء، ومياه الشرب، وغيرها من المظاهر0

وتجدر الإشارة أن معظم النصوص التشريعية المتعلقة بحماية البيئة لم توجه مباشرة إلى البيئة بشكل متخصص، بل تناول بعضها جوانب من البيئة وفق تصور ضيق لأنواع وطبيعة المؤثرات على البيئة وحدود تأثيرها، أي أن الصورة الكاملة لحالة البيئة غائبة عن أذهان المشرعين، مما جعل تلك النصوص غير كافية وغير ملائمة للحاجة التي تتطلبها تطورات العصر، إذ يغيب عن هذه النصوص المعيار العلمي المرجعي في تحديد المخالفات المتعلقة بالبيئة، فغياب المعيار العلمي يعرض تطبيق النص القانوني للإجتهاد ويخرج به عن مقاصده، إذ أنه من المعروف عن تطبيق النصوص الجزائية لا بد وأن يستند إلى نص قانوني واضح عملا بالمبدأ القانوني الثابت القائل بأنه (لا جريمة ولا عقوبة إلا بنص في القانون)0

ويضاف إلى ما تقدم أن هناك بعض الجوانب الهامة المتعلقة بالبيئة، التي لم تتناولها النصوص المعمول بها حاليا، مما يعني وجود فراغ تشريعي في توفير المعالجة القانونية والسند القانوني الملزم لتأمين حماية البيئة وإدارتها0 ولما كانت هذه هي حال النصوص، من حيث عدم الملاءمة وعدم الكفاية، فقد إستدعت الحاجة الناتجة عن الطور التقني المتسارع

الإيقاع إعادة النظر في التشريعات المتعلقة بالبيئة والدعوة إلى إجراء المزيد من التعديلات عليها لتتلاءم مع المستويات المطلوبة من الصحة والسلامة البيئية، وبخاصة في الجوانب المتعلقة بالبيئة الزراعية التي ترتبط مباشرةَ بإحتياجات الإنسان ومأكله وملبسه، كما ترتبط بالموارد الطبيعية الحيوية التي تدعو الضرورة إلى صيانتها والحفاظ عليها وتنميتها بشكل مستدام0

أهم أسباب عدم كفاية التشريعات البيئية

عدم مرونة التشريعات المعمول بها بالشكل الذي يلائم التطور السريع في الجوانب الحياتية المختلفة التي أدت إلى إحداث تأثيرات واسعة ومتنوعة على الأنشطة البيئية، مما يقتضي إيجاد معالجات قانونية ملائمة ازدواجية النصوص المتعلقة بالبيئة، وما ينشأ عن ذلك من عدم الوضوح في إعتماد النص الواجب التطبيق0 إن إزدواجية عمل المؤسسات المختصة بشئون البيئة، وما ينشأ عن ذلك من تداخل وتنازع في الاختصاصات، سواء في مجال الإشراف والرقابة أو التنفيذ0 أيضاً عدم ملاءمة العقوبات التي تضمنتها النصوص التشريعية، حيث أنها لا تتمتع بقوة الردع الموازية لحجم المخالفات المتعلقة بالبيئة، وعدم تناول النصوص لكثير من المستجدات الهامة المتصلة بالبيئة0 فضلاً عن غياب الإستقلالية في عمل المؤسسات المسئولة عن شئون البيئة، حيث أنها لا تعمل على البعد البيئي فقط بل ترتبط بنشاطات حكومية أخرى تأخذ الكثير من جهدها ووقت عملها، غياب الكوادر المتخصصة في العمل البيئي في المؤسسات المعنية بإدارة شئون البيئة، مما يفقدها المرجعية العلمية والإدارية0 ومن جانب آخر إن إفتقار الأجهزة المسئولة عن شئون البيئة إلى صلاحية الرقابة على عمل المؤسسات، سواء العامة أو الخاصة أو الأهلية اللازمة لمتابعة تطبيق، وإنقاذ النصوص التشريعية المتعلقة بالبيئة0

مكونات المنظومة البيئية

تتكون المنظومة البيئية من المكونات الحية والأخري الغير حية وتتغير المكونات الحية بمظاهر الحياة ونظراً لأن المواد التي تكون أجسام الكائنات الحية هي من نفس المواد التي تتكون منها الأرض فإنهم معاً في حركة دائرية دائبة إذ تبني الكائنات من بعض مكونات المنظومة البيئية ثم تعود مرة أخري لتتحلل ولتصبح من مكونات المنظومة الطبيعية مرة أخرى وهذا يعني أن جميع مكونات المنظومة من عناصر الوسط المحيطة بها تتحلل وقابلة للتحلل إلي عناصره الأولية مرة أخري أما المواد الغريبة عن

المنظومة والتي يتم تصنيعها بواسطة الإنسان مثل العبوات والأكياس، والمعلبات، البلاستيكية يصعب تحليلها إلي عناصرها الأولية والإخلال في التوازن البيئي يكون ناتج عن وجود مواد غير قابلة للتحلل0

النظام البيئي ومكوناته Ecosystem and its components

يتكون النظام البيئي من مكونات حية ومكونات غير حية وهما يشكلان نظاماً ديناميكياً متزناً حيث يؤثر كلاً منهما في الأخر ويتفاعل معه0

المكونات الغير حية Abiotic components

تشمل المواد غير العضوية مثل الكربون، والأكسجين، والهيدروجين، والنيتروجين، والمواد العضوية مثل الكربوهيدرات، والبروتينات، والدهون بالإضافة للعناصر المناخية كالحرارة، والرطوبة، والضوء، والعناصر الفيزيائية مثل الجاذبية والإشعاع0

المكونات الحية Biotic components

تشمل عناصر الإنتاج وعناصر الإستهلاك وعناصر التحلل0

عناصر الإنتاج Producers

وتشمل الكائنات التي لها قدرة علي تحويل المركبات غير العضوية البسيطة إلي مركبات عضوية معقدة وتشمل جميع النباتات الخضراء بالإضافة للطحالب وبعض أنواع البكتريا التي تقوم بعملية البناء الضوئي أو البناء الكيميائي0

عناصر الإستهلاك Consumers

هي الكائنات التي تعتمد في غذائها علي المواد العضوية المنتجة بواسطة الكائنات ذاتية التغذية سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة وتشمل معظم أنواع البكتريا والفطريات والحيوانات بما فيها أكلات الأعشاب وبعض أنواع الطيور، والحشرات، وبعض أنواع الأسماك التي تتغذي علي العوائل النباتية والنوع الثاني من المستهلكات هو آكلات اللحوم مثل الحيوانات المفترسة، وبعض أنواع الأسماك، والضفادع والثعابين، وأيضاً أكلات الأعشاب واللحوم وهي الكائنات التي تعتمد في غذائها علي النباتات، واللحوم، مثل الإنسان.

عناصر التحلل Decomposers

وهي الكائنات غير ذاتية التغذية تقوم بتحليل أجسام الكائنات الميتة للحصول علي الطاقة اللازمة لحياتها وتشمل البكتريا والفطريات وتنقسم إلي ثلاثة مجموعات حسب ما تحتاجه من أكسجين لإتمام عملية التحلل حمض أما كائنات هوائية Aerobic microbes أو كائنات لا هوائية Anaerobic microbes والكائنات الإختيارية0 وبهذه الأنواع الثلاثة من الكائنات الحية تكتمل الدورة أو السلسلة الغذائية حيث تعمل النباتات الخضراء كبوابة تدخل منها المركبات الأولية والبسيطة لتندمج في المكونات الحية للكائنات المختلفة0 وتستمر الدورة إلي أن تستكملها الكائنات المحللة بإطلاق المركبات الأولية والبسيطة مرة أخري في البيئة0 وكلما كان النظام البيئي أكثر قدرة علي التكييف مع الظروف المتغيرة المحيطة به سواء كان هذا التغير قصير الأجل أو طويل الأجل ومحاولات الإنسان بالتدخل في هذا النظام بإحداث تغير في واحد أو أكثر من مكوناتها أو إستبعاد واحد أو أكثر من عناصرها قد تؤدي إلي انهيار هذا النظام البيئي، ويحل محله نظام بيئي جديد يكون أكثر ملائمة للوضع الجديد0

أي أن النظام البيئي له القدرة علي إستيعاب التغير الطارئ عليه للحفاظ علي بقاؤه وذلك لآن كمية المادة الموجودة في المحتوي الكلي للبيئة ثابتة أي أنها قابلة للتحول من صورة لآخري وبالتالي تكون كل العناصر الموجودة في حالة دوران مستمر خاصة العناصر الغازية كالكربون والنيتروجين التي تعتبر في دورانها أسرع من العناصر الموجودة في الحالة الرسوبية في قشرة الأرض مثل المعادن المختلفة0 وبعد التعرف علي البيئة لمفهومها البسيط والعميق ومنظومة البيئة والنظام البيئي وإتزانه نتعرف الآن علي مفهوم التلوث والملوثات وأنواع التلوث والعوامل التي جعلت مشكلة التلوث أكثر تفاقماً وأيضا تأثير التلوث والملوثات0

التلوث Pollution

يمكن تعريف التلوث بعدة مفاهيم بأنه التغير الكمي أو الكيفي في مكونات البيئة سواء الحية أو الغير حية علي أن يكون هذا التغير خارج مجال التذبذبات الطبيعية لهذه المكونات بحيث يؤدي التغير إلي إحداث إخلال ما في إتزان البيئة الطبيعي0 وتعرف التذبذبات التي تعرف لجماعة ما من الكائنات بأنها سلسلة متواصلة من الزيادة والنقصان في عدد أفراد هذه الجماعة وقد تكون موسمية متعلقة بالمناخ الموسمي أو غير موسمية تكون أما دورية حيث يصل حجم الجماعة إلي الحد الأقصى ثم يأخذ في النقصان نتيجة زيادة عدد الوفيات أو

الهجرة أو تكون عشوائية نتيجة عوامل خارجية مؤقتة مثل إنتهاك المناطق الطبيعية والصيد الجائر أو إستعمال المبيدات0

يمكن تعريف التلوث البيئي أيضاً بمفهوم أبسط بأنه مرادف لكلمة الفساد فيمكن القول بأن التلوث بمعناه العام هو الفساد سواء فساد مادي أو عقيدى أو معنوي0 فإذا حاصرنا أنفسنا في تعريف التلوث المادي نجد انه يعنى تغير متعمد أو تلقائي (عفوي) في شكل البيئة ونظامها ينتج غالبا عن فعل ونشاط الإنسان أو هو إدخال مواد لا يستفاد منها آو إدخال طاقة إضافية إلي البيئة بواسطة الإنسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة يتسبب عنها تلفا في صحته أو بيئته التي يعيش فيها أو في مسكنه وكل ما يحتويه أو في عمله وما يرافقه فيه أو في كل ما تربطه بهم علاقة مادية أو معنوية0

كما يمكن تعريفه بأنه تواجد أو إنتشار شيئ في موضع لا يراد له أن يتواجد فيه أو هو إقحام مادة أو إحداث تأثير يغير من شكل البيئة جزئيا أو كليا وذلك بتغيير معدل النمو أو التكاثر الطبيعيين للكائنات الحية أو يتدخل في آليات السلاسل الغذائية ويكون ذا أثر سام أو ضار أو أن يتداخل مع الصحة العامة أو الراحة الشخصية للأفراد أو أن يفقد الممتلكات الشخصية للأفراد قيمتها وجوهرها0

ويؤثر التلوث عموما على واحداً أو أكثر من مكونات النظام البيئي مما يفقده توازنه ويصبح عرضه للانهيار وبالتالي فهو يعرف أيضا بأنه إحداث تغير في واحد أو أكثر من الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية لكل أو بعض مكونات الغلاف الحيوي مثل الماء أو التربة أو الهواء أو النبات أو غيرها وذلك بواسطة المواد التي يتم دفعها في البيئة والتي تنتج من نشاط الإنسان0 وغالبا ما يؤدى هذا التغير إلى إحداث آثار ضارة على صحة الإنسان ورفاهيته وأيضا على الحيوان والنبات وأحيانا على المواد غير الحية المرتبطة بالبيئة0 ويمكن إجمال التعريفات السابقة في تعريف أبسط وهو أن التلوث يعنى أي تغيير في صفات وخواص الهواء والماء والتربة والغذاء من شأنه أن يؤثر سلبياً على صحة ومعيشة ونشاط الإنسان أو الكائنات الحية الأخرى ذات الفائدة للإنسان ومن كل التعريفات السابقة نجد أن التلوث يحدث نتيجة إدخال أي مادة غير مألوفة إلى وسط من الأوساط سواء كان هواء أو ماء أو تربة أو غذاء وتؤدى هذه المادة الغير مرغوبة عند وصولها لتركيز حرج إلى نتائج ضارة على صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى ذات الفائدة للإنسان0

وقد أصبح التلوث ظاهرة عالمية تعانى منها جميع الشعوب بما لها من أضرار, وإذ لم تعد البيئة المحيطة قادرة على تجديد مواردها الطبيعية وعلى علاج الإختلالات البيئية الحادثة فيها من

جراء نشاط الإنسان وعبثه في بعض الأحيان0 فلا يقتصر التلوث البيئي على بلد يعنيه أو قارة يعنيها لكن تتعدى حدوده ووصل إلى أطراف المعمورة فلم تسلم منه بلد ولم تنجو منه قارة, كل ما هنالك أن العالم كله بقارته وبلدانه يحاول أن يخفف من وطأة وحدوث التلوث البيئي التي تتمادى بعض الدول في إطلاقه متحدية بذلك المواثيق الدولية التي تنظم إطلاق الملوثات البيئية الأشد وطأة على دول العالم الثالث الأقل قدرة على مواجهة غول التلوث البيئي العابر للقارات0

وينتج التلوث غالباً من إدخال مخلفات الصناعة ونواتج الاحتراق وغيرها من الملوثات في الوسط المحيط بالبيئة أو الوسط المطور لها بكميات كبيرة عن طريق مداخل المصانع والأفران، أو نفايات المجاري أو مطروحات المنازل، أو من الحوادث العفوية في البحار والمحيطات وأحيانا على الطرق بين شاحنات الغاز أو الزيت أو المواد الكيماوية الخطرة، أو في محطات توليد القوى الكهربائية، أو المفاعلات النووية0 كما ينتج التلوث كذلك في الإمعان في إستغلال الطبيعة إستغلالاً جائراً دون النظر إلى التوازن البيئي وإلى إحتياطات الكائنات الحية التي تعيش في الغلاف الحيوي0

أنواع التلوث Pollution Types

يمكن تقسيم أنواع التلوث بعدة طرق لكن أبسطها التقسيم إلى نوعين رئيسيين هما:-

التلوث المادي Visible Pollution

وهو الذي ينتج عن إقحام عناصر مادية في البيئات الحيوية مما يترتب عليه إحداث خلل أو فساد في آليتها تظهر نتائجه بمرور الوقت مثل التلوث الذي يحدث من مخلفات المصانع أو نفايات المدن أو المواد الكيماوية التي يفرط في إستعمالها دون دراية بما تحدثه من تدمير للبيئة0

التلوث الغير مادي Invisible Pollution

وهو الذي ينتج من تأثير عناصر غير مادية على البيئات الحيوية مثل التلوث الضوضائي الذي يعذب الإنسان أو التلوث بالإشعاع الذري أو التلوث الحراري وهذه كلها مؤثرات فيزيقية0

مصادر التلوث Pollution Sources

يمكن تحديد مصادر التلوث عموما في مصدرين رئيسيين هما:-

1. مصادر طبيعية Natural Sources

وهى المصادر التي لا دخل للإنسان فيها لكنها تنتج عن ظواهر طبيعية مثل الغازات والأبخرة والحمم البركانية المندفعة من البراكين وأكسيد النيتروجين الناتجة من حدوث الشرارة الكهربية بين السحب عند حدوث البرق0

2. مصادر صناعية Industerial sources

وهى كثيرة وترتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بالتقدم البشري وزيادة عدد السكان وما ينتج عن ذلك من ملوثات ومخلفات للمصانع ووسائل النقل البرية والبحرية والجوية وبقايا المواد الكيماوية المستخدمة في الزراعة والزائدة عن حاجة النبات وأيضا الملوثات الإشعاعية والمخلفات النووية الناتجة من المفاعلات النووية ومن التفجيرات الذرية التي تتسابق بعض الدول إليه0 ومن الواضح أن مصادر التلوث المسئول عنها الإنسان تفوق بكثير في تأثيرها المصادر الطبيعية0 لذلك أصبحت قضية حماية البيئة من التلوث من أهم القضايا والتي تمثل تحدياً حقيقياً لحياة الإنسان على الأرض0

الملوثات Pollutants

تعرف الملوثات على أنها أي مواد غازية أو سائلة أو صلبة أو جزئيات دقيقة أو ميكروبات أو عوامل أخرى تؤدي لحدوث الخلل في إتزان البيئة

تقسيم الملوثات Pollutants classification

يمكن تقسيم الملوثات إلى عدة تقسيمات كالآتى:-

1) تبعاً لنوع الملوث
2) تبعاً لمصدرها
3) تبعاً لتأثيرها
4) تبعاً لتحللها

اولاً: تقسيم الملوثات تبعا لنوعيتها:-

أ- ملوثات طبيعية Natural Polluitants

وهى الملوثات التي لا يتدخل الإنسان في إحداثها مثل الأبخرة والغازات المتصاعدة من البراكين أو الإنفجارات الشمسية أو إضطرابات الطقس أو إنتشار حبوب اللقاح في الجو من النباتات التي تنمو طبيعيا في البيئات الحيوية أو الكائنات الدقيقة (البكتيريا والفطريات والفيروسات) التي تنتشر طبيعيا في الجو، أو المياه، أو غيرها من الأوساط بدون تدخل الإنسان0

ب- ملوثات صناعية Industerial Polluitants

وهى الملوثات التي أستحدثها الإنسان من خلال نشاطه الصناعي كالغازات، والأبخرة والمواد الصلبة التي تنتج من مداخن المصانع، وعوادم السيارات، وأيضا المخلفات الناجمة عن نشاط البشر، وحركتهم ومعيشتهم0

ج- ملوثات كيمائية Chemical Pollutants

وهى المواد الكيمائية التي يتعامل فيها الإنسان سواء كانت غازية أو سائلة أو صلبة كالمبيدات بأنواعها المختلفة (الحشرية- الفطرية- الحشائشية) أيضا المنظفات الصناعية، والمعقمات الكيماوية، ونواتج الصناعات البترولية، وصناعات الغزل، والنسيج والحديد، والصلب والمفرقعات والأسمدة وغيرها0

د- ملوثات فيزيائية Physical Pollutants

مثل التلوث الصوتي (الضوضاء), التلوث الكهرومغناطيسي الناتج عن الأسلاك الكهربائية خاصة ذات الضغط العالي بما يتولد عنه من مجالات كهرومغناطيسية قوية تؤثر على العمليات الفسيولوجية في أجسام الكائنات الحية0 أيضا التلوث بالإشعاعات الذرية والتلوث الحراري للمياه الذي ينتج عن إستخدام كميات وفيرة منها للتبريد في محطات توليد القوة بالوقود العادي أو الوقود الذري ثم إعادة إلقائها في البحر أو البيئات المائية مما يؤدى لتلوث حراري لهذه البيئات الحرارية0

هـ- ملوثات حيوية (بيولوجية) Biological Pollutants

وهى الكائنات الحية التي تنتشر بشكل كبير في البيئات المختلفة مسببة أضرار لصحة الإنسان نفسه أو زراعاته أو حيواناته أو مقتنياته المختلفة0 وتشتمل هذه الكائنات على البكتيريا، والفطريات، والفيروسات، والأنواع المختلفة من الكائنات الأخرى التي تعتبر آفات صحية أو زراعية على الإنسان أو الحيوان، أو النبات0 وقد تسبب هذه الكائنات في حدوث أوبئة قاتلة للإنسان مثل الفيروسات المسببة لمرض الإنفلونزا أو الإيدز أو البكتيريا المسببة لمرض الطاعون والكوليرا0

ثانياً: تقسيم الملوثات تبعا لمصدرها:-

1. ملوثات معلومة المصدر Known Sources

وهى تأتي من مصادر محددة معروفة مثل أنابيب الصرف الصحي0

2. ملوثات غير معلومة المصدر Unknown Sources

وهذه الملوثات تأتي من مصادر غير محددة مثل تلوث الماء في المناطق الصناعية المحيطة بها أو من إنبعاثات الغازات المتصاعدة من السيارات0

ثالثا: ً تقسيم الملوثات تبعا لتأثيرها:-

1. ملوثات لحظية التأثير Short-Term Pollutants

وينتج عن هذه الملوثات تأثير مباشر مثل موت النباتات البحرية أو الأسماك مباشرة نتيجة التلوث بهذه الملوثات مثل التلوث بالمنتجات البترولية بعد الحوادث البحرية التي تحدث لناقلات البترول0

2. ملوثات ثانوية التأثيرٍ Secondary Pollutants

وفيها تأثير تلوث بهذه الملوثات لا يكون ملحوظا وفورياً ويظهر هذا التأثير بعد عدة سنوات مثل المبيد الكيمائي الـــ د.د.ت حيث لا يؤثر على الطيور مباشرة بل يتجمع في أجسامها بتركيزات عالية يؤدي إلى عقم هذه الطيور وبالتالي القضاء على أنواع كثيرة من الطيور0

رابعاً: تقسيم الملوثات تبعا لتحللها:-

1. ملوثات قابلة للتحلل Degradable Pollutants

وتشمل الملوثات سريعة التحلل مثل مخلفات الصرف الصحي وهذه الملوثات يمكن أن تمثل بمشكلة بيئية عند إضافتها للتربة بمعدل يفوق معدل تحللها0

2. ملوثات مقاومة للتحلل Non-degrdable Pollutants

وتشمل الملوثات غير القابلة للتحلل أو التي تحلل ببطء شديد في البيئة الطبيعية، وبالتالي يكون من الصعب جدا إزالتها وأمثلة للمركبات المقاومة للتحلل المبيدات المكلورة مثل:-

1) Dioxins
2) Dichlorodiphenyl Trichloroethane (DDT)
3) Polychlorinatad
4) Biphenyls
5) (PCBs)

أيضا النظائر المشعة وهذه الملوثات التى قد تتجمع في أجسام الحيوانات من خلال السلسلة الغذائية إلى مستويات وتركيزات عالية ويطلق على عملية التجمع الحيوي 0Bioaccumulation

درجات التلوث Pollution Categories

يختلف خطر التلوث تبعا لكميته ونوع المادة المسببة له (الملوث) كالآتى:-

1. التلوث المحدود Limited Pollution

وهو أول درجات التلوث وهى درجة محدودة تصاحبها أخطار محدودة يظهر تأثيرها على الحياة البيئية وتعتبر مجرد ظاهرة لا تصل أو ترقي إلى حد المشكلة0

2. التلوث الخطر Dangerous Pollution

وهو الدرجة التالية للتلوث حيث يؤدى إلى إختلال النظام البيئي أو الحيوي حيث تصبح البيئة غير قادرة على التنقية الذاتية لأن كمية التلوث قد زادت على قدرة النظام على الإستيعاب وهذا ما حدث نتيجة الثورة الصناعية0

3. التلوث القاتل Deadly or Fatal Pollution

وهو أخطر درجات التلوث حيث يصل إلى الحد المدمر للكائنات الحية وهو ما يمكن حدوثه لبعض البحيرات أو التجمعات المائية المغلقة أو شبه المغلقة التي تلقى فيها مخلفات المناطق الصناعية الصلبة أو السائلة0 وبإستمرار إلقاء هذه المخلفات في المحتوى المائي يسبب تغيرات كبيرة في المحتوى الحيوي يسبب نقص الأكسجين الذائب في الماء، وعدم وصول الضوء الكافي للبيئة مما يتسبب في موت الأحياء المائية، ونمو الكائنات الأولية الغير هوائية0

تأثيرات التلوث Pollution Effects

الإنسان هو أكثر الكائنات الحية عرضة للتلوث والتأثير بالملوثات خاصة الملوثات المقاومة للتحلل وذلك لأنه يقع في قمة السلسلة الغذائية، والمثال الواضح على ذلك الكارثة التي حدثت لمواطني اليابان والمقيمين بالقرب من خليج مينا ماتا حيث تفشى في سكان هذه المنطقة في الستينات الشلل والأمراض العصبية بطريقة وبائية وتسبب ذلك في موت أكثر من 400 شخص0 وقد أتضح أن السبب في ذلك تلوث مياه الخليج بالزئبق الناتج من الصناعات الموجودة على هذا الخليج، مما أدى إلى تركيز هذا العنصر السام في أجسام الأسماك ثم في أجسام الأشخاص الذين تناولوا هذه الأسماك0 كما أوضحت الكثير من الدراسات أن كثير من الملوثات الكيمائية مثل DDT و PCBs تؤثر على الوظائف الحيوية للإنسان0

أيضاً للتلوث تأثير ضار على المصادر الطبيعية فالنظم البيئية مثل الغابات والأنهار وغيرها تعمل التى على تحسين خواص وصفات البيئة الأرضية مثل تحسين خواص وصفات الماء، والهواء وتمد النباتات، والحيوانات بالبيئة الصالحة للنمو، كما أنها تمد الإنسان بالغذاء، والدواء0 ويعمل التلوث على القضاء على هذه الوظائف الهامة للبيئة0 وأكثر من ذلك ولطبيعة العلاقة المعقدة بين الكائنات الحية، والنظام البيئي نجد أن التلوث له عواقب وخيمة يكون أحيانا من الصعب التنبؤ بها ومثال لذلك عدم قدرة العلماء على التنبؤ بالأخطار التي سوف تنجم عن نقص طبقة الأوزون وهى الطبقة التي تحمى الأرض من تأثير الأشعة فوق

البنفسجية الضارة0 والتأثير الآخر للتلوث هو التكاليف الباهظة التي تتكلفها الدول لتنظيف البيئة ومنع التلوث ولقد وجد أن السيطرة على إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون وهو الغاز الناتج من إختراق الوقود إلى مستوى ما كان عليه عام 1990 يتكلف حوالي 2% من الناتج القومي للبلاد المتقدمة وقد قدرت تكاليف خفض التلوث في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1993 حوإلى 159 بليون دولار وحوالي 29% من هذه التكاليف تنفق على تلوث الهواء و36% تنفق على تلوث الماء و 37% تنفق على المواد الصلبة، وبالإضافة للتأثيرات الضارة للتلوث على الاقتصاديات، والصحة والموارد الطبيعية، فإنه يؤثر سلبياً على الناحية الإجتماعية فنجد أن الأشخاص ذوي الدخل المحدود والدول النامية أكثر تأثراً ولا يحصلوا على نفس الحماية من التلوث بالمقارنة بالدول المتقدمة والأشخاص ذوي الدخول المرتفعة0

العوامل التي جعلت مشكلة التلوث أكثر تفاقماً

مما لا شك فيه أن الأسلوب الذي إختاره الإنسان غطاً لحياته له دخل كبير في تفاقم مشكلة التلوث وهناك عوامل جعلت مشكلة التلوث أكثر تفاقماً هي:-

- تركز النشاط الصناعي والتجاري في المدن الكبرى ذات الكثافة السكانية العالية وما يترتب على هذا النشاط وتلك الكثافات العالية من تلوث0
- التخلص من أشجار الغابات لتوفير مساحات لإستزراع محاصيل اقتصادية أو الإستزراع، وحيد المحصول مكان الأحراش النامية طبيعيا، وهذا من شانه أن يؤدى لإستبدال نظام بيئي معقد يحتوي على العديد من الكائنات الحية النباتية والحيوانية بنظام بيئي بسيط يحتوي على عدد قليل جدا من الأنواع النباتية، والحيوانية وهذا التبسيط لنظام البيئة يؤدي لإنهياره، ويؤدي لإستبداله بنظام بيئي آخر يناسب الظروف المستجدة في المنطقة0
- صرف المخلفات المنزلية والصناعية في البحيرات، والأنهار، والبحار يحدث تلوثا للمسطحات المائية مما يؤدي لإفساد مياهها وتقليل دورها الحيوي بل يتعدى الأمر إلى أن تصبح مصدر للإيذاء للإنسان لتراكم الملوثات بها أو في كائناتها، والأمثلة على ذلك كثيرة مثل تلوث نهر السين ونهر الراين وغيرها0
- التخلص من النفايات الكيماوية السامة والخطرة والنفايات الذرية في مواقع تصبح فيها حظر على البيئة ويتمثل ذلك في محاولة الدول المتقدمة صناعيا أن تبعد هذه المخلفات

خارج حدودها بتصديرها إلى دول أخرى فقيرة تقبل أن تكون أراضيها مستودعا لهذه النفايات أو تتخلص منها بالدفن في أعماق المحيطات وأعالي البحار0

- التراخي في تنفيذ السلامة والأمان في تشغيل المؤسسات التي تتعامل مع المواد الخطرة مما يعرضها لحوادث يترتب عنها تلوثا على نطاق واسع ومنها على سبيل المثال:-

1. حادثة إنفجار المفاعل النووي تشيرنوبل بأوكرانيا والتي أدت إلى حدوث تلوث إشعاعي في المنتجات الزراعية والحيوانية خاصة منتجات الألبان في عدد كبير من بلدان أوروبا وقد وصل التلوث حتى حدود تركيا الأمر الذي جعل كثير من الدول تدقق في المنتجات المستوردة خشية تسرب تلوث إشعاعي مع هذه الواردات0

2. حادثة الإنفجار في مصنع الكيماويات والتي حدثت في بهو بال بالهند عام 1984 وترتب على الانفجار انطلاق الغاز السام للأعصاب (ميثايل أيزوثيوسيانات MIT) وترتب على هذه الحادثة أكثر من ألفي قتيل وأكثر من 200 ألف شخص من المصابين بأمراض خطيرة أهمها العمى0

3. الإفراط في إستعمال غازات الفلوروكلورو كربون (الكلورفلوركربون) في أجهزة التكييف وفي العبوات المضغوطة الذي أدى إلى تآكل طبقة الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي وما لم يتوقف هذا التآكل فإنه سوف يؤدي إلى نفاذ الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض بكميات قد تؤدي إلى حدوث أمراض كثيرة0

4. الإفراط وسوء إستخدام الكيماويات الزراعية خاصة المبيدات طويلة البقاء في (المقاومة للتحلل) والتي عملت على الإخلال بالتوازن البيئي الحيوي إضافة إلى تراكمها في الأنسجة الدهنية للكائنات الحية0

5. تدمير أو إثمار الغطاء النباتي في الغابات والأحراش نتيجة الرعي الجائر أو بغرض زراعة محاصيل مكانها أو بفعل الأمطار الحمضية التي تسقط عليها مما أدى إلى حدوث إنجراف للتربة الخصبة أو زحف التصحر كما أدى أيضا إلى الإخلال بالتوازن الحيوي في هذه البيئات0

6. إنقراض أعداد متزايدة من الكائنات الحيوانية والنباتية لسبب أو لآخر وهذا يؤدي بدوره إلى فقد النظام البيئي لأحد من عناصر التوازن بين مكوناته مما يجعله أكثر عرضة للإنهيار بتأثير أحد العوامل التي يتعرض لها0

وفيما يلي سوف يتم فى الأبواب القادمة إستعراض الأنواع الرئيسية للتلوث وهى تشمل كلاً من:-

1. تلوث الهواء Air Pollution
2. تلوث المياه Water Pollution
3. تلوث التربة Soil Pollution

الباب الثاني

التلوث الهوائى Air Pollution

يعتبر الهواء أحد العناصر الأساسية الضرورية لكل كائن حي ففي كل يوم تستقبل رئة كل منا حوالي 5 كجم من الهواء الجوي بينما الجسم لا يمتص سوى 2.5 كجم من الماء وأقل من 1.5 كجم من الطعام0 ويقصد بالهواء هنا الوسط الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية عموما ونعرفه مجازا بالغلاف الجوي Atmosphere . ويتكون الغلاف الجوي من مزيج من عدة غازات أهمها الأكسجين الذي يشكل 20% من مجموع الغازات المحيطة بالكرة الأرضية والنيتروجين بنسبة 78% من وزن الهواء بالإضافة إلى غازات أخرى بنسب أقل مثل ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.04%، وبالإضافة لبعض الغازات الخاملة مثل الهليوم والنيون والأرجون والكريبتون التي تتواجد بنسب ضئيلة جداً هذا بالإضافة إلى بخار الماء الذي يتواجد بنسب مختلفة تختلف من منطقة لأخرى ، ويحيط الغلاف الجوي تماما بالكرة الأرضية ويصل سمك طبقاته من 800 إلى 1000 كيلو متر ويبلغ أقصى ارتفاع له عند خط الاستواء في حين يكون في أدنى مستواه عند القطبين0 ويعتقد العلماء أن الغلاف الجوي يمتد حتى يصل إلى حافة الفضاء الخارجي بسمك يصل إلى 400 ألف كيلو متر إلا أن ما يقرب من 99.9% من كتلة هذا الغلاف الجوي تحيط بالكرة الأرضية حتى ارتفاع أقصاه 50 كيلو متر0 ويلتصق الغلاف الجوي بالكرة الأرضية بقوة الجاذبية الأرضية وتقل كثافتها كلما إبتعدنا عن سطح الأرض وتنشأ فيه الرياح والأمطار والسحب والعواصف والأعاصير ويتكون الغلاف الجوي من الطبقات التالية:-

1) طبقة الجو السفلية Troposphere

2) طبقة الجو العلوية Stratosphere

3) طبقة الجو الوسطية mesosphere

4) طبقة الجو الحرارية Thermosphere

5) طبقة الجو الخارجية Exosphere

ويرتبط تلوث الهواء بمصادر إنتاج الطاقة بوجه عام وإحتراق الأنواع المختلفة من الوقود بالإضافة للصناعات المختلفة كصناعة الكيماويات والحديد والصلب وغيرها إلى جانب ما ينتج من عوادم السيارات وبقية وسائل النقل ويقاس مدى تلوث الهواء بمقدار ما يحدث له من تغير في تركيبه وخواصه0 وينعكس هذا التلوث على جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض فيؤثر عليها بشكل أو بآخر ويعتمد تأثيره على نوع المادة الملوثة ومقدار التلوث وفترة التعرض له، وقد يمتد هذا التلوث الغازي أيضا للأحياء المائية نتيجة تغير صفات المحتوى المائي0 وقبل التعرض لأهم ملوثات الهواء والأضرار الناتجة عنها لابد من تناول أهمية الغلاف الجوي وأنواع التلوث الهوائي ومصادر هذا التلوث0

أهمية الغلاف الجـــــوي Importance of the Atmosphere

أحد العناصر اللازمة لاستمرار الحياة على وجه الأرض حيث تستمد منه جميع الكائنات الحية الغازات اللازمة لقيامها بوظائفها الحيوية0 فهو عامل فعال في المحافظة على ثبات درجة الحرارة اليومية على الأرض، وتضيق مدى الإختلاف في درجاتها بين الليل والنهار0 ويعمل على حجز الإشعاعات الضارة بالحياة والصادرة من الشمس خاصة الأشعة فوق البنفسجية0 وأيضاً له دوراً فى الإحتفاظ بحرارة الأرض ليلاً ويمنعها من التسرب إلى الفضاء الخارجي المحيط بالأرض0 وتتكون فيه السحب والرياح والأمطار كما أنه وسيلة لإنتقال الصوت 000 وغيرها0

أنواع التلوث الهوائي Types of Air Pollution

يعرف التلوث الهوائي على أنه تحميل الهواء بمواد صلبة أو سائلة أو غازية أو تغيير واضح في نسب الغازات المكونة للهواء ويؤدي (أيهما أو كلاهما) إلى إحداث أضرار مباشرة أو غير مباشرة بالكائنات الحية أو بالمكونات غير الحية للنظم البيئية الموجودة وقد يجعل (أيهما أو كلاهما) ظروف المعيشة للكائنات الحية في هذه النظم البيئية غير ملائمة لإستمرار حياتها أو قد يسبب أضرار اقتصادية في الآلات، أو المعدات، أو مقتنيات الإنسان وينحصر التلوث الهوائي عادة في طبقة الجو السفلية Troposphere وقد يمتد أحيانا ليصل إلى المنطقة السفلى من طبقة الجو العلوية Stratosphere ويحدث التلوث الهوائي عندما تدخل جسيمات عضوية أو غير عضوية إلى الهواء الجوي وتشكل أضرار على عناصر البيئة0 ونتيجة التغير الكمي والنوعي الذي يطرق على عناصر

البيئة (النظام البيئي) يصاب هذا النظام بعدم الكفاءة وبحدوث خلل في مكوناته ووظائفه0 والتلوث الهوائي من أكثر أشكال التلوث البيئي انتشارا لسهولة انتقاله من منطقة لأخرى خلال فترة زمنية قصيرة نسبيا0 ويتسبب تلوث الهواء في كوارث بيئية كبيرة حيث قد تؤدي إلى موت الإنسان بالاختناق عند إرتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون والدخان والضباب في الجو0

تقسيم التلوث الهوائي تبعا للحيز المكاني الذي يصل إليه:-

1- تلوث محلى Local

وهو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة كالذي يحدث لمدينة أو لبحيرة أو لمنطقة صناعية محددة0

2- تلوث إقليمي Regional

وهو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة أكبر تضم عدة دول أو حتى قارة بأكملها مثل تلوث حوض البحر الأبيض المتوسط أو تلوث قارة أوروبا0

3- تلوث عالمي Universal

وهو التلوث الهوائي الذي تنتشر الملوثات فيه على مساحات كبيرة وتصل إلى منطقة بعيدة عن مصادرها0 مثل التلوث بالإشعاعات الذرية الذي يتجاوز الأقاليم الذي يحدث فيه أو التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الكرة الأرضية، أو تآكل طبقة الأوزون في طبقات الجو العلوية والمتوسطة وغيرها0

مصادر التلوث الهوائي

للتلوث الهواء مصادر متعددة بعضها طبيعي والبعض الآخر ينشأ من الإفراط في استخدام الثروات الطبيعية أو من أنشطة الإنسان المختلفة. وتنحصر أهم مصادر التلوث الهوائي فيما يلي:-

1. ملوثات طبيعية المنشأ

وهي تلك الملوثات التي تتواجد طبيعيا في الهواء دون أن يكون للإنسان تدخل مباشر أو غير مباشر في وجودها بالمقدار أو الحد التي أصبحت فيه إحدى ملوثات الجو وأمثلة ذلك كثيرة نذكر منها:-

أ- حبوب اللقاح التي يزداد تواجدها في الجو بنسبة عالية خلال فصل الربيع مما قد يسبب مرض الحساسية الربيعي عند بعض الأشخاص ويزيد من خطورتها استمرار تعلق هذه الحبوب في الجو لفترات طويلة وذلك لدقة وزنها وضآلة حجمها0

ب- الجراثيم والبكتيريا التي تنتشر في الجو كنتيجة للنشاط الزائد للكائنات الحية الدقيقة المحللة للمادة العضوية Decomposers0

ج- إرتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو كنتيجة للنشاط الحيوي للكائنات الحية عموما أو للتفاعلات الطبيعية التي تنتج هذا الغاز علما بأن إرتفاع نسبة هذا الغاز في الجو يترتب عنه إرتفاع ملحوظ في كمية الحرارة التي يختزنها المحيط الحيوي، وذلك لقدرة هذا الغاز على إمتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تصل مع أشعة الشمس وهذه الأشعة ذات تأثير حراري في المقام الأول0

د- الغبار العالق في الهواء والذي يتراكم فيه كنتيجة لحركة الرياح أو الحرائق أو كنتيجة لنشاط البراكين أو الغبار الكوني أو غيره0 ا

2-ملوثات ناتجة من إختراق الوقود

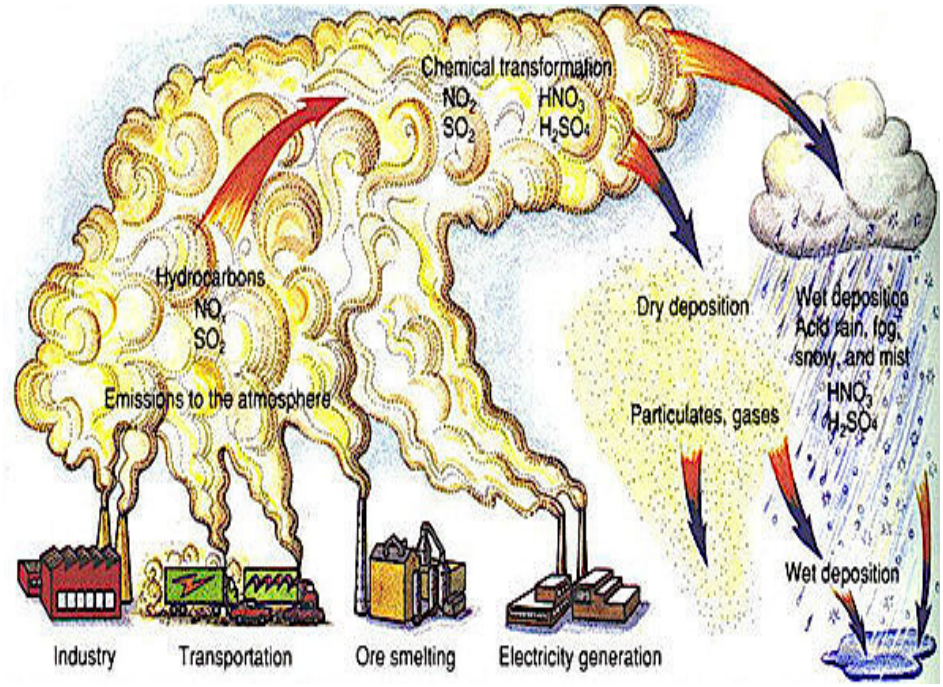
وهي الملوثات الناتجة عن إحتراق الوقود بأنواعه المختلفة سواء كان مواد عضوية أو فحم أو منتجات بترولية والتي تعتبر أكثر الملوثات انتشاراً وتأثيراً في النظام البيئي خاصة في المجتمعات ذات الكثافة السكانية العالية والحاملة بالنشاط الصناعي0

3- مخلفات الصناعة

للصناعة مخلفات تحدث تلوثاً للهواء بالإضافة إلى ما تنتجه من ملوثات ناتجة من احتراق الوقود (شكل 2-3)0 فالصناعات الكيميائية مثلا مثل صناعة النفط تطلق في الهواء ملوثات غازية متباينة مثل النشادر- كبريتيد الهيدروجين- أول أكسيد الكربون0 أما صناعات الأسمدة الفوسفاتية والألومنيوم فتطلق غاز فلوريد الهيدروجين أو مشتقات الفلور الأخرى0

كما يتخلف غبار السيلكا و أكاسيد الحديد عن صناعات ومحاجر الحديد0 كما تطلق صناعات أخرى عنصر الزئبق وهباب الكربون في الجو بكميات كبيرة جدا خاصة في المدن المكتظة بالسكان مثل طوكيو ولندن ونيويورك0

شـــــكل (2) يوضح تصاعد الأدخنة السامة من مداخن المصانع المختلفة التى تلوث الهواء النقى



شـــــكل (3) يوضح المصادر المختلفة والمتنوعة التى تؤدى إلى تفاقم مشكلة تلوث الهواء

4- ملوثات أخرى تنتج من حرق أو إعادة استخدام المخلفات البشرية والصناعية:-

وتنتج من حرق المخلفات البشرية والصناعية حبيبات دقيقة جداً قد تكون صلبة أو سائلة تتعلق في الوسط الغازي بضآلة حجمها وكتلتها مكونة دخانا أو ضباباً وهذه النواتج قد تكون على صورة غبار أو دخان أو ضباب أو سناج وقد يكون لهذه النواتج تأثير سام على النظم الحيوية الموجودة داخل الوسط البيئي الذي تتواجد فيه0

ومما لاشك فيه أن البشر يحيا اليوم في بيئة كيميائية حقا لا مجازاً0 فالهواء الذي نتنفس والغذاء الذي نأكل والتربة التي تنبت فيها أو عليها النباتات جميعها تتألف جميعا من مواد كيميائية0 فالكيميائيات تدخل في عمليات نمو الكائنات الحية وفي وجودها ومن ثم في فنائها0 وأن نسبة كبيرة من هذه المركبات والعناصر الكيميائية المتوفرة في البيئة هي الأخري نافعة بل ضرورية لوجود الكائن الحي ضمن التركيزات المتاحة لها بشكل طبيعي0 يناقض هذا إن بعض المركبات الكيميائية الطبيعية الأصل أو المصنعة منها لها تأثيراتها الضارة علي العمليات الحياتية أو الحيوية0 وعلي هذا الأساس يمكن تقسيم الكيميائيات إلي ثلاثة أقسام من حيث علاقتها بصحة الإنسان بالدرجة الأولي:-

1- كيميائيات ضرورية لبعض العمليات الحيوية في حدود تركيزات معينة كالفيتامينات وبعض العناصر الأساسية كالكالسيوم واليود والفوسفور والصوديوم والبوتاسيوم مثلا، ثم الأحماض الأمينية0

2- كيميائيات لا أثر لها علي الحياة، بمعني أنها لا ضارة ولا نافعة مثل غاز الأرجون النادر (أو المسمي خطأ بالخامل) والسليلوز، وحجر الجرانيت0 أو تلك المواد التي يسهل التعويض عنها كبعض الأحماض الأمينية والكربوهيدرات0

3- كيميائيات لها تأثير سيئ أو ضار أو فتاك كالزئبق والرصاص ومادة 0Tetrachlorodibenzo-P-dioxine

وينبغي ملاحظة أن هذا التقسيم هو في الحق مفيد كتقسيم عام، لكنه تقسيم مبسط من وجهة نظر العلاقة المهمة بين الكمية المأخوذة وحجم أو مدي الاستجابة لها، ذاك لان الكثير من الكيميائيات الضرورية هو سام في تراكيزاته العالية كالنحاس وعنصر السلينيوم وفيتامين د لكنها وكما هو معلوم ضرورية ضرورة قصوي في حدود تراكيزها المنخفضة التي تتطلبها كثيراً من العمليات الحيوية المعتادة لأجهزة وأعضاء الإنسان علي سبيل المثال يتعرض

الإنسان (كنموذج للكائن الحي) بشكل مستمر لعدد لا حصر له من الكيميائيات التي تدخل الجسم عادة عن طريق واحد أو أكثر من الطرق الاتية:-

1 - الفم (مع المأكولات والمشروبات)
2- التنفس (عن طريق الرئتين شهيقا)
3 - عن طريق الجلد

علما بأن حوالي 95 في المائة من هذه المواد إنما يدخل الجسم كغذاء0 ومعدل ما يأكله الفرد في اليوم يساوي 2 –3 أرطال أي حوالي كيلوجرام واحد0 أما ماء الشرب فيحوي عادة كيميائيات قليلة، بإستثناء بعض الحالات حيث تكون هناك في بعض المياه مركبات غير مأمونة العواقب جراء التسرب غير المقصود أو لفظ مياه المجاري والمصانع وتصريفها في بعض الأنهار دون أية معالجة سواء أكانت كيميائية أو معالجة بكتريولوجية0 وأقرب مثال هو تلوث مياه البحار والمحيطات الدائم بالنفط0 فالبحر الأبيض المتوسط قد غدا مستنقعاً مشتركاً بين القارة الأوروبية من جهة والقارة الإفريقية من الجهة الأخري، إذ تصب فيه ليلاً ونهاراً أنهار كلتا القارتين حاملة معها نفايات المصانع وكل ما يتيسر حمله من المنابع الجبلية حتي المصبات0 أما أبخرة الكيميائيات والغازات السامة والخانقة مثل أكاسيد الكربون والنيتروجين والكبريت، والإتربة والغبار وخاصة تراب الأسمنت، والإسبستوس0

وأبخرة بعض المركبات الأمينية فطريقها هو الجهاز التنفسي، وتأثيرها المباشر لا شك علي الرئتين، الجهاز الأكثر حساسية0 تسحب الرئتان بالنسبة لإنسان متوسط العمر والحجم والفاعلية ما مقداره 20 لتراً مكعباً من الهواء في اليوم0 وتدخل جسم الإنسان عن طريق الجلد مواد سائلة مثل مواد التنظيف والمذيبات العضوية المعروفة في مختبرات الأبحاث والصناعة كمركب البنزين، والكلوروفورم، وبعض المركبات الأروماتية الحلقية بل وحتى الأسيتون مذيب صبغة أظافر النساء الشهير0 أما الأدوية والعقاقير الطبية فبيعها، وتعاطيها يخضعان كما هو معلوم لإشراف دقيق منظم أذ أن بعض هذه الأدوية والعقاقير شديد السمية أو ذو تأثيرات صحية جانبية شديدة الخطورة0 فالأسبرين الذي يشفيك من الصداع قد يكون سبباً في موتك إذا ما تجاوزت الحد الأعلي المسموح به لتناول هذه الحبوب حسب العمر وشدة تفاقم الحالة أو الوضع الصحي العام للمريض0

ملوثات الهواء

تنحصر أهم ملوثات الهواء فيما يلي:-

1- أكاسيد الكربون Carbon oxides
2-أكاسيد الكبريت Sulpher oxides
3- أكاسيد النيتروجين Nitrogen oxides
4- كبريتيد النيتروجين Hydrogen Sulphide
5-الفلور وفلوريد الهيدروجين Florine and Hydrogen Floeride
6-الرصاص ومشتقاته Lead and its derivatives
7-الكلوروفلوروكربونات Chlorofluorocarbons
8-الهيدروكربونات Hydrocarbons
9- الجسيمات المعلقة في الهواء Particulates
10- التلوث بالمعادن Heavy metals

وفيما يلى سوف نستعرض وسنلقى مزيداً من الضوء على كلُ من الملوثات السابقة:-

1. أكاسيد الكربون Carbon oxides

تشمل أكاسيد الكربون غازات ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون وهى غازات عديمة اللون والرائحة0 والمصدر الرئيسي لها هو احتراق الوقود سواء الناتج من مداخن المصانع، ومحطات توليد الكهرباء، أو من محركات السيارات التي تستخدم منتجات البترول، أو من حرق الأخشاب بغرض التدفئة، أو من حرائق الغابات0

أ. غاز ثاني أكسيد الكربون

يتواجد ثاني أكسيد الكربون طبيعيا في هواء الغلاف الجوي بنسبة منخفضة حوالي 0.04% ويشترك في دورة حيوية هامة تعرف باسم دورة الكربون حيث تمتص فيها النباتات الخضراء ثاني أكسيد الكربون من الجو وتحوله بمساعدة طاقة الشمس ومركبات أخرى إلى مواد عضوية وهذه الخطوة هي الخطوة الأساسية التي يتم فيها إستنفاذ معظم هذا الغاز من الجو0 وينتج هذا الغاز أساساً من عملية التنفس لجميع الكائنات الحية وأيضا من عمليات حرق الوقود بأنواعه إلى غير ذلك من المصادر0

ومع التطور الذي حدث في حياة البشر توفرت العديد من المصادر التي تنتج هذا الغاز بكميات هائلة وتقوم بدفعه إلى الغلاف الجوي وأهم هذه المصادر على الإطلاق الإستهلاك المتزايد من الوقود كالفحم والبترول ومشتقاته وأدى ذلك إلى زيادة مستمرة في إنتاج ثاني أكسيد الكربون الذي يتم دفعه إلى الأرض دون أن يقابل ذلك زيادة مماثلة في استهلاكه بل حدث العكس تماما حيث قابله نقص نتيجة التخلص من مساحات كبيرة من أشجار الغابات أو نتيجة حدوث التصحر في الأراضي الزراعية والتي كانت نباتاتها وأشجارها تستهلك قدراً معقولا منه0 وقد أدى هذا الوضع إلى إختلال التوازن بين إنتاج وإستهلاك هذا الغاز من جو الأرض الأمر الذي أدى لتراكمه وإرتفاع نسبته في جو الأرض بمرور الوقت0 وتكمن مشكلة هذا الارتفاع في قدرة هذا الغاز على إمتصاص قدر كبير من الأشعة الحرارية (الأشعة تحت الحمراء IR) التي تنبعث من الشمس وتصل إلى الأرض0

وتؤدي زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو إلى ما يعرف بظاهرة الإحتباس الحراري، أو تأثير الصوبة حيث يعمل الغاز مع بعض الغازات الأخرى طبقة على ارتفاعات قريبة نسبيا من الأرض تسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس ولا تسمح بنفاذ الأشعة تحت الحمراء المنعكسة على سطح الأرض مما يؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة الكرة الأرضية ويؤدي إلى حدوث تغير في طقس الأرض الأمر الذي سيتبعه ذوبان الجليد بكميات كبيرة في المناطق الباردة والقطبين وإرتفاع منسوب المياه في البحار والمحيطات إلى غير ذلك من الإخلال بهذه التوازنات البيئية المستقرة0 وهذا الغاز غير سام إلا أن زيادة نسبته في الهواء تؤثر في كمية الأكسجين مما يسبب شعورا يضيق التنفس وقد تؤدي الزيادة الكبيرة إلى الإختناق0 والحد الآمن لهذا الغاز أقل من 330 جزء في المليون0 ويمكن حل مشكلة زيادة هذا الغاز بالحفاظ على الغابات وزيادة الرقعة الخضراء والحدائق والمحافظة على الأرض الزراعية من التصحر0

وتجدر بالإشارة إلى نوع من التوازن البيئي الذي تقوم به الطبيعة للتخلص من الزيادة في كميات ثاني أكسيد الكربون في الهواء الحيوي وذلك عن طريق إختزال المركبات الغير عضوية الذائبة في مياه المحيطات بواسطة الهوائم النباتية حيث تحولها إلى مركبات عضوية كربونية بواسطة التخليق الضوئي وعند موت تلك الهوائم تغوص في قاع الماء مسببة قلة تركيز ثاني أكسيد الكربون المذاب في هذه المياه ويتم تعويض هذا النقص بإذابة الغاز مرة أخرى من الهواء الجوي، وتعتبر هذه العملية بمثابة مضخة تنقل غاز ثاني أكسيد الكربون من

دورته السريعة في الهواء إلى دورته البطيئة في الماء وترسبه في قاع المحيطات بطريقة غير مباشرة0

ب. أول أكسيد الكربون CO

يعتبر من أشد ملوثات الهواء سميه للكائنات الحية وينتج هذا الغاز من الإحتراق الغير كامل للوقود (مثل الفحم والمنتجات البترولية وغيرها)0ويتكون تبعاً للمعادلة الآتية:

$$2C + 2O \rightarrow 2CO$$

ويتم الإحتراق الغير التام للوقود داخل المحركات لعدم وصول كمية كافية من الأكسجين تعمل على إحتراق الوقود إحتراقاً كاملاً لذلك فهو منتشر في المدن المزدحمة بالسيارات والمركبات المختلفة التي تسير بالبنزين أو الكيروسين على وجه الخصوص (شكل 4)0 وهذا الغاز من الغازات السامة وترجع سميته إلى قدرته على الاتحاد مع هيموجلوبين الدم ليكون مركب Carboxy haemolglobin مما يفقد الهيموجلوبين الصلاحية في نقل الأكسجين إلى الخلايا الحية لإتمام عملية التنفس داخلها وبهذا تتعطل وظيفة الهيموجلوبين في نقل الأكسجين أثناء عمليات التنفس نتيجة لإرتباطه مع أول أكسيد الكربون0 ولهذا السبب فإن تعرض الإنسان لتركيز عالي من أول أكسيد الكربون ولو لوقت قصير قد يؤدي إلى الموت السريع نتيجة توقف عملية تنفس الخلايا فيه0 وتعتبر عملية تكوين هذا الغاز عملية انعكاس سريعة فيمكن إنقاذ الأشخاص الذين تعرضوا لغاز أول أكسيد الكربون بإستنشاق غاز الأكسجين بوفرة ليطرد CO في الدم ويحل محله في الدم مرة أخرى0 ويسبب التلوث بهذا الغاز أعراض الدوار والصداع وصعوبة التنفس وقد يصل الأمر لحدوث تشنجات0 وتظهر الأعراض عند زيادة نسبة الغاز في الهواء عن 10 جزء في المليون ويصبح قاتلا عند وصوله 100 جزء في المليون0

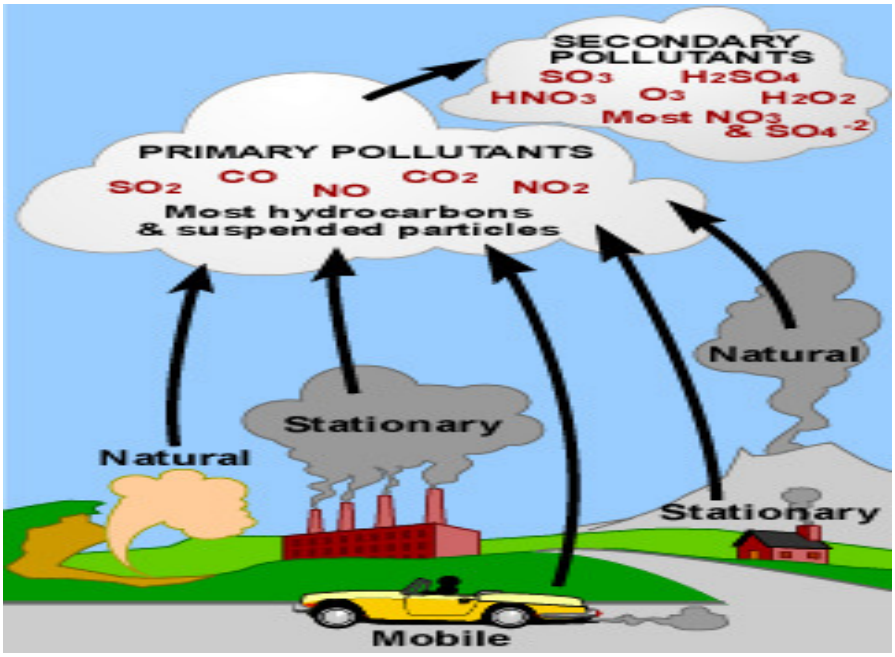
2. أكاسيد الكبريت Sulpher oxides

تشمل أكاسيد الكبريت ثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت وهى تنتج أساساً من عمليات الإحتراق التي يستعمل فيها الفحم أو المنتجات البترولية كوقود سواء تمت هذه العملية داخل البيوت أو في محطات توليد الطاقة أو في المصانع أو في غيرها وذلك لأن الفحم يحتوي على نسبة عالية نسبيا من الكبريت على صورة مركبات كبريتية قد تصل إلى 0.5% بالوزن (كبريتيد الحديد)0 كما تحتوي كذلك مشتقات البترول المستخدمة كوقود في محطات

توليد الطاقة على نسبة من الكبريت مقاربة لنسبته في الفحم ويمكن أن ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت كذلك وبدرجة أقل ثالث أكسيد الكبريت من مصادر أخرى طبيعية مثل غازات البراكين وغيرها0 ويذوب ثاني أكسيد الكبريت المندفع في الهواء في بخار الماء الجوي مكونا حامض الكبريتوز ويذوب كذلك ثالث أكسيد الكبريت في بخار الماء الجوي مكوناً حامض الكبريتيك وبالتالي فإنه يتراكم في الأجواء المحتوية على هذين الغازين (وأيضاً المحتوية على غازات أكاسيد النيتروجين) مكوناً الأمطار الحمضية بسبب تواجد أحماض ذائبة في مياه هذه الأمطار مثل حامض الكبريتوز وحامض الكبريتيك وسرعان ما يتأكد حامض الكبريتوز نتيجة لعدم ثباته أيضا إلى حمض الكبريتيك0 كذلك قد يتأكسد ثاني أكسيد الكبريت في الجو بمساعدة أشعة الشمس مما يعطي الفرصة لتكوين المزيد من حمض الكبريتيك تبعا للمعادلة الآتية:

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$

ثاني أكسيد الكبريت ذو رائحة نفاذة وتأثير مهيج للأغشية المخاطية ولأغشية القصبات الهوائية ولهذا فإن وجوده في الجو يسبب إلتهابات في القصبات التنفسية ويرجع تأثيره الضار إلى خواصه الحمضية عند ذوبانه في الماء0 وقد تؤدي زيادة نسبته إلى الشعور بالاختناق حيث وجد أن ارتفاع نسبته في الجو عن 5 جزء في المليون يعتبر التلوث به في هذه الحالة خطر على الصحة العامة بطريقة مباشرة كما يقلل من مدى الرؤية ويزيد من حدوث التفاعلات الكيموضوئية Photochemical التي تؤدي إلى تكوين الضباب الدخاني smog ويحدث أضرار مختلفة للنباتات خاصة التي تتعرض له وهو في حالته الجافة وهناك محاصيل حساسة جدا له وتتأثر في وجود تركيزات منه تصل إلى 0.02 جزء في المليون مثل البرسيم، وحامض الكبريتوز المتكون من ذوبان ثاني أكسيد الكبريت في الرطوبة الجوية يحدث هو أيضا أضرار شديدة بأنسجة القصبات التنفسية حيث يسبب فيها التهابات شديدة ويسبب كذلك التهاب الأحبال الصوتية في الحنجرة0 كما أن لحمض الكبريتوز القدرة على إختزال الصبغات النباتية وله تأثير على النفاذية الاختيارية لأغشية الخلايا النباتية مما قد يؤدي إلى عدم قدرة هذه الأغشية على الاحتفاظ بالرطوبة داخل الخلايا مما يؤدي لحدوث جفاف لها0 كما يؤثر حمض الكبريتوز أيضاً على المباني الحجرية أو الرخامية لأنه يتفاعل مع مكوناتها كذلك يشجع على حدوث تآكل في المعادن0



شـــــكل (4) يوضح المصادر المختلفة والغازية التى تندفع وتغزو الهواء النقى

وثالث أكسيد الكبريت شديد الشراهة للذوبان في الماء وتكوين حمض الكبريتيك ذو التأثيرات الشديدة الضرر (الحامضية القوية) على باقي المكونات الحيوية والغير حيوية بالبيئة 0

3- أكاسيد النيتروجين Nitrogen oxides

تتكون أكاسيد النيتروجين من اتحاد النيتروجين الجوي مع الأكسجين كنتيجة لحدوث البرق أو بسبب درجات الحرارة العالية التي تصاحب عمليات إحتراق الوقود داخل الأفران أو المركبات وينتج حوالي 70% من كمية أكاسيد النيتروجين في الجو من الاحتراق داخل موتورات المركبات أما باقي الكمية منه في الجو فتأتي من عمليات الاحتراق في محطات توليد الطاقة ومن الصناعات المختلفة0 ويوجد أكثر من نوع من أكاسيد النيتروجين أحدها غاز أكسيد النتروز وهو أحد نواتج عملية فقد النترتة وهي عملية طبيعية تحدث في التربة وينتج هذا الغاز في الصوب الزراعية وليس له دور في تلويث البيئة0 أما الأكاسيد الأخرى مثل أول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين فهي توجد في الجو بنسبة 0.2 – 0.3 جزء في المليون وهي التي تنتج تلوث للبيئة والناتجة من إحتراق الوقود السائل والفحم وتتكون من تفاعل النيتروجين مع الأكسجين على درجات الحرارة العالية تبعا للمعادلة الآتية:-

$$N_2+O_2 \rightarrow 2NO$$

$$2NO+O_2 \rightarrow 2NO$$

ويذوب غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الرطوبة الحيوية ويتكون حامض النتروز مختلطا مع حامض النتريك وتشترك هذه الأحماض مع الأحماض الناتجة من ذوبان أكاسيد الكبريت في الرطوبة الحيوية في إضفاء الصفة الحامضية لمياه الأمطار التي تتواجد فيها0 ولأكاسيد النيتروجين تأثيرات ضارة على الجهاز التنفسي للثدييات مماثلة لتلك التي تحدث من أكاسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين كذلك مسئولة مع المركبات الهيدروكربونية عن الغيوم السوداء التي تشاهد في سماء المدن الصناعية الكبرى (الضباب الدخاني Smog) كما يؤدي وجودها في الهواء إلى إنخفاض مدى الرؤية لإمتصاصها جزء من أشعة الشمس 0كذلك تعتبر غازات أكاسيد النيتروجين مسئولة عن تدمير طبقة الأوزون في منطقة الإستراتوسفير لأنها غازات نشطة كيميائيا تبعا للمعادلة الآتية:

$$O_3+NO \rightarrow NO_2+O_2$$

بينما في منطقة التروبوسفير فإن وجود ثاني أكسيد النيتروجين في الجو يؤدي إلى دخوله في سلسلة تفاعلات كيموضوئية تنتج عنها تراكم كميات متزايدة من الأوزون O_3 في الجو حيث يحدث تفاعل كيميائي في الجو في ضوء الشمس بتكسير جزئ من ثاني أكسيد النيتروجين No_2 تنتجا جزئ من أكسيد النيتروجين وذرة أكسجين في حالة نشطة تتفاعل بدورها مع جزئ من الأكسجين لتكوين الأوزون مرة أخرى، تبعا للمعادلتين الآتيتين:-

$$NO_2 \rightarrow NO+O$$

$$O+O_2 \rightarrow O_3$$

وينتج من ذوبان غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الماء كلا من حمض النتروز والنتريك وهذا التفاعل يوضح التأثير الحمض النووي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين0 تبعا للمعادلة الآتية:-

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$$

4- كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide

يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S في كثير من المياه المعدنية التي تعرف بالمياه الكبريتية ويمكن تمييزه برائحة الماء المميزة كما يتصاعد من فوهات البراكين ويتواجد في مياه المستنقعات0 أما المصادر الصناعية له فتأتي من صناعات تكرير البترول، وصناعات البتروكيماويات، وعمليات إنتاج الفحم، وصناعات دبغ الجلود، وصناعة المطاط، وغيرها0 كما ينتج من الإحتراق الغير كامل للمركبات المحتوية على الكبريت (المركبات العضوية)0

ويتميز غاز كبريتيد الهيدروجين برائحته الكريهة التي تشبه رائحة البيض الفاسد وهو غاز سام يؤثر على أغشية الجهاز التنفسي وعلى الجهاز العصبي المركزي ويؤثر كذلك على قدرة الإنسان على التفكير والتركيز وغالباً ما يسبب إحداث تهيج وإلتهاب في القصبات الهوائية للجهاز التنفسي وفي أغشية العين والأنف وغيرها0 كما قد تؤدي التركيزات المرتفعة منه إلى فقد حاسة الشم عند الإنسان0 وغاز كبريتيد الهيدروجين قابل للتأكد في جو من الأكسجين عند درجة حرارة عالية لتكوين ثاني أكسيد الكبريت والماء إذا كانت كمية الأكسجين وفيرة أو إلى كبريت وماء إذا كانت كمية الأكسجين قليلة ولا يظهر تأثيره الضار إلا إذا تواجد بكمية كبيرة في مكان محدود، تبعا للمعادلتين الآتيتين:

$$H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$$

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + S$$

5. الفلور و فلوريد الهيدروجين:-

يتصاعد غاز الفلور F_2 من مداخن مصانع الألومنيوم ويكمن خطره في إتلاف النباتات التي يسقط عليها0 كما يسبب هزالاً شديداً للماشية التي تتغذى عليها0 أما غاز فلوريد الهيدروجين HF فينتج من تصنيع خامات الحديد وصناعة السيراميك وكذلك من صناعات الأسمدة (إختزال أسمدة الفوسفات)0 وغاز فلوريد الهيدروجين غاز سام شديد السُميه مهيج للأغشية المخاطية كما أن له خواص تآكلية Corrosive لكثير من المواد الصلبة والمعادن وحتى الزجاج0 ويذوب في الماء مكونا حامض الهيدروفلوريك الذي له قدرة عالية على التأثير على الزجاج وعلى كثير من المعادن 0ويحتوي الهواء على تركيزات غاية في الضآلة من هذا الغاز ولكن خطورته تكمن في تراكم أيون الفلوريد F تراكماً حيوياً في داخل النباتات Bioaccumulation مما يوفر الفرصة لوصوله إلى الكائنات الحية الأخرى ومنها الإنسان بمعدلات عالية نسبيا قد تؤدي لحدوث التسمم0

6. الرصاص ومشتقاته Lead and its derivatives

الرصاص ومشتقاته من الملوثات الشائعة الانتشار في أجواء المدن المزدحمة بالسكان وبحركة سير المركبات ومختلف الصناعات0 والمصدر الرئيسي للتلوث الهوائي بالرصاص هو نواتج إحتراق الوقود في السيارات والمركبات التي تسير بالبنزين بسبب أن بعض مشتقاته العضوية مثل رابع إيثايل الرصاص تضاف إلى البنزين لتحسين خواص الاحتراق داخل

موتورات السيارات لكي يعمل بدوره على منع حدوث الصدمة anti - chock عند الاحتراق الداخلي للبنزين داخل إسطوانات موتور السيارة0 وتخرج مشتقات الرصاص مع العادم في الجو الخارجي، وتعتبر مشتقات الرصاص من المواد السامة التي تتراكم في نخاع عظام الحيوانات الثديية وتؤدي إلى نقص أعداد كرات الدم الحمراء في جسم الإنسان كما نؤدي إلى تأخير النضج الذهني عند الأطفال ويحدث كذلك تشوهات في مواليد الأطفال0

7- الكلوروفلوروكربونات Chlorofluorocarbons

مركبات الكلوروفلوروكربونات (CFCS) هي مركبات عضوية ثابتة كيميائيا تحتوي على عنصري الكلور والفلور وتوجد على الحالة الغازية في درجات الحرارة العادية0 وهى سهلة الإسالة بالضغط ولذلك تستعمل بكثرة في صناعة الأيروسولات Aerosols والسوائل المستعملة في الثلاجات وأجهزة التكييف والمبردات0 كما تستخدم كمذيبات في صناعة الرغويات وتتسرب كميات كبيرة من هذه الغازات إلى طبقات الجو العليا لقلة كثافتها حيث تتعرض للتحليل الكيميائي بفعل الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس لتنتج ذرات كلور وفلور نشطة جداً كيميائياً وتتفاعل هذه الذرات مع جزيئات الأوزون الموجودة في طبقة الاستراتوسفير تبعا للمعادلات الآتية:-

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$

$$ClO + O \rightarrow 2O_2$$

$$O + O_3 \rightarrow 2O_2$$

ونتيجة لهذه التفاعلات تتفكك جزئيات الأوزون وتتحول في النهاية إلى غاز الأكسجين0 وتعتبر طبقة الأوزون هي المسئولة عن حماية سطح الأرض من أضرار الأشعة فوق البنفسجية حيث أنها تسمح بمرور كمية معينة منها تقدر بحوالي 12% من الأشعة الكلية الساقطة عليها0 وقد بدأ العلماء منذ فترة في رصد الثقوب التي حدثت في هذه الطبقة فوق القطبين وتتبع معدل الزيادة الحادثة لها0 وبدأت الكثير من الدول المتقدمة في إحلال غازات أخرى محل الكلوروفلوروكربونات ليس لها مثل هذا التأثير الضار على طبقة الأوزون0 وتتسبب الأشعة فوق البنفسجية في إصابة الإنسان بأمراض خطيرة كسرطان الجلد وعتامة عدسة العين وخلل في الجهاز المناعي للجسم كما تحدث تغييرات في التركيب الكيمائي للخلايا الوراثية0

8. الهيدروكربونات Hydrocarbons

هي مركبات عضوية تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين منها ما يوجد على الصورة الغازية أو السائلة أو الصلبة0 أبسطها في التركيب غاز الميثان ويسمى غاز المستنقعات ورمزه الكيميائي CH_4 ويسمى بذلك لأنه من نواتج التحلل العضوي للكائنات الموجودة بالمستنقعات المائية0 ومن الهيدروكربونات الغازية الإيثان والبروبان والبيوتان وتتكون هذه الغازات من الاحتراق غير التام لوقود السيارات والمصانع0 وللمركبات الهيدروكربونية تأثير ضار عموما بصحة الإنسان ويتوقف هذا التأثير على نوع المركب0

9- الجسيمات المعلقة في الهواء Particulates

يقصد بها الحبيبات المعلقة في الهواء سواء كانت صلبة مكونة غبارا أو دخانا أو كانت سائلة في صورة ضباب أو رذاذ وتنتج هذه الجسيمات إما من مصادر طبيعية كحركة الرياح والأعاصير والنشاط البركاني أو تنتج من النشاط الإنساني كإحتراق الفحم والنفط والنفايات والمواد العضوية0 وحجم هذه الجسيمات وأيضا تركيبها يحددان إلى درجة كبيرة مدة بقائها معلقة في الهواء ويحدد كذلك درجة خطورتها على الصحة العامة وصحة البيئة0 وتعتبر هذه الجسيمات من ملوثات البيئة إما بتأثيرها المباشر على الصحة العامة، أو بتأثيرها غير المباشر بتقليل مدى الرؤية، وإمتصاص الحرارة وغير ذلك من التأثيرات0 فالسناج وهو نوع من الهباب Soot ويتكون من حبيبات دقيقة جدا من الفحم لا تتعدى أقطارها عن مللي ميكرون واحد ويمكن أن تتحد حبيبات الهباب مع بعضها لتكوين الدخان الأسود0 ويتكون الغبار الأسود من حبيبات فحم مرتبطة مع رماد المعادن المختلفة والتي تنتج عن حرق مختلف أنواع الوقود أو عن الحرائق0

10- تلوث الهواء بالمعادن Heavy Metals

تعتبر المعادن الثقيلة، مثل الزئبق والرصاص، والزرنيخ، والكادميوم، والسيلنيوم من أخطر المواد التي تلوث التربة والماء، ومن أهم مصادر هذا التلوث مخلفات ونفايات المصانع وصهر المعادن وإحتراق الفحم وعوادم السيارات ومبيدات الآفات التي تحتوي على عنصر الزرنيخ0 وفيما يلى سوف نستعرض ونلقى الضوء على بعص المعادن الثقيلة كالآتى:-

أ- **الزئبق**

يعتبر الزئبق من المعادن التي قد تختلط مركباته بالتربة والماء بسبب التخلص من نفايات ومخلفات المصانع0 ويسبب التلوث بمركبات الزئبق إلى إصابة الإنسان بإضطرابات في الجهاز العصبي المركزي يترتب عليها حدوث أعراض مثل الأرق والأكتئاب النفسي والنسيان والتهاب اللثه والكليه0 إن بعض هذه المركبات مثل ميثيل الزئبق قد يسبب من مصادر التلوث بهذا المركب مركب ميثيل في مدينه مينا ماتا اليابانية وذلك بسبب إلقاء مصنع البلاستيك نفاياته التي تحتوي على عنصر الزئبق في خليج مينا ماتا حيث تحول الزئبق بواسطة الميكروبات إلى مركب ميثيل الزئبق الذي انتقل إلى الأسماك الكائنة بهذا الخليج وذلك في العراق وباكستان وغانا وجواتيمالا0

ب- الكادميوم

يدخل عنصر الكادميوم في عده صناعات، مثل صناعات البلاستيك والبطاريات، كما يختلط بالمعادن الخام، مثل الزنك والنحاس والرصاص، ولذلك فان الكادميوم التربة والماء القريبة من المصانع التي يصهر فيها المعادن التربة الزراعية بالكادميوم الأسمده الصناعية0 ويعتبر الكادميوم من المعادن التي تلوث التربة والماء محاصيل الزراعية التي تستهلك على واسع مثل الأرز والقمح0

ج- الرصاص

من أهم مصادر تلوث التربة والماء بالرصاص المصانع التي تنتج البطاريات, كما يحدث هذا التلوث على أثر خروج عوادم السيارات في الطرق السريعة حيث تلوث التربة ومصادر المياه المجاورة لهذه الطرق0 ويؤدي تلوث المحاصيل الزراعية ومياه الشرب بالرصاص0 إلى إصابة الإنسان بأمراض في الجهاز العصبي والهضمي والكليه والدم ومرض الأنيميا0

د- الزرنيخ

تتلوث التربة ومصادر الماء بالزرنيخ في الأماكن القريبة من مصانع صهر المعادن مثل النحاس والرصاص والزنك، ويعتبر إحتراق الفحم وإستعمال مبيدات الأفات التي تحتوي على عنصر الزرنيخ من أهم مصادر تلوث التربة والماء بالزرنيخ0 وتسبب ألم ووهن العضلات، وإصابات جلديه، وأمراض الجهاز الهضمي، والكبد الكلية، والأعصاب0 ومعظم المعادن الملوثة للهواء توجد مرتبطة بجزيئات صغيرة من مواد أخرى، وغالبا ما توجد هذه

المعادن على هيئة أيونات ذائبة في الطبقة المائية المتكاثفة حول هذه الجزيئات بإستثناء معدن الزئبق الذي يمكن تواجده في الجو على الحالة الغازية0 وإذا أمكننا رصد تركيزات هذه الملوثات المعدنية بدقة في الغلاف الجوي على مستوى الكرة الأرضية أصبح في الإمكان رسم خريطة دقيقة لمراكز التجمعات الصناعية في العالم0 ومن الطبيعي أن نجد أن أكثر المناطق تلوثا المدن الصناعية في أمريكا الشمالية وأوربا وأجزاء من قارة آسيا0

أيضاً احتراق الفحم يسبب التلوث بعناصر البيريليوم والموليبدنيوم والأنتيمون والسيلنيوم كذلك إحتراق المواد البترولية التي تحتوي على الرصاص، أو إضافات الرصاص تسبب التلوث بعنصر الرصاص كما سبق الإشارة إليه0 وينتج من عمليات الإحتراق أبخرة وجزيئات صغيرة تتكاثف وتتجمع بأحجام مختلفة ولكنها بصفة عامة تكون أصغر من الجزيئات الصغيرة الموجودة في الهواء من مصادر طبيعية0 وتختلف ذرات المعادن المختلفة في طريقة تجمعها تبعا لنوعها فمثلا تتجمع جزيئات الرصاص أو الكادميوم لتكون أحجام تتراوح أقطارها 0.3 – 0.8 ميكرومتر0 أما عناصر مثل الكالسيوم والماغنسيوم فتتجمع في جزيئات كبيرة نسبيا في أقطار يقل عن 0.3 ميكرومتر بينما المنجنيز والنحاس والكروم تتجمع على جزيئات تتراوح أقطارها بين 1–5 ميكرومتر0

ومن المخاطر التي تسببها جزيئات المعادن الدقيقة الموجودة في الهواء أنها تلعب دور هام في أكسدة غاز ثاني أكسيد الكبريت لتحوله إلى حمض كبريتيك يسقط بعد ذلك ذائبا في مياه الأمطار مسببا ما يعرف بالأمطار الحمضية0 والمعادن التي تساعد على الإسراع في حدوث هذا التفاعل معادن المنجنيز Mn (II) والحديد Fe (III) والنحاس Cu (II) والكروم Cr (III) والألومنيوم Al (III) والرصاص Pb (II) حيث أنها تعمل كمساعد Catalyst لإتمـــــــام هذا التفاعـــــل كما أن بعض المعادن مسئولة عن ظاهرة الضباب الدخاني Photochemical Smog مثل الرصاص والكالسيوم والحديد حيث تتجمع الجزيئات الدقيقة منها ويتكاثف عليها بخار الماء لتشكل ستارا دقيقا من الغيوم يقوم بحجب نسبة كبيرة من الضوء0 وجدول (1) يبين الحدود القصوى لملوثات الهواء الخارجي ميكروجرام في المتر المكعب.

جدول (1) الحدود القصوى لملوثات الهواء الخارجي ميكروجرام في المتر المكعب

المصدر الملوث	الحد الأقصى	مدة التعرض
ثاني أكسيد الكبريت	350	ساعة
	150	24 ساعة
	60	سنة
أول أكسيد الكربون	30ملليجرام/المتر المكعب	ساعة
	10ملليجرام/المتر المكعب	8 ساعات
ثاني أكسيد النيتروجين	400	ساعة
	150	24 ساعة
الجسيمات العالقة مقاسه كدخان أسود	150	24 ساعة
	60	سنة
الجسيمات العالقة الكلية	330	24 ساعة
	90	سنة
الجسيمات الصدرية	70	24 ساعة
الرصاص	1	سنة

وحتى يكتمل حديثنا عن ملوثات الهواء خاصة الملوثات الغازية يجب أن نتطرق إلى ظاهرة هامة من ظواهر التلوث البيئي ذات الصلة الوثيقة ببعض أنواع التلوث الغازي وهي ظاهرة الأمطار الحمضية كما يجب أن نتطرق أيضا إلى ثقب الأوزون والأضرار الناتجة عنه وأسبابه0

الآثار السيئة المترتبة عن تلوث الهواء:

الأمطار الحمضية Acidic Rains

بدأت الدراسات على ما يسمى بالأمطار الحمضية منذ بداية الستينات من هذا القرن0 ومشكلة الأمطار الحمضية مشكلة ظهرت حديثا وهى مرتبطة إرتباطا وثيقا بكمية العوادم الغازية الناتجة من الصناعة ووسائل النقل المختلفة0 ويبدو أن هذه الظاهرة صاحبت الثورة الصناعية حيث ربطت بين الدخان المتصاعد من مداخن الصناعة وبين الحموضة التي لوحظت في مياه الأمطار الساقطة على المناطق المحيطة بهذه المصانع0 وظهرت هذه

الظاهرة بصورة واضحة بعد الحرب العالمية الثانية حيث إستخدام المزيد من الوقود (الفحم والبترول) للحصول على الطاقة الحرارية لتشغيل الآلات والمحركات والتي أدت إلى زيادة تلوث الجو فوق المناطق الصناعية ومحطات القوى الكهربائية0 وقد تنبه الكثير من العلماء إلى مدى الأضرار الناتجة عن تلك الأمطار بالنسبة للبيئة بصفة عامة بما فيها من نباتات وحيوانات وحتى الجماد0

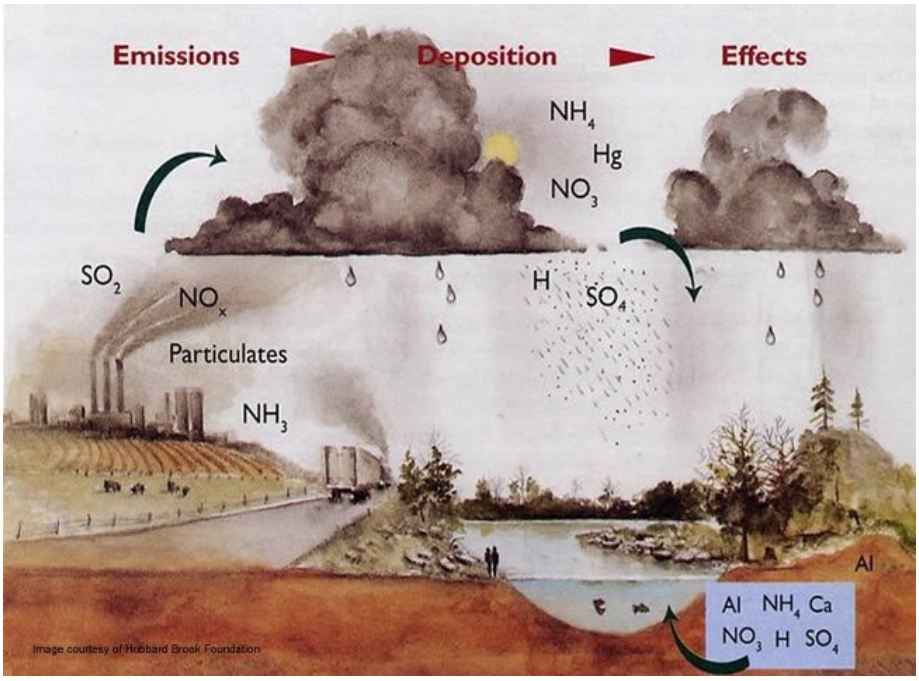
تعريف المطر الحمضي

يمكن تعريف المطر الحمضي بأنه المطر الذي تقل قيمة الأس الهيدروجيني (pH) له عن 4.6 ، وهذه القيمة هي القيمة المقابلة لماء مقطر يحتوي على 340 جزء في المليون من غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء مكونا حمض الكبريتيك وهو حمض ضعيف يتحلل إلى ماء وثاني أكسيد الكربون مرة أخرى في معادلة إنعكاسية0 والأمطار الطبيعية يكون قيمة الأس الهيدروجيني لها حوالي 5.6 0

كيفية تكوين المطر الحمضي

تتكون الأمطار الحمضية من أكسدة غازات أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت في الماء في وجود عوامل مؤكدة مثل أيونات الهيدروكسيل أو ذرات الأكسجين الأحادية أو ذرات بعض المعادن0 ويتأثر معدل الأكسدة وبالتالي معدل تكون المطر الحمضي بالأحوال الجوية حيث يكون سريعا جدا في الجو الصيفي الرطب لدرجة أنه خلال ساعة واحدة قد تتحول الغازات الملوثة إلى أمطار حامضية (شكل 5)0 ويقل هذا المعدل في الشتاء وفي الهواء الجاف يظل رذاذ الأحماض مثل حمض الكبريتيك معلق في الهواء الساكن ويظهر على هيئة ضباب خفيف ذو طعم لاذع لكن عندما يكون المناخ مناسب لسقوط الأمطار تذوب هذه الجزيئات في ماء المطر وتسقط على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي0 وعندما يكون الجو شديد البرودة فإن رذاذ الحمض يتساقط على الجليد ويبقى مختلطا ببلوراته التي تكسو سطح الأرض0 ويقل تكون المطر الحمضي عموما بقلة الرطوبة ويزيد عند وجود الضوء والعوامل المؤكسدة ويمكن تلخيص تكون الأمطار الحمضية في ذوبان أكاسيد الكبريت مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت في الماء مكوناً حمض الكبريتوز وأيضا أكسدة ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت بفعل المؤكسدات الموجودة في الجو0 وعند ذوبان ثالث أكسيد الكبريت في الماء يتكون حمض الكبريتيك وكذلك غازات أكاسيد النيتروجين مثل غاز ثاني أكسيد النيتروجين يذوب في بخار الماء المنتشر في الجو ويكون حمض النتروز وحمض

النتريك0 والسبب الرئيسي في تكوين هذه الأمطار الحمضية محطات القوى الكهربائية والمراكز الصناعية الضخمة المنتشرة في كثير من الدول الصناعية والتي تحرق كميات ضخمة من الوقود وتدفع إلى الهواء كميات ضخمة من الغازات الحمضية، ونجد أنه يعكس التلوث بالجزيئات الدقيقة فالتلوث بالمطر الحمضي لا يقل كلما إبتعدنا عن المصدر ولكنه ينتشر في مساحات شاسعة ويسبب تلفاً كبيراً في المناطق التي يسقط عليها خاصة مناطق الغابات والأراضي الزراعية فيسبب ذبولها تدريجيا0



شـــــكل (5) يوضح كيفية تكوين المطر الحمضي نتيجة تصاعد غازات المصانع

الأضرار الناتجة عن المطر الحمضي

1. على النبات

أ- يذوب غاز ثاني أكسيد الكبريت في طبقة المياه المغلقة كسطح النسيج الأوسط لورقة النبات (الميزوفيل) ويتحول إلى الصورة المتهيئة $SO_3.H_2O$ وهذه الصورة شديدة الحموضة وتتأين تدريجيا إلى HSO^{-3} و SO_3^{-2} ونتيجة الشحنات السالبة التي تحملها هذه الأيونات فإن حركتها تتوقف خارج الخلية ولا تستطيع اختراقها في حين تتمكن الصورة المتأينة من ذلك0 وبنفس الطريقة تدخل غازات أول وثاني أكسيد النيتروجين لتعطي أيونات

النترات والأيونات السامة (النتريت) التي يحاول النبات التخلص منها بواسطة تحويلها إلى أمونيا في دائرة الأيض للنبات0

ب- تسبب الأمطار الحمضية زيادة معدل تلوث النبات بالمعادن الثقيلة بطريق غير مباشر لأنها تزيد من ذوبان تلك المعادن وتسهل حركتها في التربة وبالتالي تسهل على النبات عملية امتصاصها ويزيد تراكمها في الأنسجة0

2. على التربة

يؤدي سقوط الأمطار الحمضية على التربة إلى إذابة العناصر الأساسية الضرورية لغذاء النبات وترشيحها من خلال التربة إلى أعماق بعيدة (المياه الجوفية)0 وقد تتجاوز هذا الذي تصل إليه الجذور مسببة عدم حصول النبات على الكمية الكافية من هذه العناصر (مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم) وبالتالي ينعكس ذلك على إنتاجية المحاصيل وجودتها وتعمل الحموضة الزائدة على زيادة حموضة التربة وزيادة محتواها من أيونات الألومنيوم حيث يزيد معدل ذوبان مركباته بزيادة الحموضة مما يؤثر سلبا على نمو النبات بطريقة سليمة0 تؤدي الحموضة إلى ضعف نمو الجذور والتأثير على ثبات الجذور في التربة كما تؤثر على النشاط البكتيري حيث توقف نشاط الانقسام البكتيري وتساعد الأمطار الحمضية على تفتيت الصخور0 وعندما تسقط الأمطار الحامضية على الأراضي الجيرية فإنها تفتت جزء كبير من عنصر الكالسيوم وتحمله معها إلى مياه البحار مما يؤدي إلى نمو في التربة وزيادة مضطردة في تركيز الكالسيوم في مياه الأنهار0

3. على الماء والتجمعات المائية

تتسبب الأمطار الحمضية في التأثير كذلك على مصادر المياه الطبيعية كالأنهار والبحيرات نتيجة زيادة حموضتها ويتوقف هذا التأثير على محتوى أملاح الكالسيوم والماغنسيوم الموجودة بالمياه حيث أن وجود هذه الأملاح بكمية كبيرة يعمل على معادلة الحموضة الزائدة وإلغاء أثر المطر الحمضي ويمكن توضيح أثر الأمطار الحمضية على التجمعات المائية فيما يلي:-

أ- زيادة نسبة العناصر الثقيلة كالكادميوم والنحاس والزنك والمنجنيز نتيجة ذوبان مركباتها في المياه كنتيجة لارتفاع الحموضة، وهذا يسبب تلوث الأسماك والأحياء المائية بهذه المعادن

السامة وقد يصل هذا التلوث إلى الحد القاتل لأن هذه المعادن السامة قد تتجمع بمرور الزمن في أجسام الأحياء المائية0

ب- زيادة عنصر الألومنيوم الذائب في الماء بزيادة درجة الحموضة يسبب في تداخل مع الوظائف التنفسية للأسماك وتحشر في الأغشية المخاطية لخياشيمها مع تغير في الاتزان الكاتيوني لسوائل الجسم الداخلية0

ج- التأثير السلبي لوجود اللافقاريات والأحياء المائية حيوانية الأصل نتيجة التأثير الفسيولوجي الضار لزيادة أيونات الهيدروجين H^+ مع تغير في السلسلة الغذائية الطبيعية 0

د- قلة عدد الأسماك والأحياء المائية أو موتها كلية عند زيادة الحموضة لدرجة كبيرة مع تغير في طبيعية وكمية مصادر الغذاء0

هـ- تغير التركيبة الطبيعية لأصناف الأحياء المائية وقلة تنوع التجمعات الخاصة بالنباتات المغمورة0

و- زيادة تجمعات المواد العضوية بزيادة الحموضة0

4. الإضرار بالطيور

حيث قلت أعداد الطيور في بعض المناطق بعد أن نفق كثير منها بعد تغذيتها على حشرات تحتوي أجسامها على نسبة عالية من الألومنيوم الذي جرفته مياه الأمطار الحمضية من سطح التربة وحملته إلى الماء0

5. الإضرار بالآلات والمدن

تسببت الأمطار الحمضية في تآكل بعض قنوات المياه وبعض المعدات المعدنية المتصلة بخزانات المياه كما زادت نسبة الرصاص في مياه الشرب المأخوذة من هذه الخزانات مما يمثل خطرا كبيرا على الصحة العامة0 قد تمتد الآثار الضارة للأمطار الحمضية إلى المدن ومن أمثلة ذلك تفتت بعض أحجار برج لندن وكنيسة سانت بول وقد بلغ عمق التآكل في بعض أحجار الكنيسة بوصة نتيجة التفاعل بين أحجار الجير وبين غازي ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك الموجودين في ضباب لندن بالإضافة للأمطار الحمضية التي تسقط على المدينة بين حين وآخر0 وتعانى كثير من الدول من الأمطار الحمضية رغم أنها ليست من

إنتاجها ففي أوروبا تستقبل السويد والنمسا وفنلندا والنرويج وسويسرا أمطارا حمضية محملة بمركبات الكبريت آتية من دول أخرى مثل ألمانيا وبلجيكا وهولندا والد نمارك وفرنسا وبريطانيا. ويوجد في كثير من الدول الصناعية كثير من الدراسات للبحث عن طرق وأساليب متقدمة للحد من كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتصاعد يوميا في الجو وباعتباره أحد المكونات الأساسية لتكوين المطر الحمضي0 وهناك ضرورة ملحة للتخلص من هذه الغازات الحمضية قبل إطلاق غازات العادم الصناعية في الهواء وذلك عن طريق بناء أبراج غسيل خاصة للأمتصاص هذه الغازات إلا أن ذلك يقابل بالتراخي من رجال الصناعة لأنه سيؤدي لارتفاع تكاليف الإنتاج ويقلل الأرباح مما يؤدي لرفع الأسعار ويضع حملا على كاهل المستهلكين مما قد يؤدي إلى خفض الإنتاج وزيادة البطالة0

6. تهتك حاجز الأوزون

يتواجد الأوزون في طبقة الجو العلوية (الإستراتوسفير) وجزءا من طبقة الجو الوسطى (الميزوسفير) ليكون ما يسمى بطبقة الجو الأوزونية Ozonophere أو حاجز الأوزون0 وللأوزون في هذه الطبقة دور هام في إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة وبالتالي منعها من الوصول إلى سطح الأرض0 لأن وصول هذه الأشعة إلى سطح الأرض يحدث آثارا مدمرة للكائنات الحية فيها0 ويتكون الأوزون O_3 عادة في طبقة الأستراتوسفير (التي تقع على إرتفاع ما بين 10–40 كم فوق سطح الأرض) عندما يتعرض أكسجين الهواء الجوي O_2 لتأثير الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس فتخل بعض جزيئاته بتأثير هذه الأشعة إلى ذرات نشطة ثم تتحد بعض هذه الذرات مرة أخرى مع جزيئات الأكسجين مكونة الأوزون O_3، وهو متواجد في هذه الطبقة في حالة توازن مستقر وذلك لأن سرعة تولده من الأكسجين والأشعة فوق البنفسجية تتساوى تقريباً مع سرعة إختفاؤه0

$$3O_2 + UV \rightarrow 2O_3$$

وفي عملية تكوين الأوزون يحدث إمتصاص لقدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس فلا يصل منها إلى سطح الأرض إلا قدر معتدل لا يؤثر على حياة الكائنات الحية وبذلك تمثل طبقات الأوزون التي تتكون في طبقات الجو العليا درعاً واقياً يحمي الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض من آثار هذه الأشعة المدمرة0

أسباب حدوث ثقب الأوزون

أ) غازات أكاسيد النيتروجين

ب) مركبات الكلوروفلوروكربون

ويمكن تلخيص التأثير الذي يحدث لطبقة الأوزون من جراء تواجد أكاسيد النيتروجين كما في المعادلات الآتية:-

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$$

وتوضح هذه التفاعلات أن تواجد ثاني أكسيد النيتروجين ولو بكميات قليلة يتسبب في حدوث سلسلة من التفاعلات تؤدي إلى تحويل الأوزون إلى جزيئات أكسجين عادية بطريقة مستمرة0 أما مشتقات الكلوروفلوروكربون المستعملة في أجهزة التبريد والايروسولات التي تحمل بعض المبيدات فإنه يحدث لها تنشيط بامتصاص طاقة الأشعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشطة كما في التفاعلات الآتية :-

$$CF_2Cl_2 + UV \rightarrow CF_2Cl + Cl$$

ثاني كلورو ثاني فلوروميثان — أصل عضوي حر — أصل الكلور الحر

$$CFCl_3 + UV \rightarrow CFCl_2 + Cl$$

ثالث كلوروفلوروميثان — أصل عضوي حر — أصل الكلور الحر

يلي ذلك قيام الأصل الحر من الكلور بتدمير جزيئات الأوزون

$$Cl + O_3 \rightarrow O_2 + OCl$$

$$OCl + [O] \rightarrow Cl + O_2$$

أصل الهيبوكلوريت الحر — أصل الكلور الحر أكسجين ذري

وتستمر سلسلة التفاعلات على هذا النحو لإحداث أكبر تدمير ممكن لطبقة الأوزون بسبب أن أصل الكلور الحر يتولد تلقائيا من هذه التفاعلات. وقد وجد أن التفجيرات الذرية التي تحدث فوق سطح الأرض تسبب زيادة واضحة في تركيز أول أكسيد النيتروجين وبالتالي تعمل على سرعة تحطم الأوزون وتحوله إلى جزيئات أكسجين0 وقد قامت الولايات المتحدة الأمريكية في وقت ما بمنع طائرات الكونكورد من التحليق والطيران في سماء أمريكا بإعتبار أن محركات مثل هذه الطائرات يتكون فيها نسبة كبيرة من أكاسيد النيتروجين وبخار الماء وهي عوامل تساعد على تحلل طبقة الأوزون في الهواء0 وقد تأكد أن الطائرات النفاثة خاصة الأسرع من الصوت تؤثر على طبقة الأوزون أكثر من خمسة أضعاف ما كان يعتقد سابقا0 وقد أشار أحد العلماء بمعهد أبحاث الطيران الألماني وخبير التلوث الناجم عن الطيران أن 70–80 % من وقود الطائرات النفاثة الذي يحترق فوق خط شمال الأطلنطي يقع في طبقة الإستراتوسفير السفلى المتجمدة0 ومن أكثر المناطق تلوثا بأكاسيد النيتروجين الناجمة عن الطائرات النفاثة0

الأضرار الناتجة عن تهتك طبقة الأوزون

يؤدي نقص تركيز الأوزون في طبقات الجو العليا إلى أضرار كثيرة حيث يسمح بزيادة كمية الأشعة فوق البنفسجية التي تصل سطح الأرض0 التي تسبب الإصابة بسرطان الجلد وإلى إحداث تغير في العوامل الوراثية لبعض الكائنات الحية الدقيقة ويؤثر هذا النقص أيضا في عمليات التخليق الضوئي وفي سلسلة الغذاء إلى غير ذلك من أنواع الدمار البيولوجي، كما أن ازدياد شدة الأشعة فوق البنفسجية تزيد من أمراض سرطان الجلد وعتمة العدسة البلورية للعين كما أن لهذه الأشعة تأثير ضار على النبات0 وقد لوحظ في عام 1970 أن الكمية الكلية لغاز الأوزون في طبقتي الإستراتوسفير والتروبوسفير تقل بشكل ملحوظ (3 % من الكمية الكلية) وأن كمية النقص هذه مرتبطة بالملوثات التي يطلقها الإنسان في الجو0

الباب الثالث

تلوث الماء Water Pollution

للماء أهمية خاصة من بين مكونات الغلاف الحيوي فجميع الكائنات الحية لا تستغني عنه للحفاظ على حياتها فقد خلق الله سبحانه وتعإلى من الماء كل شيئ حي ويغطي الماء في المحيطات والبحار أكثر من 70 % من كل مساحة الكرة الأرضية تقريبا, كما يغطي الجليد بصفة عامة حوالي 11% من مساحتها ويخضع الماء بصوره المختلفة لتوازن دقيق قدره المولى عز وجل رحمة بعباده0 فهناك دورة ثابتة للمياه في الطبيعة تشتمل على توازن دقيق لها في صورتها السائلة أو الغازية (صورة البخار) أو الصلبة (صورة الجليد)0 في مواقعها العديدة سواء في الجو في صورة بخار أو سحاب متراكم أو في الأنهار والبحيرات والمحيطات والخزانات المائية أو باطنية في جوف الأرض وتحت سطح التربة 0كما أن هناك توازن دقيق بين كمية المياه المالحة والمياه العذبة وحتى في صورتها العذبة فإن معظمها يتواجد في الأقطاب المتجمدة الشمالي والجنوبي أو في باطن الأرض0

ويخضع الماء في صوره المختلفة ومواقعها المختلفة وبيئاته المختلفة إلى توازن دقيق قدره الخالق عز وجل لخدمة الإنسان وباقي الخلائق على الكرة الأرضية0 والبيئات الحيوية بما تحتويه من مخزون حيوي هائل تعتبر الأمل الحقيقي لحل مشكلة الغذاء العالمي وتعتبر المواصلات البحرية أرخص وسيلة للمواصلات كما تعتبر الطاقة الكهربية التي يتم توليدها من مساقط المياه من أنظف وأرخص مصادر الطاقة المعروفة هذا بالإضافة إلى أن الماء أساسي في إنتاج جميع أنواع المزروعات من نباتات إلى محاصيل إلى فاكهة إلى خضر إلى غيرها0 مما لا يستغني عنه الإنسان أو غيره من الكائنات الحية ويدخل الماء في الكثير من الصناعات المختلفة كعامل أساسي لا يمكن الإستغناء عنه0 وأيضا في محطات توليد الطاقة بأنواعها المختلفة هذا بالإضافة إلى أهميته في النظافة البشرية وفي غيرها من الاستعمالات البشرية الأخرى0 وتتميز الكائنات الحية إلى كائنات تعيش على اليابسة وأخرى تعيش في الماء وثالثة تعيش عليهما معاً (البرمائيات)0

وقد كرم الله سبحانه وتعإلى الإنسان وجعله على قمة هذه الكائنات0 ويوجد تشابه عام بين أنماط الحياة في كل من البحر واليابسة ففي كل منهما تتميز الحياة إلى نباتية وحيوانية

والإختلاف الرئيسي بينهما في كيفية الحصول على الهواء0 ونحن لا نرى الغالبية العظمى من نباتات البحر لأنها عبارة عن خلايا نباتية مفردة وتعيش في مياه البحار والمحيطات غالبا في طبقة المياه المحصورة بين سطحها المعرض للشمس وبين أقصى عمق في هذه المياه يمكن أن تصل إليه أشعة الشمس وتعرف هذه النباتات المائية بإسم الهائمات النباتية أو Phytoplankton بسبب أنها تهيم في المياه تحت تأثير التيارات البحرية والأمواج0

ونظراً لأن النباتات البحرية والأرضية تشكل الأساس العريض للهرم الغذائي بسبب أنها تستخدم الطاقة الشمسية في تحويل ثاني أكسيد الكربون والأملاح الذائبة في المياه إلى مركبات عضوية من سكريات وبروتينيات ودهون تعتمد عليها باقي الخلائق في تغذيتها0 وتغطي البحار والمحيطات أكثر من ثلاثة أرباع مساحة سطح الكرة الأرضية وفي الأحوال العادية لا توجد بقعة من المياه البحرية تخلو من هذه الهائمات النباتية الدقيقة0 وهي دقيقة الحجم شديدة التنوع تختلف من بحر لبحر في تعدادها وفي تنوعها وتختلف تبعا لاختلاف فصول السنة وظروف المناخ فتزداد في الربيع وإذا أقبل الشتاء وإضطربت مياه البحر تطاح للأعماق وتتوقف أنشطتها الحيوية ثم تعود لنشاطها في الربيع التالي بعد أن تقلب المياه وتجلب من الأعماق وفرة من الأملاح الغذائية أهمها الفوسفات والنترات والسيلكات فتعود نباتات الفيتوبلانكتون إلى النمو النشط وتبدأ في الانقسام لتعطي الخلية الواحدة منها حوالي 250 خلية مماثلة في اليوم الواحد0 وتقوم هذه الهائمات النباتية بدور هام حيث تتكفل بتخليص العالم من نصف كمية ثاني أكسيد الكربون التي تنتج عن النشاط البشري على مستوى الكرة الأرضية بكاملها0

تعريف تلوث المياه

تتلوث المياه العذبة في الأنهار والبحيرات والخزانات المائية بأن يطرأ عليها تغيير في تركيب عناصرها أو في خصائصها كنتيجة مباشرة أو غير مباشرة لنشاط الإنسان بحيث تصبح أقل صلاحية لكل أو لبعض الإستعمالات الطبيعية المخصصة لها وبخاصة ما يطرأ عليها من تغيرات في الخصائص الفيزيقية أو الكيمائية أو الحيوية والتي قد تجعل الماء غير صالح للشرب أو للاستهلاك المنزلي أو الصناعي أو الزراعي أو غير ذلك من الإستعمالات التي يستخدم فيها الماء0 ويرتبط تلوث المياه بالنشاط البشري في المقام الأول0 وللمياه إستخدامات مختلفة للإنسان فقد تكون مياه صالحة للشرب وتستخدم في ذات الغرض وقد تكون مياه للري الزراعي وللثروة الحيوانية وقد تكون لتربية الأسماك أو للإستخدامات الصناعية أو

لبرك السباحة، أو مساقط مياه لتوليد الطاقة، أو التبريد في محطات توليد الطاقة أو للملاحة الداخلية للدول0 كما قد تكون مياها دولية في المحيطات، أو الخزانات المائية الكبيرة أو الأنهار التي تمر بالعديد من الدول كما في مياه نهر النيل أو نهر الراين ومياه القطب الشمالي أو القطب الجنوبي0 ويعتبر التلوث الذي قد يحدث للماء من أخطر عناصر التلوث البيئي الذي يضر ضرراً مباشراً بصحة الإنسان وذلك لأن الماء يتميز بصفات فيزيائية خاصة تجعله أكثر مكونات البيئة خطورة فهو ضروري لكل الأحياء من جهة كما أنه متحرك يسقط من السحب التي تحمله إلى سطح الأرض ويتحرك من الأنهار إلى البحار وتياراتها البحرية فتنقله من منطقة إلى أخرى0 ويتبادل الحركة من السطح إلى الأعماق وبالعكس وينساب خلال طبقات التربة وهذا يجعله ينقل التلوث معه من منطقة لأخرى ومن بيئة أخرى ومن طبقات التربة التي يمر خلالها إلى مناطق تجمعه وحتى في صورته البخارية يجمع الملوثات من طبقات الجو إلى الأرض حين يسقط عليها في صورة أمطار0 وبالتالي مشكلة تلوث المياه هي مشكلة كونية مدمرة للأجيال المتلاحقة0

مصادر التلوث للمياه

تتعرض المياه للتلوث من مصادر متعددة تتوقف على نوعيات ومواقع هذه الخزانات المائية ومن أهم مصادر تلوث المياه ما يلي:-

1. في الأنهار والبحيرات والخزانات الطبيعية
2. في البحار والمحيطات
3. في المياه الجوفية

أولاً: في الأنهار والبحيرات والخزانات الطبيعية:-

تأتي أهم أسباب تلوث المياه في هذه المواقع إلى:-

أ- الصرف الصناعي

وذلك بأن تقوم عديد من المصانع بصرف مخلفاتها التي تنتج من الصناعات المختلفة كصناعة الورق والنسيج والكيماويات والأصباغ في الأنهار أو في البحيرات والخزانات المائية مما يرفع مستوى التلوث الكيماوي فيها0

ب- صرف المخلفات البشرية

ويتم صرف المخلفات البشرية في هذه المسطحات المائية وهذا يؤدي إلى إرتفاع نسبة المواد العضوية فيها مع ما يصاحب ذلك من إرتفاع معدلات التلوث بها وأيضا مسببات العدوى من بكتيريا وفطريات وفيروسات ناقلات للعدوى0 ومن المعروف أن نسبة التلوث المرتفعة بهذه المستودعات المائية يؤدي إلى هلاك الأحياء البحرية فيها بالإضافة إلى التزايد المضطرد لنسبة التلوث البكتيري فيها مما يجعله بؤرة عدوى لكثير من الأمراض الوبائية ويحيلها إلى انهار ميتة والأمثلة على هذا النوع من التلوث كثيرة أشهرها ما حدث لأنهار الراين و التيمز والسين في أوروبا (شكل 6)0

شكل (6) يوضح التلوث الحادث فى المستودعات المائية نتيجة صرف مخلفات المصانع فيها والذى يؤدي إلى هلاك الأحياء البحرية

ج- معاملة المسطحات المائية بالأنهار والبحيرات والخزانات المائية بمواد كيماوية مختلفة

تعاملة المسطحات المائية بالأنهار والبحيرات والخزانات المائية بمواد كيماوية مختلفة وخاصة المبيدات بهدف مكافحة الآفات بها مثل ما يحدث عند مكافحة يرقات البعوض أو

مكافحة الطحالب أو القواقع أو الحشائش المائية أو غيرها من الآفات0 وهذا النوع من التلوث في حد ذاته على درجة عالية من الخطورة للأحياء عموما مما يلزم التعامل معه تحت شروطاً صارمة من الإحتياطات لتحاشي أضراره0

ثانياً: في البحار والمحيطات

1- صرف المخلفات الصناعية والبشرية

تعتبر بعض البلدان أن البحار والمحيطات التي تطل على سواحلها المخزن الرئيسي لنفاياتها، فتقوم بعض الدول بصرف مخلفاتها الصناعية والبشرية فيما يجاورها من بحار أو محيطات0 ويشكل هذا المصدر واحداً من أهم مصادر التلوث للمياه الساحلية أو للبحار المغلقة مثل حوض البحر المتوسط وفي الغالب يصاحب هذا التلوث للمياه تلوث للكائنات البحرية التي غالبا ما تختزن في داخل أجسامها قدراً من الملوثات أكبر مما هو موجود في المياه المحيطية مما يؤدي إلى هلاكها أو إلى إختزانه داخل أجسامها تمهيداً لإنتقاله منها إلى كائنات أخرى تتغذى عليها0 ومن أمثلة ذلك تلوث المياه بعناصر الزئبق و الكادميوم والرصاص وغيرها 0

2- حوادث ناقلات البترول

تقوم ناقلات البترول وغيرها من البواخر الضخمة بالتخلص من نفاياتها البترولية في عرض البحر والمحيطات كما قد تنتشرهذه المواد البترولية السامة على مساحات شاسعة من مياه البحار والمحيطات كنتيجة لحادثة لإحدى الناقلات أو غير ذلك من مصادر التلوث البترولي (شكل 7)0

شكل (7) يوضح التلوث الحادث فى عرض البحر والمحيطات نتيجة حادثة لإحدى ناقلات البترول

3- ذوبان الغازات الملوثة للهواء المحيط بالمسطحات المائية

وهو إما يذوب في المياه مباشرة مسببا التلوث أو أن تتكفل مياه الأمطار والغيوم بإذابتها أو كنسها معها عندما تسقط هذه الأمطار على المسطحات المائية حاملة معها هذه الملوثات0 والمثل على ذلك أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين كما قد تحمل الأمطار أيضا الغبار الذري الذي قد يكون موجودا في الجو كنتيجة لإنفجار ذري أو لتسرب من مفاعل وتقوم بتوصيله إلى مياه البحار والمحيطات فتلوثها وتلوث بها الأحياء البحرية التي تعيش داخلها، علما بأن الكثير من هذه الأحياء البحرية يعتبر حلقات تدخل ضمن السلاسل الغذائية التي يشترك فيها الإنسان كما قد تسقط الأمطار على أسطح التربة الملوثة بالمواد الكيماوية أو بالمبيدات، ثم تنساب هذه المياه الملوثة إلى التجمعات المائية الأكبر منها حتى تصل في النهاية إلى البحار حاملة معها كل ما يعترضها من ملوثات 0

ثالثاً: في المياه الجوفية

تتلوث المياه الجوفية عندما تصلها مياه مرت خلال طبقات التربة الملوثة بشتى أنواع الملوثات وهذا يعني أن المياه الجوفية تتلوث بتلوث مصادر تغذيتها وأشهر الملوثات في هذه الحالة يمكن سردها فى كلاً من:-

أ- المواد الكيماوية

تتلوث المياه الجوفية أيضاً خاصة بالمواد الكيماوية طويلة البقاء في التربة (أي التي تكون صعبة التحلل في البيئة) مثل بعض أنواع المنظفات أو الأملاح الذائبة أو غيرها0

ب- الكائنات الحية الدقيقة

ويعتمد التلوث بهذه الكائنات على معدل التخلص من الممرضات عن طريق التربة خلال قطاعات الأرض وفيه إلى الماء الجوفي0 والعمق الذي يتواجد عنده الماء الجوفي0 وأيضاً عدد الكائنات الدقيقة التي يمكن تواجدها في كل من التربة والماء الجوفي0

ج- الأسمدة الآزوتية

وهي الأسمدة المحتوية على النيتروجين ويؤدي الإسراف في إستخدامها إلى تركيزها في مياه الأنهار أو المياه الجوفية حيث تصل لمياه الشرب وتلوثها وعند زيادة هذه المركبات في مياه الشرب فإنها تعد ضارة للأطفال أقل من 6 سنوات وتسبب الوفاة0

ء- التلوث بالمعادن الثقيلة

وأخطرها الزئبق والرصاص والكادميوم وينتج عن هذه المعادن مركبات تؤدي إلى تشوهات الأجنة في الأرحام والتخلف العقلي عند الأطفال وأمراض الكلى والرئتين بالإضافة للإصابة بالسرطان 0

أنواع تلوث المياه

ينقسم التلوث الذي يحدث للمياه عموماً إلى عدة أنواع تبعاً للمصدر الذي يأتي منه هذا التلوث أو تبعاً لنوعية المادة الملوثة للمياه وتنحصر هذه الأنواع فيما يلي :-

1. التلوث الطبيعي
2. التلوث الحراري
3. التلوث البترولي
4. التلوث الناتج من الأمطار الحامضية
5. التلوث بالمخلفات الصناعية
6. التلوث بالمخلفات البشرية
7. التلوث بالإشعاع الذري
8. التلوث بالمبيدات
9. التلوث بالأسمدة الكيماوية

1. التلوث الطبيعي

يشمل التلوث الطبيعي الملوثات النابعة من البيئة ذاتها مثل التلوث الناجم عن الزلازل والبراكين، حيث ينجم عن حدوث الزلازل مثلا إشتعال الحرائق وتدمير محطات وأنابيب المياه والصرف الصحي وآبار النفط والمياه الجوفية وغيرها، وقد تتفشى

الأمراض نتيجة لذلك0 أما البراكين فتنبثق منها الحمم البركانية التي تدمر ما يحيط بها من مظاهر الحياة وتنبعث منها الغازات، وتنطلق منها السحب السود الغنية بالرماد البركاني، وألسنة النيران كما الأمطار الحمضية بعد ذلك متأثرة بالرماد البركاني، وقد تكون غزيرة مما يؤدي إلى إخلال توازن البيئة0

وهناك أيضاً عوامل التجوية والتعرية مثل زحف الكثبان الرملية على المزارع، والقرى، والأمطار الغزيرة التي تجرف التربة، وبعد مضي فترة من الزمن توازن البيئة نفسها بقدرة الله سبحانه وتعالى0 ينتج التلوث الطبيعي للبيئات البحرية من تواجد مخلفات طبيعية نباتية أو حيوانية في هذه البيئات بشرط أن لا يكون للإنسان دخل في إحداث هذا النوع من التلوث وتشتمل هذه المخلفات على الأجسام المميتة للكائنات الحية أو المواد العضوية المتخلفة عنها وغير ذلك من المصادر0 ومما يساعد على إنتشار هذا النوع من التلوث الدمار الذي لحق بالغطاء النباتي على الكرة الأرضية مثل أشجار الغابات والأحراش بسبب التصحر أو بسبب نشاط الإنسان ويجب أن يكون معلوما أن الغطاء النباتي على سطح الكرة الأرضية يقوم بدور فعال في درء هذا النوع من التلوث 0

2. التلوث الحراري

ينتج هذا النوع من التلوث من إستعمال كميات كبيرة من المياه لتبريد المفاعلات النووية أو الحرارية في محطات الطاقة ثم إعادة صرفها في البحر مرة ثانية وهذا من شأنه أن يؤدي إلى إحداث تغيير واضح في التوازن الحيوي في هذه البيئات نتيجة إرتفاع درجة حرارة المياه على إزدهار نمو أحد الكائنات الحية في النظام الحيوي الجديد بدرجة تؤثر على التوازن الحاكم لهذا النظام الحيوي وهذا من شأنه أنه يؤدي في النهاية إلى إحداث أضرار حيوية بالغة لهذا المسطح المائي0

3. التلوث البترولي

يحدث التلوث البترولي عندما ينسكب النفط أو يتسرب إلى الأرض أو يختلط بالمياه وقد طور العلماء مع شركات النفط طرقا عديدة للتنظيف بالطرق الميكانيكية والكيميائية والحيوية0 ويعد النفط من أهم مصادر الطاقة في العالم ومصدر الدخل الرئيس في دول الخليج العربي وهو عبارة عن خليط معقد يتكون بشكل أساس من مركبات هيدروكربونية بعضها ثقيل (أعداد كبيرة من

ذرات الكربون) وبعضها خفيف0 ويظهر الزيت بعد تسربه في البحر على عــدة أشكال منها:-

1- طبقة سميكة مميزة بلون بني أو أسود

2- طبقة رقيقة مميزة بلون فضي

3- طبقة رقيقة جدا متعددة الألوان تطفو على السطح

ويتحلل البترول في الطبيعة ببطء بطريقتين مختلفتين :-

أولهما : عن طريق التفاعلات الكيمياضوئية المؤكسدة

ثانيهما : عن طريق الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة أو في المياه الملوثة

وفي الحقيقة فإن النفط المتسرب يضر بالنباتات، والحيوانات, والكائنات الحية الأخرى0 ولكن نظرا لأهمية هذه المادة كمصدر مهــم للطاقة في العالم وكمصدر مهم للطاقة في العالم و كمصدر للدخل الوطني لتنمية منطقتنا ودفع عجلة التقدم فيها، فإنه قد تم تطوير الكثير من الوسائل الناجحة، للحد من الكوارث النفطية، وذلك لتنظيف وكشط النفط بطرق سريعة وناجحة وأكبر دليل على ذلك بقعة النفط التي تسربت أثناء حــرب الخليج والتي عولجت آثارها بنجاح0

ومن التقنية المستخدمة في إكتشاف هذه الحوادث الإستشعار عن بعد (Remote Sensing) وهـــــي تقنية تنتج صورا فضائية لأجزاء من الكرة الأرضية فنرى تحركات بقع النفط مثلا وحرائق الغابات وغيرها0 كما طور معهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن، بالتعاون مع أرامكو السعودية نموذجا رياضياً بالحاسب الآلي للتنبؤ بحركات الانسكابات البترولية فوق مياه الخليج، مما يسهل عملية رصدها ومكافحتها0

ينتج هذا النوع من التلوث من إنتشار البترول ومشتقاته على مساحات شاسعة من المياه كنتيجة لحوادث الناقلات أو للتخلص من المخلفات البترولية من خزانات السفن في عرض البحر أو للتسرب من آبار البترول البحرية أو من مصافي النفط في المواني البحرية أو من موانى الشحن والتفريغ للمنتجات البترولية0 ويؤدي النفط الملوث لسطح المياه إلى تقليل التبادل الغازي بين الوسط المائي والهواء المحيط به مما يترتب عنه تقليل نسبة الأكسجين

الذائب في الماء وطبيعي فإن هذا يؤثر بدوره على الكائنات البحرية0 وبالإضافة إلى ذلك فإن للنفط ومشتقاته سمية واضحة على الهائمات النباتية الدقيقة العالقة في الماء والتي تعتبر الغذاء الأول للأسماك0 كما تقتل بقع التلوث بالنفط الكثير من الأحياء البحرية الأخرى وتقتل كذلك الطيور البحرية التي تلامس أجسامها مع التلوث البترولي في المياه0 وتبقى بقع الزيت مصدر خطر شديد على الكائنات المائية بمجملها كما أن الطرق المستخدمة حاليا في علاج بقع النفط المتسربة إلى المسطحات المائية تؤدي إلى إضافة ملوثات أخرى إلى هذه المسطحات سواء تمت المعالجة بإستخدام مواد كيماوية، أو عن طريق الامتصاص الرغوي، أو بإستخدام مسحوق كربونات الكالسيوم، أو الأسمنت الناعم أو تحويل بقعة الزيت إلى الصورة الجيلاتينية، أو حتى باستخدام البكتيريا النشطة في إستهلاك الهيدروكربونات حيث ينتج عن إستهلاكها الهيدروكربونات مواد كيميائية أخرى قد تكون أشد خطورة0

4. التلوث من الأمطار الحامضية

تشكل مياه الأمطار الحامضية التي تسقط على المسطحات المائية هي الأخرى نوعاً هاماً من التلوث للماء لأنه قد يؤدي دوراً مهماً في تغيير البيئة البحرية0 كما سبق ذكره سابقاً فقد تكون الأمطار الحامضية مصدراً غذائياً للنموات النباتية كما يحدث من الأمطار الحامضية بسبب أكاسيد النيتروجين الذائبة فيها والتي تتكون نتيجة تأثير البرق على النيتروجين الجوي أو قد يكون لهذه الأمطار الحامضية تأثيراً آخر يخل بالتوازن الحيوي الموجود في هذه البيئات البحرية، هذا وقد تم تناول هذا الجزء بالتفصيل فى تلوث الهواء0

5. التلوث بالمخلفات الصناعية

تشكل المخلفات الصناعية واحدة من أكثر وأخطر ملوثات البيئات البحرية فقد يترتب عن صرف هذه المخلفات في البحيرات، والأنهار، والمحيطات، والبحار نتائج سيئة جدا على الكائنات الحية فيها أو المرتبطة بها0 ومن أخطر أنواع التلوث البحري بالمخلفات الصناعية تلك التي تنتج من الصناعات الكيماوية مثل صناعات الصودا الكاوية، أو الورق، أو البويات، أو النسيج، أو المبيدات، ومستحضراتها0 فمخلفات هذه الصناعات تلوث البيئة البحرية بمركبات كيماوية شديدة الخطورة والسمية أو بمعادن ثقيلة سامة كالزئبق والرصاص والكادميوم والقصدير وغيرها0

وتتمثل مخاطر التلوث البحري بالمخلفات الصناعية في التأثير المباشر على الحياة البحرية بأن تقتل أنواعا منها مما يسمح بتكاثر أو بضعف تكاثر أنواع أخرى، وقد يترتب على ذلك إخلال عميق الأثر في التوازن الحيوي فيها كما أن لبعض الملوثات صفة التراكم في أجسام الكائنات البحرية الحية كالزئبق وبعض أنواع المبيدات والمركبات العضوية البطيئة التحلل مثل DDT و PCBs وهذا من شأنه يهيئ الفرصة أن تنتقل إلى الإنسان من خلال السلاسل الغذائية التي تشكل هذه الأحياء البحرية الملوثة حلقة فيها0 ويترتب على إلقاء مخلفات المصانع السائلة في المجاري المائية دون معالجة منع تهوية المياه نتيجة استهلاك الأكسجين الموجود بها وقتل الكائنات الحية الدقيقة التي تعمل على تنقية الماء0 وتسمم الكائنات الحية مثل الأسماك كما يؤدي إلى تغير في طعم ورائحة الماء ونمو الطحالب وتسمم الحيوانات وتدهور التربة الزراعية الخصبة نتيجة سد مسامها بهذه المواد وتلف الزراعة وتشويه منظر الماء0

6. التلوث بالمخلفات البشرية

يؤدي التلوث البحري بالمخلفات البشرية إلى زيادة واضحة في كمية المواد العضوية في مياه هذه البيئات، ويؤدي ذلك إلى زيادة التلوث بمواد أخرى تكون مصاحبة غالبا لهذه المخلفات مثل المنظفات الصناعية الشائعة الإستعمال في المنازل والفنادق وكافة المنشآت الصناعية بديلاً عن الصابون0 ولأن الكثير من هذه المنظفات لا يتحطم حيوياً بسهولة مما يجعلها تتراكم في هذه البيئات بالإضافة إلى أن لهذه المخلفات سميه واضحة على بعض الكائنات البحرية (شكل 8)0

والأسلوب الصحي السليم لصرف مخلفات المنازل والفضلات الآدمية هو تجميع هذه المخلفات في شبكة مجاري تنقلها إلى محطات تقوم بمعالجتها معالجة كاملة إلا أن ما يحدث في كثير من المدن في الدول النامية هو تجميع المخلفات السائلة في شبكة مجاري ثم يلقى بهذه المخلفات في مجاري الأنهار أو البحار أو البحيرات دون معالجة أو بعد معالجة جزيئيه ومن أمثلة ذلك نهر بردي في سوريا، حيث يلقى فيه مخلفات المدن الواقعة عليه كمدينة دمشق كما تصرف مجاري مدينة القاهرة بحوالي ثلثي كمية مياه مجاري العاصمة في مصرف بلبيس الذي يمر ببعض محافظات الدلتا وتصرف مجاري مدينة الأسكندرية في بحيرة إدكو والبحر المتوسط وعندما تصب مياه مجاري المدن في بعض المجاري المائية دون معالجة تترسب المواد الصلبة في القاع وتتحلل المواد العضوية وتقل نسبة الأكسجين الذائب مما يترتب عليه

قتل الأحياء المائية وخاصة السمك وإنتشار الروائح الكريهة (غاز الميثان والكبريت)0 وعندما تروى الأرض الزراعية بهذه المياه تسد المسام بالمواد الصلبة فتتدهور التربة وتسوء

شكل (8) يوضح التلوث المائى الناتج من صرف مياه المجارى فى مياه القنوات المائية المسخدمة فى رى الأراضى الزراعية

حالتها كما تلوث هذه المخلفات مياه الشواطئ، وتشوه منظر الماء، وتفقد السواحل قيمتها السياحية، والصحية وتختلف مكونات مخلفات المصانع عن مخلفات مجاري المدن حيث أن الأخيرة لها نوعية محدودة تحتوي على مواد يمكن معالجتها بطرق تقليدية بينما تختلف المصانع في مخلفاتها في مكوناتها من مصنع لآخر لهذا كان تحويل فضلات المصانع السائلة إلى مياه غير ملوثة عملية معقدة لا يمكن تعميمها لأن لكل صناعة مشاكلها الخاصة0

7. التلوث بالإشعاع الذري

تؤدي التجارب النووية وحوادث المفاعلات النووية إلى وجود مواد مشعة فى الهواء والماء فتختلط بالغذاء مما ينتج عنها التلوث بالإشعاع النووي0 ومن أشهر حوادث المفاعلات حادثة (تشرنوبل) في الاتحاد السوفيتي سابقا0 لذلك يجب الحذر حتى من الأشعة التي تستخدم فـــي العلاج أو التشخيص، فلا نستخدمها إلا عند الضرورة0 وتتلوث المياه بالإشعاع الذري كنتيجة لسقوط الأمطار الملوثة بها أو من مياه تبريد المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية وإذا توافرت الظروف التي تسمح بحدوث تسرب لعناصر مشعة إلى هذه المياه وترجع خطورة هذا النوع من التلوث إلى الآثار السيئة للإشعاع في حد ذاته وإلى كون هذه المواد تتراكم حيوياً داخل أجسام الكائنات الحية البحرية إلى أن يصل تركيزها فيها إلى مستويات عالية ولتصل في النهاية إلى الإنسان من خلال السلاسل الغذائية مسببة له أخطر الأمراض بالإضافة إلى تأثيرها المباشر على الحياة البحرية0

8. التلوث بالمبيدات

إن تلوث البيئات البحرية بالمبيدات واحدة من أخطر أنواع التلوث بسبب أن للمبيدات تأثيرات شديدة السمية على البيئات البحرية، وعلى الكائنات الحية بها ويأتي معظم الخطر من المواد الكيماوية صعبة التحلل مثل DDT و PCBs والتي من الصعب تحللها حيوياً أو كيماويا، والتي تظل موجودة فيها لسنوات طويلة0

9. التلوث بالأسمدة الكيماوية

خاصة الأسمدة النيتروجية والفوسفاتية وتنحصر ملوثات الماء المحتوية على عنصر النيتروجين مركبات النترات والنيتريت والنشادر بصورتها الحرة أو في صورة أملاح أمونيوم

بالإضافة إلى الأحماض الأمينية والبروتينات والببتيدات المعقدة واليوريا التي يمكن أن تلوث الماء سواء كانت من مصادر صناعية أو طبيعية0 تنتج النترات من تحلل المركبات العضوية النيتروجينية بفعل أنواع محددة من البكتيريا عن طريق أكسدة أيونات الأمونيوم في الظروف الهوائية كما تتكون بأكسدة النيتروجين الجوي بفعل البرق ثم تتساقط مع مياه المطر على المسطحات المائية وقد تصل للمسطحات المائية مع مياه الصرف الزراعي من زراعات سبق الإفراط في إستخدام أملاح النترات في تسميدها0

وتنتج خطورة أملاح النترات من تحولها إلى نيتريت بفعل الكائنات الدقيقة داخل القناة الهضمية للثدييات ويتفاعل النيتريت مع هيموجلوبين الدم ليكون ميثوموجلوبين الذي لا يستطيع حمل الأكسجين والاتحاد معه لتوصيله للخلايا مما يتسبب عنه عند الأطفال خصوصا قصور في إمداد الخلايا باحتياجاتها من الأكسجين0 ويتسبب ذلك في ظهور مرض الطفل الأزرق وتكون الحساسية لدى الأطفال الأقل من 6 شهور وذلك لأن معدتهم غير حمضية بدرجة كافية لكي تمنع نمو بكتيريا حمضية تقوم بتحويل النترات إلى نيتريت وإذا زادت نسبة النيتريت فإنها تؤكد هيموجلوبين الدم ويتكون الميثوموجلوبين وهو غير قادر على حمل الأكسجين إلى الخلايا فتحدث أضرار للمخ وتحدث الوفاة بالاختناق (الطفل الأزرق)0 والتركيز المسموح به من النيتروجين لصلاحية مياه الشرب للأطفال عند أعمار 6 أشهر أو أقل هو 10 جزء في المليون في صورة نتريت أو 45 جزء في المليون في صورة نترات وقد تم حساب تكلفة معالجة مياه الشرب من زيادة النيتروجين عن طريق محطات المعالجة بحوالي 10- 15 دولار في الشهر لأسرة مكونة من ثلاثة أفراد 0أيضا تؤدي النترات إلى نمو النباتات المائية بشكل كثيف مما يترتب عليه زيادة كبيرة للمادة العضوية في هذه المياه وبالتالي التشجيع على حدوث عمليات التخمر والتعفن وما يترتب عنهما من موت الكثير من الكائنات الحية وبالتالي موت هذه المسطحات المائية0

وللتغلب على قدر ولو قليل من المشاكل الناتجة عن ملوثات المياه هناك طرق كثيرة منها معالجة هذه المخلفات قبل صرفها، وتختلف طريقة المعالجة تبعا لنوع الملوثات من كونها فضلات مصانع صلبة عضوية، أو غير عضوية، أو مواد كيماوية، أو بترولية، أو كونها فضلات سائلة، أو فضلات إشعاعية، أو حرارية0 وتعتبر معظم هذه الطرق في معظمها عملية معقدة لا يمكن تعميمها لأن لكل صناعة مشكلاتها الخاصة كما تحدد أيضا درجة تركيز الملوثات وكميتها من طريقة المعالجة0 وتوجد طرق لمعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة

إستخدام المياه مرة أخرى في أغراض الزراعة أو أي أغراض أخرى مناسبة وسوف نتطرأ إليها لاحقاً0

تلوث مياه نهر النيل

نهر النيل هو عصب الحياة في مصر المحروسة وذلك لكونه المصدر الرئيسي والأساسي للمياه العذبة إلا أننا نتعامل مع تلوثه بدرجة عالية من الإستخفاف وقد تغير الوضع بعد بناء السد العالي ففي السابق كانت مياه الفيضان تكسح أمامها المياه المتبقية في النهر من الفيضان السابق من بداية دخولها الأراضي المصرية حتى مصبات فروعه في البحر (1200 كم تقريبا)، وبالتالي تعمل على التخلص من المخلفات الموجودة سابقا سواء عالقة أو ذائبة0 لكن بعد بناء السد يتم حجز المياه في خزان مائي كبير ثم يتم التصريف منه حسب الاحتياج لملئ المستودعات المائية أو الخزانات التي يتم حجزها أمام كل قنطرة من القناطر المقامة على النيل لأغراض الشرب والري الزراعي والإحتياطات الأخرى التي يلزم توفيرها من الماء0

وأسباب تلوث مياه النيل كثيرة أهمها خزن المياه في بحيرات أمام السدود والقناطر لفترات طويلة دون تجديد بمياه خالية من التلوث بل تأتي المياه إلى بحيرة أمام أحد الخزانات من بحيرة سابقة لها من أمام خزان يسبقه بما تحمله من كل صنوف الملوثات0 أيضا بسبب الاستخدام والتعامل السيئ مع مياه النهر وآخرها السماح بوضع مفرخات الأسماك داخل مجرى النيل في فرعي دمياط ورشيد بما يستلزم إلقاء عليقها داخل المياه0 ويؤدي ركود المياه أمام الخزانات المائية لفترات طويلة إلى تمتعها بدرجة عالية من التلوث وذلك لأنها تتمتع بدرجة من الروقان أو الشفافية بما يسمح لأشعة الشمس أن تنفذ خلالها لمسافات محددة، مما يشجع على نمو الطحالب والنباتات المائية والهائمات النباتية بكافة أنواعها، الأمر الذي يترتب عليه صعوبة عمليات التنفس لأغراض الشرب، وقلة كفاءتها مما يفرز في النهاية طعما للمياه غير مستساغ، ومخالف لما كان عليه قبل ذلك0

ومما يزيد من وحدة ذلك الضرورة المصاحبة لذلك بإستخدام جرعات أعلى من الكلور عند تعقيمها0 كما يؤدي ركود المياه أيضاً في مجرى النهر إلى إزدياد تركيز الأملاح الذائبة التي إرتفعت في مياه الخزانات إرتفاعا ملحوظاً وبخاصة قرب نهايات أفرع النهر وترع الري الرئيسية خاصة إذا تلقت هذه الأفرع والنهايات مياه صرف زراعي أو مياه صرف صناعي0 هذا بالإضافة إلى التلوث بالمخلفات العضوية التي قد تنتج عن تحلل المواد العضوية التي تنمو

في النهر أو تلك التي تلقى أو تصرف فيه0 ويرتبط بهذا العامل درجة التلوث البكتيري لمياهه وبخاصة بكتيريا القولون والتي ترتبط ارتباطا وثيقا بدرجة التلوث بالمواد العضوية بطول القطاع المائي النهري0 ومن أهم ملوثات النهر وأخطرها هي نواتج تحلل وإفرازات الكائنات الدقيقة وغيرها من الكائنات التي تتلازم وتتعاظم مع إرتفاع محتوى المياه من المواد العضوية0

وتتعرض هذه المواد للارتباط بذرات الكلور عند تنقية المياه بهذا الغاز منتجة مركبات أشد خطورة على الصحة العامة من المركبات الأصلية التي تعرضت للغاز0 وهذه المركبات تضاهي في خطورتها المبيدات التي قد تصل إلى هذه المياه ولا تتعرض للتحطم السريع إلى نواتج غير سامة قبل أن تصل إلى فم المستهلك علماً بأن هذه المركبات هي والمبيدات بكافة أنواعها والمعادن الثقيلة ومشتقات البترول هي من أخطر ما يمكن أن يصل إلى فم المستهلك لهذه المياه في أي صورة من صور الإستهلاك0 أيضا تفتقد المجتمعات التي تعيش على مقربة من النهر إلى الوعي البيئي، والوعي الثقافي من حيث غسل وإستحمام البقر والجاموس في مياه الأنهار وما تقوم به هذه الحيوانات من طرح مخلفاتها داخل النهر أيضا الحيف التي تطفو على مياه النهر، ومطروحات المراكب الشراعية، والبواخر، والفنادق العائمة0

أيضاً الصرف الزراعي وما يخالطه من صرف صحي خاصة بعد انتشار مياه الشرب النقية وإنتقال الصرف الصحي للقرية من نظام البيارات إلى الصرف الصحي في المصارف الزراعية والتي كان يعاد ضخ مياهها في الترع لإستخدامها لأغراض الري الزراعي وأيضا في محطات تنقية المياه لأغراض الإستهلاك المنزلي0 ومع زيادة عدد السكان والتوسع الزراعي وزيادة الإستهلاك وعجز المياه القادمة من مصادرها عن مواجهة الزيادة المطلوبة من المياه0 تم اللجوء إلى إعادة استخدام مياه الصرف خاصة في المجال الزراعي بعد معالجتها في أحيان قليلة وبدون معالجة حقيقية في أكثر الأحيان لتصبح مصدر تهديد حقيقي للصحة العامة لكل من يتصادف تعامله مع هذه المياه وما أكثرهم ويأتي التهديد الأعظم في هذه الحالة من الطفيليات التي تتواجد غالبا في مجاري هذه المياه وتقدر بعض المراجع حجم مياه الصرف الصحي التي يتم صرفها في مجاري الري بحوالي خمسة ملايين متر مكعب يومياً ولا تتم المعالجة الجزئية أو المتكاملة إلا لأقل من 20% من هذه الكمية 0

الأخطار الناجمة عن تلوث التربة والماء

تحدثنا من قبل عن أنماط المواد الكيمائية التي تلوث التربة والماء، مع ذكر أهم مصادر هذا التلوث، ولقد تعرضنا لآثار هذه المركبات في صحة الإنسان، وبالإضافة إلى هذه الآثار فان هناك أخطاراً أخرى تلحق بالبيئة على أثر تلوث التربة والماء، وفيما يلي نقدم موجزاً لأهم أخطار تلوث التربة ومياه الأنهار الجوفية ومياه المحيطات والبحار0

لا شك أن تلوث التربة بالمواد الكيميائية التي ذكرناها من قبل يترتب عليه حدوث مشكلات تتعلق بصحة الإنسان وغذائه وكسائه0 وقد يحدث تلوث التربة بوسائل مباشرة، مثل إستخدام مبيدات الآفات في الأغراض الزراعية أو تلوث التربة بنفايات المصانع، وعوادم السيارات، وقد تتلوث التربة بطريقة غير مباشرة، وذلك عندما يختلط بها الماء الملوث بالمواد الكيميائية، ويؤدي تلوث التربة إلى ضعف خصوبتها، وإنخفاض إنتاج المحاصيل الزراعية، وتؤثر بعض المواد الكيمائية الضارة في النبات وتكوينه الطبيعي، مما يترتب علية إنخفاض في قيمته الغذائية0 ولا يقتصر أثر تلوث التربة على النبات فحسب، بل يمتد الأثر ليشمل الإنسان، والحيوان، حيث يؤدي تلوث المحاصيل الغذائية بالكيماويات الضارة إلى إصابة الإنسان بالأمراض بسبب تناوله تلوث التربة للأغذية الملوثة سواء كانت أغذية نباتية أو حيوانية،

ولا شك أن الثروة الحيوانية أيضا تتأثر بسبب تلوث التربة بالكيماويات الضارة، حيث تصاب الماشية، والأغنام، والطيور، والدواجن بالأمراض التي تؤدي إلى إنخفاض الإنتاج الحيواني المحاصيل الزراعية، وتؤثر بعض المواد الكيمائية الضارة في النبات وتكوينه الطبيعي، مما يترتب علية إنخفاض في قيمته الغذائية0 ولا يقتصر أثر تلوث التربة على النبات فحسب، بل يمتد الأثر ليشمل الإنسان والحيوان، حيث يؤدي تلوث المحاصيل الغذائية بالكيماويات الضارة إلى إصابة الإنسان بالأمراض بسبب تناوله تلوث التربة للأغذية الملوثة سواء كانت أغذية نباتية أو حيوانية0

ولا شك أن الثروة الحيوانية أيضا تتأثر بسبب تلوث التربة بالكيماويات على النبات فحسب، بل يمتد الأثر ليشمل الإنسان ويعتبر إلقاء مخلفات ونفايات المصانع، والنباتات والحيوانات النافقة، ونفايات المنازل في مياه الأنهار والبحيرات، وكذلك استخدام المبيدات الحشرية في صيد الأسماك، من أهم عوامل تلوثها بالكيماويات الضارة، وبخاصة مركبات المعادن، مثل الزئبق، والرصاص، والكادميوم، والتي بينا من قبل أثرها في صحة الإنسان،

حيث تسبب الإصابة بالأمراض الخطيرة، بالإضافة إلى أن بعضها يضعف من خصوبة الإنسان والحيوان، ويسبب حدوث التشوهات البدنية في أجنة الأمهات التي يشربن من هذه المياه الملوث0 وقد تتلوث مياه الأنهار والبحيرات أيضا بالمكروبات والطفيليات التي تسبب الأمراض المعدية والطفيلية، وذلك إذا ما تسربت مياه المجاري إلى الأنهار أو البحيرات، أو إذا تلوث مياه هذه المصادر بإفرازات الإنسان أو الحيوان0 وثمة مشكلة أخرى تتعلق بمياه الأنهار والبحيرات وهي مشكلة نمو الطحالب والنباتات المائية التي تتكاثر تكاثرا يؤدي إلى تغطية سطح الماء، ويترتب على هذا إفساد الجمال الطبيعي للأنهار والبحيرات وإنعدام الإستمتاع بها، بالإضافة إلى عرقلة الملاحة والري وتوليد الطاقة الكهربائية، ومن المشكلات التي تنجم عن تكاثر الطحالب المائية نقصان الأكسجين الذائب في الماء بسبب تكاثر المكروبات على الطحالب وإستنفادها للأكسجين، وهذا يؤدي إلى هلاك الأسماك والكائنات المائية الأخرى0 ونظراً لضخامة مشكلة تلوث مياه الأنهار والبحيرات، وما يترتب عليها من إصابة الإنسان بأمراض عضوية ومعدنية خطيرة وإفساد للنظام البيئي، فلقد إهتمت هيئة الأمم المتحدة بذلك إهتماماً بليغاً0

التلوث فى المياه الجوفية

وإذا سلطنا مزيداً من الضوء على التلوث فى المياه الجوفية، فنجد أن هذه المياه تتجمع تحت قشرة الأرض الخارجية، وتعتبر هذه المياه من أهم المصادر المائية التي توليها الدول أبلغ الاهتمام للمحافظة عليها ومنع التلوث البيئي من الإلحاق بها0 فالتلوث البيئي والإستخدام العشوائي للمياه الجوفية يهددان ثروات المياه الجوفية في العالم0 وقد أوصى برنامج الأمم المتحدة بإنشاء إدارة لمصادر المياه الجوفية تهدف إلى تعاون إقليمي ودولي، ولقد حذرت تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة من إحتمال تضاؤل المياه الجوفية بسبب التلوث والنضوب، وتدعو التقارير إلى التشدد في مراقبة وسائل التخلص من نفايات البيئة ومياه المجاري وإلى إتخاذ الإجراءات التي تحد من تلوث الأرض بالمواد الكيميائية الضارة، مع السيطرة على كل ما يهدد المياه الجوفية0

وتشير دراسات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى مياه الجوفية تمثل حوالي 22%من حياة اليابسة، وان الماء العذب المناسب عبر الأنهار يتجمع ويبقى لفترات طويلة كمياه جوفية تحت الطبقة الصخرية للأرض، وتختلف مناسيب هذه المياه وفقاً لتغييرات الطقس وكمية الأمطار حيث تزداد في الشتاء وتنقص في أواخر الصيف بسبب كثرة التبخر0 وحيث أن المياه الجوفية

تمثل مصدراً مهما من مصادر المياه الصالحة للشرب والرى، فان الإسراف في إستخدامها وتلوثها بالمواد الضارة يشكل تهديداً مستمراً لهذا المصدر المهم للماء العذب0 ومن المشكلات التي تهدد المياه الجوفية هو إنهيار الأراضي وتسرب المياه المالحة فى الآبار الساحلية0 وتتعرض المياه الجوفية إلى التلوث بسبب مخالفات ونفايات المصانع والأنابيب النفطية والمناجم والمواد المشعة، بالإضافة إلى التلوثات الناتجة من الزراعة بسبب استخدام الأسمدة الصناعية والمبيدات الحشرية وروث الحيوانات0

تلوث مياه المحيطات والبحار

تعتبر مشكلة تلوث مياه المحيطات والبحار من أخطر مشكلات البيئة على الصعيد العالمي، وترجع أسباب هذا التلوث إلى إلقاء نفايات السفن من مواد بترولية، ومواد كيميائية أخرى في المحيطات والبحار، بالإضافة إلى تلوث المياه بمخلفات المصانع التي تحتوي على المركبات العضوية، والمعادن الثقيلة السامة، وتمثل هذه الملوثات أبلغ الخطر على الأحياء المائية، حيث تؤدي إلى تدهور نموها وتكاثرها0 وينعكس اثر هذا التلوث على الإنسان والحيوان التي تتغذى على الكائنات المائية الملوثة، ونذكر على سبيل المثال لا الحصر خطورة تراكم عنصر الرصاص في أنسجة الأحياء المائية مما يؤدي إلى القضاء عليها وانخفاض حجم الثروة المائية، بالإضافة إلى تعرض الإنسان الذي يتغذى على الأسماك الملوثة للإصابة بالأمراض0

ومن أسباب تلوث البحار إرتفاع نسبة المواد الزيتية الصادرة من محركات السفن، والتي تعرقل نمو النباتات البحرية التي تعتبر من أهم المصادر الغذائية للأحياء المائية، وتجدر الإشارة إلى أن هذه النباتات تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية التي تزايدة كميتها على الأرض وإمتدت إلى أعماق البحار بسبب نقصان سمك طبقة الأوزون0 ولعل من أسباب تلوث البحار أيضا الحروب وما سببته من هلاك للكائنات الحية وتدمير للبيئة ونذكر على سبيل المثال حرب الخليج وما أفرزته من مشكلات بيئية، فبالإضافة إلى تلوث الهواء بمخلفات الحرب وإشتعال آبار البترول، فان هناك مشكلة تلوث مياه الخليج بسبب وجود بقعة الزيت، وما سوف يترتب عليه من إنخفاض في الثروة البحرية وهلاك للطيور والحيوانات التي تعيش عليها0 ولقد إهتم مؤتمر قمة الأرض الذي عقد في مدينة ريودي جانيرو في البرازيل من 3 – 11 يونيو عام 1992م بدراسة ومعالجة العديد من مشكلات البيئة من بينها مشكلة تلوث البحار، حيث وقعت إتفاقية صيانة وحماية التنوع الإحيائي0

الباب الرابع

التلوث فى التربة Soil Pollution

تعتبر التربة عاملاً هاماً من عوامل تكوين البيئة حيث أنها تقوم بتثبيت جذور النباتات والأشجار وهي مصدر الغذاء بالنسبة لها لاحتوائها على الماء والأملاح المعدنية والكائنات الدقيقة اللازمة لحياة النبات0 وتتم في التربة عمليات التحلل للكائنات النباتية والحيوانية بعد موتها0 أي أن التربة تلعب في الطبيعة دوراً هاماً وأساسياً في إتمام الدورات الطبيعية للعناصر وتتكون التربة من خلال عمليات بالغة التعقيد في فترة زمنية طويلة تقدر بآلاف السنين 0أي أن التربة هي الطبقة السطحية التي تستعمل في الزراعة وتتكون هذه الطبقة من حوالي 45% مواد معدنية (طفل وطمي ورمل ناعم جدا), 5% مواد عضوية (عبارة عن تراكمات مخلفات نباتية وحيوانية), 25% هواء (نيتروجين وأكسجين وثاني أكسيد الكربون وغيرها), 25% ماء وتتوقف درجة خصوبة التربة وإنتاجها على التكوين الطبيعي والكيمائي والبيولوجي لهذه المكونات0 وتمثل التربة عاملاً هاماً في البيئة التي تحيط بالإنسان نظراً لإستخدامها في الزراعة ومدها له بالغذاء والكساء0

مفهوم تلوث التربة الزراعية

يمكن تعريف تلوث التربة الزراعية بأنه الفساد الذي يصيب التربة الزراعية فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية، أو الكيمائية، أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلباً بصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من إنسان وحيوان ونبات0 والتلوث بالتربة الزراعية يتوقف على نوع التلوث, صفات الأرض والظروف المناخية، والعوامل الطبيعية0 وقد يكون بصورة فورية مثل الزلازل والبراكين أو بصورة تدريجية مثل إستخدام المبيدات والأسمدة المعدنية، وإعادة إستخدام المياه العادمة في الأراضي0 والملوثات التي تختلط بالتربة الزراعية تفقدها خصوبتها حيث تسبب قتل البكتيريا المسئولة عن تحليل المواد العضوية الموجودة بالتربة، وتثبيت عنصر النيتروجين بها بل قد تحتوي التربة على مكونات بيولوجية قد تكون مسببات أمراض من كائنات دقيقة بكتيرية وفطرية وبروتوزوا وفيروسية وقد تحتوي

التربة على مصادر العدوى بديدان الأمعاء من بيض ويرقات والتي قد تصل للتربة مباشرة عن طريق الإنسان أو عن طريق مياه الري الملوثة بمياه الصرف الصحي0

وبعض تلك الديدان تسبب أمراض خطيرة مثل الأنيميا وأمراض الكبد والكلى والأمعاء ومن أنواع الديدان الإسكارس والانتروبيوس0 ويحدث تلوث التربة بملوثات معدنية أو كيميائية، وبيولوجية، ويترتب عليه تلوث الهواء المحيط بالتربة وتلوث إشعاعي للتربة نتيجة تساقط جسيمات مشعة إلى التربة تنتقل مع مغذيات التربة للنبات ومن ثم إلى الحيوان والإنسان عند التغذية عليها0 كما تسبب الأمطار الحامضية تأثيراً سيئا وتلوثاً للتربة حيث تتفاعل مع بعض مكونات التربة القلوية وتعادلها كما تساعد على تفتيت كثير من الصخور، بالإضافة إلى الآثار السيئة الأخرى السابق ذكرها في تلوث الهواء0 وبصفة عامة فإن تلوث التربة يشمل التأثير السيئ على صحة الإنسان والحيوان والنبات وكذلك الإضرار بالمباني المقامة عليها وتلويث المياه الجوفية والمياه الحرة0 ويحدث التلوث فقط عندما تركيز الملوثات في التربة نتيجة النشاط الإنساني أكبر من التركيز الطبيعي لهذه المواد في التربة وبهذا يكون لهذه المواد تأثير سيئ على البيئة وعناصرها0

ومن وجهة نظر صحة الإنسان والحيوان والنبات فإن التربة لا تعتبر ملوثة إلا إذا وصل تركيز الملوثات بها إلى الحد الحرج الذي تتأثر عنده العمليات البيولوجية0 كما أن تلوث التربة يتلف طبقة التربة الرقيقة السطحية الخصبة التي تغطي الكثير من أراضي الكرة الأرضية والتي تعد ضرورية لزراعة المواد الغذائية، ولقد إستغرقت العمليات الطبيعية آلاف السنين لتكوين التربة الصالحة للزراعة لكن التعامل غير المرشد يمكن أن يتلف هذه التربة خلال سنوات قليلة 0

أهم مصادر تلوث التربة الزراعية

يمكن حصر مصادر تلوث التربة الزراعية فى المصادر الآتية:-

1) الكيماويات الزراعية من أسمدة ومبيدات
2) الصرف الصحي
3) الصرف الصناعي
4) الري غير المرشد بمياه تقليدية أو غير تقليدية

5) دفن النفايات المختلفة

6) الإشعاع النووي

وفيما يلى سوف نستعرض كلاً من النقاط الآتية:-

1. التلوث بالكيماويات الزراعية من أسمدة ومبيدات:

أولاً: التلوث بالأسمدة الكيماوية:

بدأ الإنسان منذ قديم الزمان في إستخدام الأسمدة في الزراعة لتأثيرها الفعال على خصوبة التربة وزيادة المحصول وكانت الأسمدة القديمة من النوع العضوي الذي يتمثل في مخلفات الحيوانات وبقايا النباتات حيث تتحلل ببطء بفعل الكائنات الدقيقة بالتربة0 وفي الوقت الحديث ومع إتباع أسلوب الزراعة المكثفة أصبح هناك إستنزاف مستمر للعناصر الغذائية الموجودة بالتربة وخاصة النيتروجين0 ومع قلة إستخدام الأسمدة العضوية والإتجاه نحو إستخدام الأسمدة الكيماوية وخاصة النيتروجينية قد أدى إلى التلوث بالنترات0 تقوم البكتيريا والكائنات الدقيقة بالتربة بتحويل المواد النيتروجينية في هذه الأسمدة إلى نترات ونيتريت وهذا يزيد من خطر تلوث التربة بالنترات، وفي نفس الوقت يمتص النبات جزءاً منها ويتبقى الجزء الأكبر في التربة ومائها ويقوم النبات بإمتصاص كلتا الصورتين (النترات والأمونيوم) كمصدر للنيتروجين ويحوله حيويا إلى مركبات نيتروجينية (بروتينية) لبناء جسمه0 لكن النترات والنيتريت بصورتهما الأيونية عند تراكمها أو تراكم أي منهما في أجسام النباتات يؤدي إلى أضرار0 ويتم التراكم في الأوراق والجذور وينتج عنه تغير في طعم الخضراوات والفواكه وتغير ألوانها ورائحتها0 ومن أمثلة النباتات التي تخزن في أجسامها وأنسجتها نسبة عالية من النترات وقدر صغير من أيون النيتريت (الذي ينتج من إختزال النترات) بعض أنواع البقول والفجل والجذر والخيار والفاصوليا الخضراء والسبانخ0 ويحدث تحول النترات إلى نيتريت في أنسجة النباتات بواسطة أنزيم Nitrate reducatase الذي يوجد في كثير من النباتات لكنه لا يوجد في أجسام الحيوانات والإنسان لذلك تم الإضرار بالإنسان والحيوان وأكدت العلاقة بين تراكم النترات وسرطان المعدة وأنه أحد الأسباب المباشرة في إصابة الإنسان بهذا السرطان ويحدث الإنتقال للنترات أو النيتريت إلى جسم الإنسان عبر السلاسل الغذائية وتسبب له نوعان من فقر الدم عند الأطفال (أنيميا الميثاموجلوبين) وحالات وفيات بين الأطفال الرضع خاصة الذين يرضعون رضاعة صناعية بصفة كاملة، وسرطان البلعوم والمثانة والمعدة عند الكبار0

أيضا حالات الإصابة المميتة عند أفراد من مجتمعات تستعمل مياه شرب يزيد تركيز النترات فيها عن 50 مجم / لتر0 أيضا تلك الأسمدة تعمل على تكوين طبقة غير مسامية في أثناء سقوط الأمطار الغزيرة ومن ثم لا يتم تصريف المياه خلال الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة ويؤثر ذلك سلبا على جذور النباتات0 كما تبين أيضا أن هذه الأسمدة تسبب في عجز النبات عن إمتصاص بعض العناصر الغذائية الأخرى الموجودة في التربة0 وقد عكفت كثير من الجامعات ودوائر البحث العلمي في العالم على دراسة هذا الأمر خاصة من ناحية اختزال النترات وتحولاته من جهة وتراكم النترات والنتريت بأنسجة النبات من جهة أخرى0 وقد قرروا كنتيجة لهذه الدراسات أن تراكم النترات حدث طبيعي ينتج عن النترات الممتص الذي لم يختزل أو يتحول إلى مركبات نيتروجينية عضوية0 ويحكم هذا التراكم ودرجة التراكم العوامل الوراثية والبيئية كما يختلف حسب أجزاء النبات والنمو والتحول من طور لآخر فهو مثلاً أعلى ما يكون في أعناق الأوراق وأقلها في الجذور وأجزاء الزهرة والثمار والحبوب وهو في النباتات الصغيرة والغضة أعلى من المسنه والناضجة والجافة0

ويأتي تلوث التربة بالأسمدة الكيماوية بصفة عامة من الإسراف أو وضع كميات من الأسمدة بطريقة غير محسوبة فيؤدي إلى تبقي جزء كبير منها في التربة وهو الجزء الزائد عن حاجة النبات والذي يعتبر أيضا إسرافاً لا مبرر له من الناحية الإقتصادية، لأنه عند الري جزء كبير يذوب في المياه ويتم غسيله من التربة بمرور الوقت ليصل إلى المياه الجوفية في باطن الأرض ويعمل على تلويثها0 أيضا التسميد المسرف يرفع نسبة كل من مركبات الفوسفور والنترات في هذه المياه كما تشترك مياه الأمطار أيضا في نقل هذه الأسمدة من التربة إلى المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية مثل الأنهار والبحيرات0 ومركبات الفوسفات أو الفوسفور مركبات ثابتة من الناحية الكيماوية تزيد نسبتها في المياه الواردة من الأرض الزراعية عن الواردة عن طريق مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي ولذلك فإن آثارها تبقى في التربة زمناً طويلاً لثباتها ولا يمكن التخلص منها بسهولة0 كما أنها تتصف بأثرها السام على كل من الإنسان والحيوان, كما أنها تزداد نسبتها في المجاري المائية، والمياه الجوفية مما يعتبر أمر غير مرغوب ويؤدي إلى عواقب وخيمة0 كما أن مصانع إنتاج هذه الأسمدة، والمخصبات الكيماوية تطلق في البيئة العديد من الملوثات مثل مصانع الأسمدة الأوزونية التي تطلق غازات الأمونيا والأكاسيد النيتروجينية بالإضافة إلى عوادم غازية أخرى0 وتطلق مصانع الأسمدة الفوسفاتية غازات أكاسيد الكبريت والتي تسبب مع أكاسيد النيتروجين الأمطار الحامضية0

التوصيات والممارسات الزراعية الهامة للحد من تلوث البيئة وتحسين كفاءة استخدام الأسمدة

يجب أن يكون الهدف من إستخدام الأسمدة هو زيادة إنتاج الغذاء مع المحافظة على خصوبة التربة وزيادتها إن أمكن فيزيائياً وكيميائياً وبيولوجياً مع الحد من التلوث البيئي وتحسين نظام إستخدام السماد لزيادة العائد0 وفي هذا الإطار يجب تطوير إستراتيجيات متكاملة تشمل التكنولوجيا الزراعية المناسبة، والتسميد، والري، وإختيار الأصناف ذات الكفاءة العالية، وعوامل الإنتاج الأخرى، والتعامل معها كخدمة متكاملة 0

ونلخص هذه التوصيات في أنه يجب قبل إضافة الأسمدة للأرض تقدير حاجة هذه الأرض للسماد وذلك بعمل تحليل للتربة، ومعرفة محتواها من العناصر الغذائية ومدى النقص في بعض العناصر وتقدير هذا النقص، ومعرفة حالة الأرض، ومصدر المياه، ومدى كفايته، ومدى صلاحيته للري، ووصف حالة النباتات النامية، وما عليها من أعراض، ومعرفة كثافة الحشائش التي تنافس النباتات0 وأيضا دراسة قطاع الأرض لمعرفة هل بها عائق يمنع النمو الطبيعي للجذور وتختلف حالة كل أرض عن الأخرى في إحتياجاتها من التسميد كما يختلف أيضا تبعا للمحصول المنزرع0 أيضاً يجب إضافة السماد وتوفيره في الميعاد المناسب لطور النمو حتى يستفيد به النبات الاستفادة الكاملة0 ومن جانب آخر يجب إستخدام الأسمدة العضوية والمعدنية جنبًا إلى جنب لأن السماد العضوي له تأثير إيجابي على خواص التربة الطبيعية والبيولوجية0 ولا شك فى أن إضافة السماد النيتروجيني على عدة دفعات له أهمية قصوى، وتتوقف على نوع المحصول ونوع التربة وخلطه بالتربة والري مباشرة بعد دفنه بها حتى لا يفقد السماد0 أيضاً إستخدام الأسمدة في صورتها المناسبة للأرض فمثلا استخدام الأسمدة النيتروجينية بطيئة الذوبان مثل اليوريا فورمالدهيد (35 – 38 % نيتروجين)، وهذه المركبات تقاوم الفقد بالغسيل خاصة في الأراضي الرملية0 ومن المعاملات التي تقلل من غسيل النترات وبالتالي الإقلال من تلوث المياه الجوفية عبر الوسائل الآتية:-

أ- استخدام السماد النيتروجيني في الموعد المناسب والكمية المناسبة

ب- ضبط كمية مياه الري بدون زيادة

ج- إضافة السماد على جرعات تبعا لنوع المحصول وخواص التربة

ء- زراعة محاصيل ذات مجموع جذري عميق

وجديرُ بالذكر أن 10 – 15 % فقط من السماد الفوسفاتي المضاف تكون ميسرة للنبات، والباقي يفقد نتيجة تثبيته على حبيبات التربة لذا يجب إضافته تكبشا، أو سرسبة في بطن الخطوط وخلطها بالتربة على عمق لا يقل عن 15 – 20 سم حتى تكون ميسرة لجذور النبات0 لحماية المياه السطحية من التلوث بالأسمدة يجب تجنب إضافة الأسمدة بالقرب منها بمسافة 10 م تقريبا0

ويجب أيضاً مراعاة النقاط الآتية:-

1- الإهتمام بالتسميد المتوازن للحصول على محصول مرتفع ومنتج ذو مواصفات جيدة وعدم حدوث فقد للسماد المضاف وتجنب حدوث التلوث البيئي0

2- الإهتمام بالتسميد المتوازن للعناصر الصغرى ومراعاة تركيز عنصري النحاس والبورون حيث يمكن أن يحدث تلوث للبيئة بهذين العنصرين0

3- إستخدام محراث مناسب بعمق مناسب لخلط الأسمدة حيث يؤدي استخدام محراث تحت التربة العميق إلى أبعاد الأسمدة عن منطقة الجذور وتعرضها للغسيل0

4- إستخدام التسميد الحيوي Biofertilization حيث توفر هذه الأسمدة من كميات الأسمدة النيتروجينية المضافة 25 % وأيضا الأسمدة الفوسفائية0

5- التسميد من خلال مياه الري حيث أثبتت هذه الطريقة كفاءتها وأنها أكثر فاعلية لكل من المياه والأسمدة 0

وخلاصة القول يعتبر التسميد الصحيح بيئياً حاجة ملحة ليس فقط لحماية البيئة (هواء – ماء – تربة) من التلوث بالأسمدة لكن أيضاً لزيادة كفاءة الأسمدة وتجنب الخسائر الإقتصادية الناتجة من الإسراف في التسميد 0

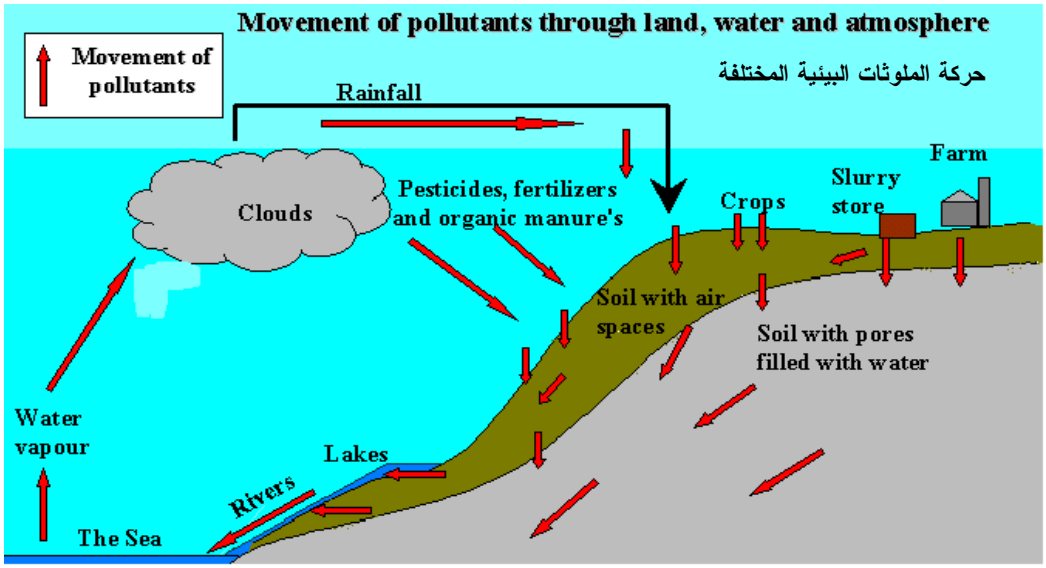
ثانياً: التلوث بالمبيدات

قد إستخدم الإنسان منذ القدم أنواعاً من المبيدات الحشرية لزيادة الإنتاج الزراعي فقد إستخدم الصينيون مبيدات للحشرات تتألف من الكلس والرماد وخلاصات نباتية، وذلك سنة 1200 ق.م0 كما إستخدموا الزرنيخ للغرض نفسه كما تم استخدام نبات التبغ لمقاومة بق الكمثرى، وكذلك عرف الفرس البيرثرم (المستخرج من نبات الكرايزين)، وإستخدموه على

نطاق واسع كمبيد حشري0 وفى عام 1874م تمكن العالم الألماني زيدلر من تحضير مركب الـــ د.د.ت بالإضافة إلى مجموعة مركبات أخرى ذات فعالية كبيرة0 وقد عرفت فاعلية المبيد الحشري الـــ د.د.ت على الآفات الزراعية، وعلى الحشرات الناقلة للأمراض مثل البعوض وغيره بعد حوالي 65 سنة من إكتشافه، وذلك بواسطة أحد الباحثين السويسريين، وقد حضر هذه المادة وكشف عن أهميتها العالم بايل مولار عام 1939م في مصانع جى جى بسويسرا ونال عليها جائزة نوبل عام 1948م0 وبذلك بدأ إنتشارها وإزدادت إنتاجيتها حتى وصل إنتاج العالم في سنة 1970م إلى 1500 ألف طن، وفى نهاية 1985م وصل الإنتاج إلى 2500 ألف طن، ويعتبر إنتاج المبيدات الحشرية آنذاك المنقذ الفعال من مختلف الآفات الحشرية التي تضر بالإنسان وحيواناته بل ونباتاته (شكل 9)0 ولكن للأسف فكثيراً ما كان لها نتائج خطيرة خاصة وأن تحللها بطئ، وبالتالي يزداد تركيزها من عام إلى عام سواء في التربة أو الماء أو أجسام الكائنات الحية لدرجة أن الكثير من الباحثين يعتبرون أن الوسط أصبح ملوثاً بهذه المبيدات الكيميائية، وكان أول من أشار إلى خطر هذه المواد هو Salman عام 1953م و Ripper عام 1969م0

شكل (9) يوضح تلوث التربة والهواء بإستخدام المبيدات الزراعية المسخدمة فى الأراضى الزراعية

وعلى ضوء هذه البحوث تجمعت الكثير من الحقائق عن تأثير المبيدات وخاصة د.د.ت وغيرها على الخلايا العصبية، وعلى إستجلاب الهرمونات الجنسية للحيوانات الفقارية، ومن ضمنها الإنسان0 ولذلك يعتبر Werster 1969م، Odum 1971م أن هذه المواد يجب أن لا تستعمل أكثر من مرتين، كما أنه لابد من إستبدالها بطرق أخرى غير ملوثة للبيئة أو الوسط الذي نعيش فيه0 وتؤدى هذه المواد إلى تطور غير طبيعي لكثير من الكائنات الحية ذات الأهمية الإقتصادية والتي تعيش في الماء، كما تؤدى إلى تقليل شدة التركيب الضوئي بشكل كبير في الفيتوبلانتكون Phytoplanikton الذي يؤدى بدوره إلى اضطراب التوازن الغازي في الماء " نقص كمية الأكسجين " وبذلك يسبب أضراراً للبيئة المائية وأحيائها0



شكل (10) يوضح حركة الملوثات البيئية المختلفة فى النظام البيئى من تربة وماء وهواء

ويعتقد الباحثون أنه نتيجة لإزدياد تركيز هذه المواد في جسم الإنسان فسوف تظهر في القريب العاجل تغيرات سيئة لدى الإنسان، والتي أكدتها تجارب الباحثين في مختبراتهم على حيوانات التجارب0 وفيما يلي مثال على ازدياد تركيز هذه المواد عند انتقالها بالسلسلة الغذائية للمبيد الحشري الـــ د.د.ت0

لقد أدى إستعمال مبيد الـــ د.د.ت في الولايات المتحدة الأمريكية إلـــى القضـــاء عـــى البعوض في مستنقعات Long Island حيث رشت هذه المستنقعات لعدة سنوات متتالية، وكان تركيز المبيد الـــ د.د.ت قليلاً حتى لا يؤثر على الكائنات المائية المتواجدة هناك ولكن عنـــد إستعمال هذه المواد الكيميائية غاب عن أذهان الباحثين أنها صعبة التفكك، وتبقى فترة زمنية طويلة محتفظة بسميتها، وقد تم إمتصاص هذه المواد الكيميائية من قبل النباتات الموجودة في

المستنقعات ثم إنتقلت إلى الأسماك التي تعيش على حساب النباتات وبعدها إنتقلت إلى نسيج الحيوانات المفترسة التي تأتى في قمة السلسلة الغذائية كالطيور آكلة الأسماك (شكل 11،10)، وكان تركيز هذه المواد يزداد في أجسام الحيوانات المفترسة فيما يعرف بظاهرة التكبير الحيوي البيولوجى، ونتج عن ذلك موت جماعات منها، وجدول (2) يوضح تلك التركيزات وإنتقالها بالسلسلة الغذائية (Werster 1996م و Odam 1971م) .

جدول (2): انتقال المبيدات الحشرية بالسلسلة الغذائية لمبيد الـ د.د.ت

تركيزالـ د.د.ت فى سلسلة الغذاء	
الكائن الحى	**التركيز PPM**
المـاء	**0.0005**
البلانكتون	**0.04**
نوع من السمك	**0.23**
نوع من السمك	**0.94**
سمك مفترس	**1.83**
سمك مفترس	**2.07**
مالك الحزين (يتغذى على السمك)	**3.57**
طائر يتغذى على السمك	**3.91**
دجـاج الماء	**6.00**
بيوض صقر يأكل الأسماك	**6.00**
الإوز المتوج	**22.8**
غراب الماء	**26.4**

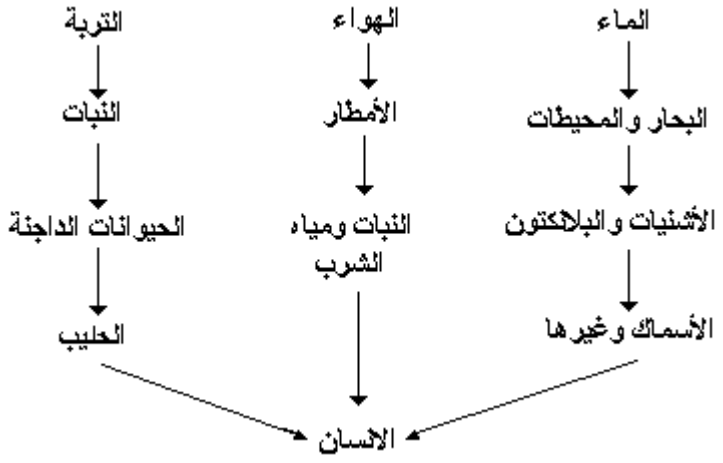
ويلاحظ من الجدول السابق أن تركيز هذه المواد يزداد تدريجياً، وقد تبين أن لهذه الزيادة آثار خطيرة على تلك الكائنات الحية والبيئة نذكر منها الآتي:

1- يقل البناء الضوئي في النباتات المائية، ومع ذلك فإنه لا يؤثر على كمية الأكسجين في الجو لكنه قد يؤثر على المصادر الغذائية للإنسان حيث أن هذه الكائنات توجد في أسفل السلسلة الغذائية0

2- يؤثر المبيد الحشري الـ د.د.ت على تكاثر بعض الحيوانات كالطيور البحرية عن طريق التأثير على هرمونات الجنس مما يؤدى إلى أن تضع هذه الطيور بيضاً رقيق القشرة، وقد

أدى ذلك فعلاً إلى نقص في تعداد بعض أجناس هذه الحيوانات إلى حـــد إنقـــراض هـــذه الأجناس0

3- يوجد المبيد الحشري الـــ د.د.ت في بعض أسماك البحار بكميات تقترب من الكميات التي تسبب قتلاً جماعياً لهذه الأسماك0 ويعتبر تحريم أو منع استيراد مثل هذه المبيدات أمراً هاماً، حيث أن هذه المبيدات لا تتحلل في المحيط الحيوي بسهولة0



شكل (11) يوضح التأثير الغير مباشر لتلوث الماء والهواء والتربة على الإنسان

مصادر تلوث البيئة بالمبيدات الحشرية الكيميائية

تتعدد مصادر تلوث البيئة في البلدان النامية المستوردة لتلك المبيدات، وسوف نحصر أهمها في النقاط التالية:-

1- استخدام وتداول المبيدات عشوائياً:

مما يؤسف له أن كثير من المزارعين يستخدمون تلك المبيدات دون علمهم بنوع المبيد ولا الاسم التجاري المستخدم بالإضافة إلى ذلك لا يعتمدون على الجرعة الموصى بها من قبل الشركات المنتجة للمبيدات0 ويرجع هذا إلى جهل بعض المزارعين بالقراءة والكتابة، ولكـــن إذا إتبع المزارع التعليمات الموصى بها من قبل الشركات المنتجة للمبيدات، وكذلك توصيات مراكز الإرشاد الزراعي سيساعد في التقليل من عشوائية الاســـتخدام، علمـــاً بـــأن بعـــض المزارعين يتعمدون إضافة المزيد من المبيدات لاعتقادهم أنه كلما زاد التركيـــز زاد التـــأثير والفاعلية مما يزيد من تلوث البيئة0

2- المبيدات المحظور استخدامها محلياً ودولياً:

هذه الظاهرة ذات شهرة ورواج كبير في البلدان النامية حيث أن هذه البلـــدان تعتبـــر سوقاً لتصريف تلك المركبات الكيميائية السامة ومع أن بلادنا تقوم بتحريم تداول هذه المبيدات إلا أن المنع والتحريم لا يجد طريقه إلى عصابات التهريب والاتجار بالمواد الكيميائية القاتلة مما قد يسبب حالة تسمم ووفاة بين مستخدميها، ويؤدى إلى أضرار بالغة ومدمرة للبيئة، وقـــد تم إعداد وإصدار تقرير بالمبيدات المسموح وغير المسموح باستخدامها، وقد صـــنفت تلـــك المبيدات في دوائر وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي0

3- الحالات الطارئة أو المفاجئة:

هي الحالات التي يتم فيها انتشار المبيدات في البيئة حال حدوث انفجارات أو انتشـــار أو تسرب للمبيدات من مصانع إنتاجها ومراكز تخزينها، وتشير الدراســـات إلـــى أن هنـــاك حوادث حدثت بالفعل في عام 1976م في مدينة Sevose الإيطالية، وذلـــك أثـــر عمليـــات التصنيع الغير سليمة (تصنيع مادة ترى كلورفينول 2،4،5) حيث أدت تلك الحـــوادث إلـــى تحرر مادة (2،3،7،8 تتراكلوروا دينزوا ديوكسين 2،3،7،8) (TCDD) في الهواء مما تطلب الأمر تهجير أهالي المنطقة بكاملها وبذل جهود كبيرة للسيطرة على التلوث ونتيجة لمثل هذه الملوثات يتعرض الكثير من البشر للإصابة بالعاهات المختلفة والأمراض المزمنة بسبب تسرب المواد السامة من تلك المصانع المنتجة للمبيدات0

4- المبيدات القديمة:

كمبيدات مكافحة الجراد الصحراوي والتي بقيت بعض الكميات منها بدون إستخدام، وذلك نظراً لإنحسار حالة الجراد الصحراوي في المنطقة العربية إضافة إلى وجود أنواع أخرى من المبيدات المختلفة دخلت البلاد عبر مشاريع ثنائية أو مساعدات أو عينات للتجارب، مما جعلها مصدراً ملوثاً نتيجة لمرور فترة زمنية طويلة دون أن تستخدم أو تعدم مما أدى لتحلل البراميل التي تحتويها بفعل موادها الكيميائية0 وتكمن خطورتها في حال تخزينها في مستودعات غير مراقبة فنيا وغير ملائمة حيث تعتبر هذه المبيدات أحد مصادر التلوث وخاصة إذا تسربت إلى التربة بفعل الجاذبية الأرضية مما يخشى أن تصل إلى المخزون الجوفي للمياه في هذه المنطقة وتلوثها**0**

ويمكن القول أن المبيدات هي مجموعة من العوامل الفيزيائية أو البيولوجية أو الكيميائية التي تستعمل في عمليات التخلص من نوع معين من الكائنات الحية0 ويمكن تأثير المبيد في

تعطيل العمليات الحيوية الهامة التي تحدث في جسم الكائن الحي فتؤدي في النهاية إلى موته0 وقد عرف الإنسان عدة عوامل فيزيائية للقضاء على الميكروبات الضارة مثل تسخين السوائل لدرجة الغليان لفترات كافية أو البسترة0 كما إستعمل أشعة X والأشعة فوق البنفسجية في التعقيم أما العوامل البيولوجية فأهمها إستعمال كائن معين في القضاء على كائن أخر ضار0 والمبيدات الكيمائية هي الأكثر إنتشارا كمبيدات للآفات وهي مواد إما أن تكون طبيعية مستخلصة من أنواع معينة من النباتات مثل النيكوتين المستخرجة من نبات التبغ أو مادة كيمائية عضوية أو غير عضوية0 فقد استخدم الإنسان في بادئ الأمر بجانب المتخلصات النباتية الطبيعية بعض الأملاح غير العضوية كمبيدات مثل الزرنيخ (زرنيخات الرصاص, زرنيخات الكالسيوم)0 وقد انتشر إستعمال هذه المركبات بين عامي 1930 و 1950 كما تم إستخدام كبريتات النحاس بمفردها أو مخلوطة بملح من أملاح الزرنيخيت0

كما عرف الإنسان خواص عنصر الكبريت القاتلة للآفات فاستعمله بعد سحقه أو بعد حرقه ليتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت وهو مبيد حشري وقطري قوي0 كما استعمل أيضا الأملاح غير العضوية للفلوريد مثل فلوريد الصوديوم Na F في إبادة النمل واستعمل حمض البوريك في إبادة الصراصير وإستعملت بعض أنواع المبيدات على الصورة الغازية مثل سيانيد الهيدروجين وهو مبيد للفطريات والحشرات التي تصيب أشجار الفاكهة0 والمبيدات بجانب دورها الهام في القضاء على الآفات فإنها تعتبر من أهم ملوثات البيئة وخاصة التربة الزراعية وقد ترش المبيدات للقضاء على الآفات وقد يصل الأمر لرش التربة نفسها وبالنسبة للقطاع الزراعي المبيدات اصطلاح يطلق على كل مادة كيمائية تستعمل لمقاومة الآفات الحشرية أو الفطرية أو الحشائش وأية آفة أخرى تلتهم المزروعات أو تضربها أو تضر بالإنسان في غذائه وكسائه0

الأضرار الناتجة عن الإسراف في إستخدام المبيدات

1- يؤدي الإسراف في استخدام المبيدات إلى تلوث التربة الزراعية وإلى فقدان التوازن الطبيعي في البيئة بين الآفات والأعداد الطبيعية لها ومن أمثلة ذلك:

2- إنتشار آفات العنكبوت الأحمر ودودة اللوز في مصر بعد الإسراف الشديد في استخدام بعض المبيدات الحشرية مما أدى لقتل الأعداد الطبيعية لهذه الآفات0

3.- موت أعداد كبيرة من الحيوانات نتيجة التسمم بالمبيدات والتي استعملت بتركيزات عالية لمقاومة دودة ورق القطن كما يمكن أن تصاب بالتسمم نتيجة تغذيتها على النباتات الملوثة 0

4- يؤدي الإسراف إلى تلوث الهواء والماء والتربة فهي تلوث التربة وينتقل هذا التلوث عن طريق مياه المطر والصرف الزراعي إلى المجاري المائية فتسبب قتل الكثير من الكائنات الدقيقة التي تعيش في المياه الطبيعية وهذه الكائنات لها دور هام في حفظ التوازن الطبيعي للبيئة إذ أنها عن طريق عمليات التمثيل الضوئي التي تقوم بها تحافظ على نسبة الأكسجين الذائبة في الماء0

5- تتجمع المبيدات بطريقة تراكمية في أجسام الأسماك التي تعيش في مياه ملوثة بالمبيدات مسببة موتها إذا وصل التلوث للمستوى القاتل أو ينتقل للإنسان عند تناوله للأسماك الملوثة بالمبيدات كما يتسرب جزء من المياه الملوثة إلى طبقات الأرض السفلى فيسبب تلوث المياه الجوفية0

6- يؤدي الإسراف في استخدام المبيدات إلى خلل التوازن البيئي عن طريق عدم تميزها بين كائن وآخر فهي تصيب كل ما يتعرض لها بالأضرار ولكن تختلف هذه الأضرار من كائن لآخر ويزداد الضرر بزيادة تركيز المبيد ومدة التعرض له0

7- يصاب الإنسان بأضرار بالغة بسبب تناول المنتجات الزراعية الملوثة مثل الخضر والفاكهة واللحوم واللبن والبيض ويزداد هنا التأثير بالنسبة لعمال المصانع المنتجة للمبيدات والعمال الزراعيون الذين توكل لهم مهمة رش الأراضي الزراعية0

8- تؤثر المبيدات على الأحياء الدقيقة التي تعيش في التربة فتهلك بعضها بينما البعض الآخر يتحمل مستويات أعلى ويحللها ويقلل من فاعليتها ويؤدي تلوث التربة بالمبيدات إلى إهلاك الكائنات مثل النمل والديدان وبعض الحشرات والأحياء والتي تعد أعداد طبيعية للعديد من الآفات التي تصيب المزروعات0

9- يأتي الضرر البيئي لهذه المبيدات أيضاً من أن أغلبها مركبات حلقية بطيئة التحلل ولاحتواء بعضها على عناصر ثقيلة ذات درجة سمية عالية كما أن زيادة نواتج تكسرها يزيد من تركيز وتراكم كميات الكلور والفوسفور والنترات عن الحد المسموح به في

البيئة الزراعية ومنها الحيوانات أو الإنسان، وفضلاً عن ذلك فهي ذات تأثير سلبي على إنتاجية النبات0

10- أدى الإستخدام الغير مرشد لتلك المبيدات وعدم إتباع سبل الوقاية اللازمة منها على المدى الطويل إلى تعريض الأراضي الزراعية إلى كم هائل من أنواع المبيدات وتراكمها مما أثر سلبا على تركيبة هذه التربة وخواصها0

11- ظهور ظاهرة المقاومة للمبيدات0

أهم عوامل وأسباب التلوث بالمبيدات:

1. نوع المبيد:

يختلف تأثير المبيد الملوث للتربة بإختلاف نوع المبيد ذاته كما تختلف فترة بقاء المبيد في التربة تبعاً لنوع المبيد وتركيبه وجدول (3) يوضح بعض أنواع المبيدات الشائعة الاستخدام وفترات بقائها في التربة0

جدول (3): بعض أمثلة المبيدات البسيطة التى تبين فترة بقاء بعض المبيدات في التربة

المبيد	نوعه	فترة نصف عمر المبيد
الدرين	هيدروكربون مكلور	شهران
كاربارايل	كربمات	شهر
مالاثيون	فوسفوري عضوي	20 يوما

2- درجة ذوبان المبيد:

تلعب درجة ذوبان المبيد دورا رئيسيا في مدى بقاؤه في التربة حيث تميل المبيدات قليلة الذوبان في الماء إلى البقاء في التربة فترة أطول من المبيدات كثيرة الذوبان، فعلى سبيل المثال يمكن لمبيد DDT أن يبقى في الأرض 30 سنة بسبب قلة درجة ذوبانه وتبلغ 0.0012 جزء في المليون، بينما على العكس يمكث مبيد الكاربوفويوران في الأرض لمدة أسبوع لأن درجة ذوبانه في الماء عالية وتصل إلى 250 جزء في المليون0

3- كمية المبيد وأسلوب إستخدامه:

من الثابت علمياُ أنه كلما زادت كمية المبيد المضافة إلى التربة الزراعية كلما زادت درجة تلوثه للتربة والنبات كما أن طريقة إضافة المبيد في حالة سائلة أو صلبة تلعب دوراً كبيرا في تحديد مدة بقاءه في الأرض كذلك فإن طريقة إضافته سواء أكانت مباشرة للأرض أو عن طريق رش النبات تؤثر على درجة تلويث المبيد للتربة والنبات0 وقد وجد أن تركيز المبيدات التي ترش بالطائرات يكون أقل بكثير من تلك التي تضاف إلى التربة بالطرق المختلفة0 كذلك وجد أنه إذا أضيف المبيد إلى الأرض مباشرة فإن كمية خاصة في سطح التربة تكون أكبر إذا تم نثره مقارنة بتعفيره مع التربة أثناء الحرث0 وكذلك تميل المبيدات المحببة إلى التركيز في مناطق محددة من التربة مقارنة بالمساحيق التي تتوزع على جزء كبير منها0 إضافة لذلك تتيح المبيدات المضافة للبذور أو المضافة على خطوط الزراعة فرض أكبر للتركيز في النبات مقارنة بالأرض0

4- حرث التربة:

يؤدي حرث التربة إلى زيادة سرعة إختفاء المبيدات منها0

5- رطوبة التربة:

إن مقدار الرطوبة في التربة تأثيراً على مكث المبيدات منها فقد إتضح أن الماء يزيح الألدرين من حبيبات التربة مما يؤدي إلى تبخير مقدار كبير منه وبالتالي سرعة هروبه وهكذا يعتبر التبخير أحد منافذ الهروب الرئيسية لكل من الألدرين والهبتاكلور0

6- درجة حرارة التربة:

تؤثر درجة حرارة التربة تأثيراً إيجابياً على سرعة تبخر المبيد وعدم بقاءه بين حبيبات التربة فكلما زادت درجة حرارة التربة زادت سرعة تبخر المبيد وهروبه من التربة0

7- العوامل الجوية:

يتأثر تراكم المبيد وبقاءه في التربة بحالة الجو مثل الضوء ودرجة الحرارة ودرجة الرطوبة والرياح حيث يعتمد تحلل المبيد على كمية الضوء والحرارة اللذان يؤثران على تفاعلات الأكسدة والاختزال والتحلل المائي0 كما أن درجة رطوبة الجو والرياح تعملان على

تعجيل أو إبطاء سرعة تحلل المبيد حسب نوع المبيد ونوع التربة مما يزيد من حجم المشكلة بالنسبة للمبيدات وإستخدامها0

2. التلوث بمخلفات الصرف الصحي

نظراً لقلة الموارد المائية نتيجة أساليب الزراعة الحديثة أدي إلي إستخدام الصرف الصحي المعالج لري الأراضي الزراعية بأنواع مختلفة من المحاصيل0 وتحتوي مياه الصرف الصحي علي مواد عضوية تشمل المخلفات الآدمية والصابون والمنظفات ومواد دهنية وزيتية وشحومات ومواد غذائية ومخلفات ورقية وأخري غير عضوية مثل الرمل والطين والأمونيا وأملاح الأمونيوم والأملاح المعدنية وخاصة الفوسفات والنترات بالإضافة للبكتريا والفيروسات ويتم التخلص منها بإلقاء ها في المجاري المائية كالأنهار والبحيرات مما يسبب أضراراً لنوعية المياه المستخدمة في الري أو إلقاءها في مناطق صحراوية بعيدة عن المدن والسكان وهذا يزيد من التلوث سواء في أماكن هذه البيارات أو في أماكن التخلص منها0

وتعتبر المنظفات الصناعية السائلة والصلبة والتي تشتمل علي منظفات الغسالات والأطباق والمنظفات الخاصة بدوارات المياه والمنظفات المستخدمة في تنظيف وتلميع الموبيليا وغيرها من الملوثات نظراً لتواجدها بمياه المجاري فإنها تصل إلي مياه الأنهار فتظهر علي سطوح مياهها رغاوي تعزل المياه عن الأكسجين الجوي وتضر بالأحياء المائية وتلوث المياه التي عند استخدامها في الري تلوث النبات والتربة معاً0 وكذلك فإن إلقاء نواتج الصرف الصحي دون معالجة في مجري مائي أو في الأراضي يؤدي إلي تحلل المواد العضوية بها وإلي تصاعد روائح كريهة تصاعد غازات منها مثل الميثان والأمونيا و كبريتيد الأيدروجين مما يؤدي إلي تدهور الأراضي والنباتات0

3. التلوث الناتج عن الصرف الصناعي

قد تصب مخلفات المصانع السائلة في مجاري الصرف الصحي أو الصرف الزراعي أو في المجاري العامة للمياه أو يتم التخلص منها في مواقع قريبة من مصانعها أو في الصحراء وفي جميع الأحوال فإن مخلفات المصانع تمثل مشكلة تلوث بيئي0 فالمصانع التي تلقي بمخلفاتها قريبا منها تصبها عادة في أبار عميقة وكثيراً ما تكون في تلك المخلفات سبباً في تلوث المياه الجوفية وإذا دفنت في الأرض فإنها تحدث تلوث للتربة والمياه الجوفية معاً أما

إذا صبت مخلفات المصانع السائلة في مجاري المياه فإنه من الصعوبة تنقيتها ذلك لأن المعالجة العادية للمياه تعتمد علي المواد الصلبة والراسبة والطافية والمواد العالقة ثم تحليل المواد العضوية المتبقية بيولوجياً ثم المعالجة لإبادة الكائنات الحية الدقيقة والتي تنتج الكثير منها عن مياه الصرف الصناعي0 وتحتوي مخلفات الصناعة علي العناصر الثقيلة وهي من أخطر الملوثات التي تصيب التربة الزراعية والتي يتم صرفها في المجاري المائية ويعاد إستخدامها في الري مرة أخري وأهم هذه العناصر الكادميوم والرصاص والزئبق والنيكل والخارصين والزرنيخ والنحاس ويختلف تركيز هذه الملوثات من منطقة لأخرى حسب المصادر التي تشارك في تكوين مياه الصرف في تلك المناطق0 وأيضاً ينتج عن هذه الصناعات كثيراً من المركبات غير عضوية، والتى تعتبر من أهم المواد التي تلوث التربة والماء مثل النترات والفوسفات والفلورايد0

وفيما يلى سنتطرأ ونتحدث قليلاً عن هذة الملوثات بتلك المركبات:-

أ- مركبات النترات والنيتريت

تلوث هذه المركبات التربة والماء على أثر إستعمال الأسمدة الصناعية، وبسبب إختلاط التربة والماء بفضلات الحيوانات والدواجن0 وبسبب تناول الانسان للماء أو الاطعمة الملوثة بالنترات ارتفاع الهيموجلوبين المؤكسد في الدم الذي يؤدي إلى عدم قدرة الهيموجلوبين على توصيل الأكسجين لأنسجة الجسم، ولقد أصاب عدد من الأطفال في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1944م بهذا المرض على اثر شرب مياه آبار ملوثة بمركبات النترات0 ومن أخطرآثار مركبات النيتريت أنها تتفاعل مع المواد الامينية الموجودة في الطعام لتتحول إلى مادة سامة يطلق عليها إسم نيتروزامين وتسبب هذه المادة إصابات في الكبد، والرئة، والجهاز العصبي، كما تعتبر من المواد المسببة لحدوث السرطان وتشوهات الأجنة0

ب- مركبات الفوسفات

تتلوث التربة والماء بمركبات الفوسفات على أثر إستعمال الأسمدة الصناعية التي تحتوي على هذه المركبات في الأغراض الزراعية0 ومن مصادر هذا التلوث أيضاً المنظفات التي تحتوي على مركبات الفوسفات وتختلط بالتربة والماء عن طريق معالجة مياه المجاري، ومن العوامل التي تؤدي إلى إرتفاع نسبة الفوسفات في الماء تحلل المواد النباتية وفضلات الحيوانات0 وينجم عن إرتفاع نسبة الفوسفات في البحيرات والبرك زيادة فنمو الطحالب على

سطح الماء مما يؤثر في صفو الماء ونقائه ويؤدي إلى تلوث الشواطئ0 وبسبب تحلل هذه الطحالب نتيجة إستنفاذ الأكسجين في أعماق المياه، وفي الماء القريب من الشواطئ، وهذا يؤثر تأثيراً سلبياً في الكائنات المائية وفي إستعمال البحيرات في الأغراض الترفيهية0

ج- مركبات الفلورايد

حينما ترتفع نسبة مركبات الفلورايد في مياه الشرب فإنها تؤدي إلى إصابة الإنسان بتبقع الأسنان وإصابات العظام0 ولذلك ينبغي ألا نتجاوز نسبة الفلورايد في ماء الشرب الحد المسموح به لمنع تسوس الأسنان، حيث يترتب على شرب الماء الذي يحتوي على نسبه تتراوح بين 0.8-1.6 حجم لكل لتر لمده طويلة حدوث إصابات الأسنان والهيكل العظمي0

د- الإسبستوس

يدخل الإسبستوس في صناعات بلاط الإرضيات، والورق، والدهانات كما يستخدم في صناعات البلاستيك والنسيج، ويسبب إستعمال الإسبستوس في هذه الصناعات ارتفاع نسبته في الهواء والماء في المناطق الصناعية0 وتجدر الإشارة إلى أن ماء الشرب بالولايات المتحدة الأمريكية قد تلوث بألياف الإسبستوس بسبب إستعمال هذه المادة في أنابيب المياه، وبسبب التلوث البيئي بمخلفات المصانع0 وإذا كان إستنشاق الهواء الملوث بالإسبستوس يسبب الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي، فإن تلوث الماء والغذاء به يساعد على إرتفاع نسبة الإصابة بسرطان المريء والمعدة والبنكرياس والجهاز العظمي والتلوث المعدني من المشاكل المرتبطة بزيادة أنشطة الإنسان الصناعية وتعدده ومن أهم مصادرها:-

1) صناعة الحديد والصلب وهي تسبب التلوث بالمنجنيز والكروم0
2) صناعة صهر المعادن غير الحديدية وهي تسبب التلوث بالزنك والنحاس و الكادميوم والزرنيخ صناعة تكرير البترول تسبب التلوث بالفانديوم والنيكل0
3) صناعة الألومنيوم تسبب تلوث الهواء بعنصر الكالسيوم في صورة سليكات الكالسيوم0
4) صناعة الايروسولات وهي تسبب التلوث بالألومنيوم والنحاس والزنك والكالسيوم والزئبق0

وتلعب صفات التربة الطبيعية والكيمائية دوراً هاماً في أدمصاص العناصر الثقيلة فنجد أن التربة الطينية تميل إلي أدمصاص كمية أكبر من تلك العناصر مقارنة التربة الرملية وأن

العناصر الثقيلة تميل إلي الذوبان في التربة الحامضية أكثر من ذوبانها في التربة القاعدية0 وتجدر الإشارة إلي أن تلك العناصر الثقيلة تصل إلي الأرض (التربة الزراعية) نتيجة تساقط المركبات العالقة لهذه المعادن في الهواء فالرصاص الناتج من عوادم السيارات وآلات الإحتراق الداخلي تتساقط علي التربة والنبات وتلوثتها0

4. الري غير المرشد بمياه تقليدية أو غير تقليدية

يقصد بالمياه التقليدية المياه المستخدمة في الري من مياه نهر النيل وفروعه والترع0 أما المياه الغير تقليدية تشمل إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعي أو مياه الصرف الصحي أو مياه الصرف الصناعي علي المسطحات والمجاري المائية المستخدمة في ري الأراضي الزراعية والتي بدورها تحتوي علي عناصر ثقيلة سامة ومبيدات وأسمدة كيماوية لها تأثير ضار علي التربة كما تم استعراضه سابقاً0 والإستخدام الغير مرشد يقصد به الإسراف في إستخدام هذه المياه حتى ولو كانت معالجة لذلك من أضرار التربة الزراعية وغسيل الأسمدة المضافة والعناصر الغذائية بعيداً عن منطقة الجذور وبالتالي عدم إستفادة النبات منها0 وتعتبر المياه ذات الملوحة العالية من مصادر المياه الغير تقليدية والتي يمكن خلطها مع مياه الأنهار وزراعة نباتات تتحمل الملوحة0 كما يجب الإهتمام بعملية الصرف الزراعي حتى لا يحدث تمليح للتربة وإرتفاع مستوي الماء الأرض مما يضر بالخصوبة وإنخفاض إنتاجية المحاصيل المنزرعة0

5. التلوث بالنفايات المختلفة

أدت الزيادة السكنية مع التقدم التكنولوجي وإرتفاع مستويات المعيشة إلي زيادة في الإستهلاك اليومي مما يوجب التخلص من المخلفات الصلبة والنفايات0 ويعد تجميع النفايات الصلبة مشكلة حيث أنها تحتوي علي القمامة والورق والبلاستيك والزجاج والعلب الفارغة وبقايا المأكولات وعندما تتعرض للأمطار أو لأي مصدر رطوبي تتحلل وتتسرب إلي التربة أو المياه السطحية والجوفية ومن ثم تعمل علي تلويث الماء الجوفي والتربة بالإضافة للغازات المتولدة والناتجة عن تحللها والتي تلوث الهواء، كما أنها تسبب كثير من الأمراض0

6. التلوث بالإشعاع النووي

تعتبر الطاقة النووية مصدراً هاماً للطاقة الكهربائية اللازمة للصناعات والإستخدامات المنزلية0 ويصاحب إستخدام الطاقة النووية تلويث نووي وإشعاعات قاتلة تهدد جميع الكائنات الحية والحيوان والنبات وتدهور خصوبة التربة الزراعية0 وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات علي عدة عوامل منها نوع هذه الإشعاعات وكمية الطاقة الناتجة عنها والزمن الذي يتعرض له الجسم ولهما أثران أثر جسدي والآخر وراثي0 ومن العوامل المسببة للتلوث النووي تجارب تطوير الأسلحة الذرية وزيادة القوة التدميرية وحدوث حوادث للمفاعلات النووية والتي يتم تأثيرها لعدة سنوات وقد أدي إقامة المحطات النووية وإنتشارها في كثير الدول إلي ظهور أحد المشاكل الخطيرة ذات التأثير الضار علي كافة عناصر البيئة من هواء ومياه وتربة زراعية وغيرها وهو ما يعرف بالنفايات النووية0

ويتم التخلص من هذه النفايات النووية بعدة طرق منها دفنها في باطن الأرض أو إلقاءها في مياه البحار والمحيطات مما يؤثر علي التربة والكائنات الحية أو إرسالها إلي الفضاء الخارجي عن طريق الصواريخ للتخلص منها0 وقد حاولت بعض الدول الغربية إستخدام الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا لدفن مخلفاتها المشعة ولكن الدول المحيطة بهذه الصحراء ومنها مصر إعترضت بشدة خوفاً من تلوث المنطقة بالإشعاعات النووية ووصولها إلي المياه الجوفية وقد تم القضاء علي هذه الفكرة نهائياً0

هذا ومن جانباً آخر تعتبر الطاقة النووية مصدراً هاماً للطاقة الكهربائية اللازمة للصناعات والإستخدامات المنزلية0 ويصاحب إستخدام الطاقة النووية تلويث نووي وإشعاعات قاتلة تهدد جميع الكائنات الحية والحيوان والنبات وتدهور خصوبة التربة الزراعية0 وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات علي عدة عوامل منها نوع هذه الإشعاعات وكمية الطاقة الناتجة عنها والزمن الذي يتعرض له الجسم ولهما أثران أثر جسدي والأخر وراثي0

ومن الإستعراض السابق لكل من تلوث الهواء والماء والتربة الزراعية يتضح لنا أنه لا يمكن فصل أحد مكونات البيئة لأنه ينعكس أثره علي المكونات الأخرى ويؤدي في النهاية إلي خلل في التوازن البيئي سواء بالتأثير علي الكائنات الحية الدقيقة أو الحيوان أو الإنسان علي قائمة السلسة الغذائية وبالتالي حماية البيئة من التلوث والوعي الثقافي بذلك لكل أنماط المجتمع له فائدة كبيرة في هذا المجال وذلك لآن الضرر لا ينجو منه أحد بل يستمر أيضاً للأجيال التالية0

الباب الخامس

السيطرة على التلوث البيئى
Environmantal Pollution Overcoming

لاشك أن معالجة مياه الصرف الصناعى والزراعى والصحى والتربة أصبح ضرورة ملحة، خاصة عندما تؤثر على النظام البيئى ككل بشكل واضح0 وتساعد فى الحد من المشاكل البيئية التى تتفاقم شيئاً فشيئاً0 ويجب على الكل أن يتضافر سوياً وبذل الجهود للقيام بمعالجة مياه الصرف والتربة بأنواعهم المختلفة بأقل تكلفة والتى تصل بها إلى الحدود المناسبة للصرف على المياه المستقبلة لها والتى يمكن تحديدها من خلال الدراسة والبحث والتجارب الإستكشافية0

وإن التخطيط المستقبل لهذه المشكلة سيوفر الوقت اللازم لاتخاذ القرارات المناسبة، وبالعكس، فإن التقصير فى التخطيط لتقليل تكاليف معالجة المياه والتربة فيمكن أن يؤدى إلى إحتياج مفاجئ لحل سريع مثلاً مما يؤدى بالصناعة إلى قرار بوقف الإنتاج0 لقد كان وعي العامة تجاه التحكم فى التلوث ضعيفا خلال النصف الأول من القرن العشرين، وقد شهد تحولاً جذرياً فى بداية السبعينيات كجزء من التطور فى إهتمامات الرأي العام فيما يتعلق بالحفاظ على البيئة0 إن إهتمام المجتمع الحقيقي بالبيئة على المدى الطويل مطلوب لتحقيق تغيير فى مفهوم العامة للحفاظ على البيئة0 وسيتطلب ذلك أيضا تغيرات جذرية فى إتجاهاتنا السياسية والإجتماعية والتشريعية بالإضافة إلى الإقتصادية فى مجال التحكم فى التلوث الصناعى والزراعى بالإضافة إلى التطورات التكنولوجية الحديثة0 وللوقاية من أي أضرار صحية فى مجرى المياه المستقبلة لمياه الصرف الصناعى والزراعى والصحى0 فإنه يجب معالجة مياه الصرف جيدا قبل ضخها بحيث تتوافق مع متطلبات القوانين المحددة لخصائص المياه للصرف على المجاري المائية0 ويجب فى مرحلة التخطيط والتنمية إعطاء أولوية قصوى لمعايير حماية الأرض والموارد المائية وسلامة الأحياء المائية فى الأنهار والمجارى المائية وحماية الحياة البحرية من التلوث وحماية الصحة العامة0

وقد قامت الحكومة المصرية بإجراء تعديلات على القوانين المنظمة للصرف على المجارى المائية فى سنة 1994 بالقانون رقم 4 وللصرف على الشبكة العامة طبقا لقانون رقم 93 لسنة 1962 ولائحته التنفيذية رقم 44 الصادرة فى سنة 2000 وللصرف على المجارى المائية العذبة كنهر النيل بالقانون رقم 48 لسنة 1982، يهدف التفتيش البيئى على محطات معالجة مياه الصرف الصناعى إلى مساندة حماية البيئة والصحة العامة حيث أن التلوث الناتج عن المنشآت الصناعية لا يضر بالبيئة فقط وإنما يؤثر أيضا على صحة الأفراد ولذلك فإن معظم الإجراءات التى يمكن أن تتخذها المنشآت الصناعية للتقليل من تأثيرها الضار على البيئة تؤدى إلى تقليل التأثيرات الضارة على صحة العاملين بالمنشأة والمجتمعات التى تعيش فى المناطق المحيطة بها والتى تتأثر بالإنبعاثات المختلفة الصادرة من المصانع0 وبذلك يمكن القول أن كفاءة التفتيش على محطات معالجة مياه الصرف المختلفة تؤدى إلى حماية البيئة وحماية العاملين والصحة العامة0 وفى هذا الباب الذى يعد من أهم أبواب هذا الكتاب سنتطرأ ونتعمق فى كيفية معالجة مياه الصرف الزراعى الصناعى والتربة والهواء وسنسرد بعض الأمثلة التطبيقية من الواقع الفعلى والتى تم تطبيقها0

معالجة مياه الصرف الصناعى والزراعى والصحى

طبيعة وخصائص مياه الصرف الصناعي

من الطبيعى أن تلقى الشركات الصناعية مخلفاتها الصناعية السائلة مباشرة على المجارى العمومية ولذلك فانه من الضرورى ألا تسمح السلطات الرقابية بصرف أية مياه صرف صناعية على الشبكات العمومية قبل معرفة خصائص هذه المياه ومدى قدرة شبكة الصرف على إستيعابها بالإضافة إلى معرفة تأثير ومدى خطورة صرف المركبات المختلفة الموجودة فى هذه المياه على شبكات الصرف الصحى0 وكوسيلة لحماية شبكات الصرف، يمكن وضع نظام يحدد أنواع وتركيزات مياه الصرف الصناعى والتى يمكن صرفها على شبكة الصرف العمومية ويقارن جدول (4) بين الحدود المثالية المختلفة لكل من الأكسجين الحيوى الممتص والمواد الصلبة العالقة الكلية فى مياه الصرف الصحى والصناعي، كما يوضح جدول (5) مقارنة بين القيم المختلفة للتركيز0

يوضح جدول (6) أهم الملوثات الموجودة فى مياه الصرف الصناعى وغالبا ما تهتم المعالجة الثانوية القياسية لمياه الصرف بالتخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد العالقة والبكتريا الممرضة0 هذا وقد إشتملت العديد من القياسات التى تم وضعها مؤخراً على

التشديد على أهمية إزالة المواد المغذية والملوثات ذات الأولوية قبل الصرف، أمـــا إذا أريـــد إعادة إستخدام المياه فيجب فى هذه الحالة إزالة المواد العضوية صعبة التحلل والمعادن الثقيلة وأحياناً الأملاح الغير عضوية الذائبة0

جدول (4): القيم المثالية لأحمال الأكسجين الحيوى الممتص والمواد الصلبة العالقة فـــى مياه الصرف الصحى والصناعي:

مصدر المخلفات	الأكسجين الحيوى الممتص (كجم/طن منتج)	المواد الصلبة العالقة (كجم/طن منتج)
الصرف الصحى	0.025 (كجم/يوم/شخص)	0.022 (كجم/يوم/شخص)
صناعة الألبان	5.3	2,2
صناعة الخميرة	125	18.7
صناعة النشا والجلوكوز	13.4	9.7
صناعة حفـــظ وتعليـــب الفواكه والخضراوات	12.5	4.3
صناعة الغزل والنسيج	30-314	55-196
صناعة الورق واللب	4-130	11.5-26
صناعة المشروبات	2.5-220	1.3-257
صناعة دباغة الجلود	48-86	85-155

جدول (5) : القيم المثالية للتركيزات المختلفة لمياه الصرف الصحي والصناعي:

مصدر المخلفات	الأس الهيدروجيني	المواد الصلبة العالقة (ملجم/لتر)	الأكسجين الحيوى الممتص (ملجم/لتر)	الأكسجين الكيميائى الممتص (ملجم/لتر)	المواد الذائبة الكلية (ملجم/لتر)	زيوت وشحوم (ملجم/لتر)
الصرف الصحى	7	220	250	500	500	–
صناعة الألبان	4	12150	14000	21100	19000	320
صناعة الخميرة	5.3	540	2100	3400	3500	9
صناعة الغزل والنسيج	6.5	1800	840	1500	17000	155
صناعة الورق واللب	8	1640	360	2300	1980	–
صناعة المشروبات	9	760	620	1150	1290	–
صناعة دباغة الجلود	10	2600	2370	4950	8500	115
صناعة تعليب الأسماك	11	565	890	2350	8218	290

يوضح جدول (6) أهم الملوثات الموجودة فى مياه الصرف الصناعى وغالبا ما تهتم المعالجة الثانوية القياسية لمياه الصرف بالتخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد العالقة والبكتريا الممرضة0 هذا وقد اشتملت العديد من القياسات التى تم وضعها مؤخراً على التشديد على أهمية إزالة المواد المغذية والملوثات ذات الأولوية قبل الصرف، أما إذا أريد إعادة إستخدام المياه فيجب فى هذه الحالة إزالة المواد العضوية صعبة التحلل والمعادن الثقيلة وأحياناً الأملاح الغير عضوية الذائبة.

جدول (6): أهم الملوثات فى مياه الصرف الصناعى

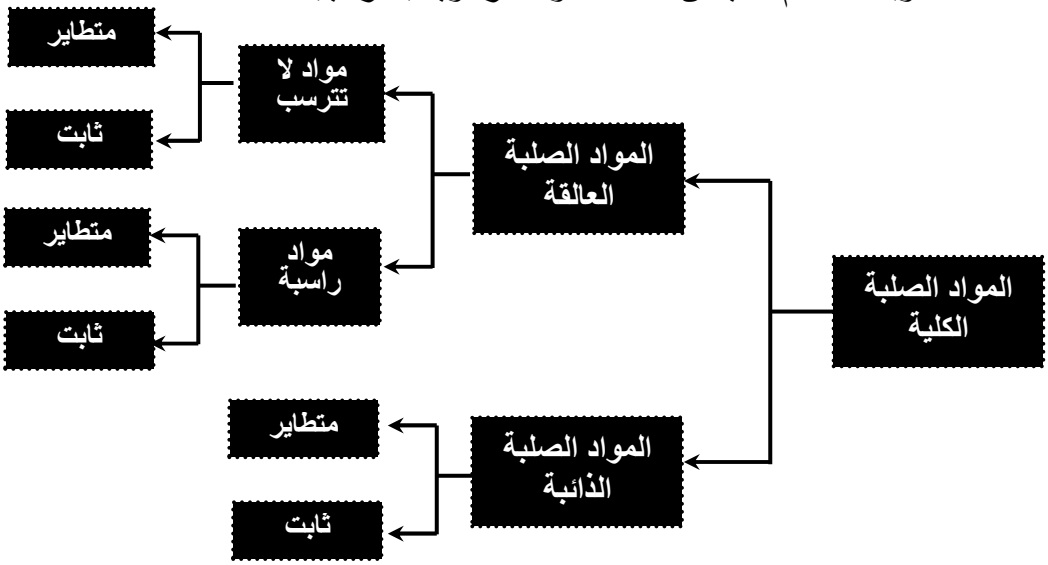
الملوثات	أهميتها
المواد العالقة	يتسبب وجود المواد العالقة فى مياه الصرف الغير معالجة إلى زيادة ترسيبات الحمأة وتكوين ظروف لا هوائية فى البيئة المائية عند صرفها.
المواد المغذية	يعتبر النيتروجين والفوسفات من المغذيات الأساسية للنمو بجانب الكربون لذلك فإن صرفهم على البيئة المائية قد يؤدى إلى نمو كائنات مائية غير مرغوب فيها، بينما إذا تم صرفهم على الأرض بكميات كبيرة يؤدى ذلك إلى تلوث المياه الجوفية.
الملوثات ذات الأهمية القصوى	وهى مركبات عضوية وغير عضوية تم اختيارها للمعرفة أو حتى للشك فى أنها مواد مسرطنة أو تسبب تشوهات خلقية أو تغير فى الجينات أو ذات سميه عالية، وتوجد العديد من هذه المركبات فى مياه الصرف.
المواد العضوية صعبة التحلل	وهى مواد لها القدرة على مقاومة طرق المعالجة التقليدية مثل المنظفات الصناعية والفينول والمبيدات الزراعية.
المعادن الثقيلة	غالباً ما يتم صرف المعادن الثقيلة إلى المياه عن طريق الأنشطة التجارية والصناعية وفى حالة إعادة إستخدام المياه يجب إزالتها تماماً.
الأملاح الغير عضوية الذائبة	تتواجد الأملاح الغير العضوية مثل أملاح الكالسيوم والصوديوم والكبريتات فى مياه الصرف كنتيجة طبيعية لإستخدام ات المياه، لذلك وفى حالة إعادة إستخدام المياه يجب إزالة هذه المواد.

1) الخواص الفيزيائية لهذه النوعية من المياه:-

من أهم الخصائص الفيزيائية لمياه الصرف الصناعى والزراعى والصحى هو محتواها من المواد الصلبة الذى يتكون من مواد طافية ومواد مترسبة ومواد عالقة ومواد ذائبة0 أما باقى الخصائص الفيزيائية فهى الرائحة ودرجة الحرارة واللون ودرجة العكارة0

أ- المواد الصلبة الكلية

علمياً تعرف المواد الصلبة الكلية فى مياه الصرف على أنها كل المواد التى تبقى عند التبخير عند درجة حرارة من 103 إلى 105 ºم0 أما المواد التى لها ضغط بخارى مرتفع فإنها سوف تفقد فى عملية التبخير عند هذه الدرجة وبالتإلى لا تعتبر مواد صلبة0 وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب على أنها المواد التى تترسب فى قاع إناء على شكل مخروطي فى خلال زمن قدرة 60 دقيقة0 تعتبر المواد الصلبة القابلة للترسيب والتى وحدة قياسها ملليلتر/لتر قياس تقريبي لكمية الحمأة التى سوف تنفصل بالترسيب الأولى شكل (12)0 ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية أو المتبقية بعد التبخير أيضاً إلى مواد لا يمكن ترشيحها (عالقة) أو مواد يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال فلتر (مرشح)0 ويحتوى الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة على مواد رغوية ومواد صلبة مذابة0 ويحتوى جزء المواد الرغوية على جزيئات بحجم من 0.001 إلى 1 ميكرومتر0 أما المواد الصلبة المذابة فتحتوى على جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وأيونات ذائبة فى الماء0 وبشكل عام لا يمكن فصل المواد الرغوية بالترسيب0



شكل (12): تصنيف المواد الصلبة الكلية

لذلك يجب إستعمال إما الأكسدة البيولوجية أو التركيد يتبعها مرحلة للترسيب لترويق المياه0 تتواجد المواد الصلبة العالقة بكميات كبيرة فى الصرف الصناعى لعدة صناعات مثل صرف صناعات المعلبات والصناعات الورقية حيث يتم حجزها بمصافي خاصة و/أو ترسيبها فى وحدة المعالجة0 وتسمى المواد الصلبة التى تزال بالترسيب وتفصل عن مياه

الغسيل بالحمأة حيث تضخ بعد ذلك إلى أحواض تجفيف أو تصفى لإزالة الماء منها (Dewatering)0 ويمكن تقسيم المواد الصلبة تقسيماً آخر طبقاً لدرجة تطايرها عند درجة 550 ºم ± 50ºم حيث يتأكسد الجزء العضوي عند هذه الدرجة ويتحول إلى غاز بينما يبقى الجزء الغير عضوى كرماد، وبذلك يمكن أن نطلق مصطلح "المواد العالقة المتطايرة" و "المواد العالقة الثابتة" على كل من المحتوى العضوي والغير العضوي (المعدني) للمواد العالقة على الترتيب0 ويتم دائماً إجراء تحليل المواد الصلبة المتطايرة على الحمأة لقياس مدى الثبات البيولوجي لها0

ب- الروائح

تنبعث الروائح عادة من الغازات المتولدة من تحلل المواد العضوية أو من المواد المضافة إلى مياه الصرف وقد تحتوى مياه الصرف الصناعى على مركبات ذات رائحة أو على مركبات تنبعث منها رائحة أثناء عملية المعالجة0

ج- درجة الحرارة

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة فى عملية المعالجة وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها، وكذلك تؤثر على الأحياء المائية، وعلى مدى ملائمة المياه للإستخدام ات المفيدة0 فمثلا ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدى إلى إختلاف فى فصائل الأسماك المتواجدة فى البيئة المائية المستقبلة لمياه الصرف0 ولذلك فإن العديد من المنشآت الصناعية والزراعية تولى اهتماماً بالغاً بدرجة حرارة المياه السطحية التى يتم إستخدام ها فى عمليات التبريد0 بالإضافة إلى ما سبق فإن الأكسجين أقل ذوباناً فى المياه الدافئة عن المياه الباردة ولذلك فإنه عند إرتفاع درجة حرارة المياه فى أشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية مصاحباً لإنخفاض فى كمية الأكسجين المتواجدة فى المياه السطحية مما قد يؤدى إلى نفاذ حاد لتركيز الأكسجين الذائب فى المياه0 وقد تتزايد هذه التأثيرات الخطيرة عند زيادة كمية المياه الساخنة التى يتم صرفها على المسطحات المائية، مع ملاحظة أنه عند حدوث أي تغير مفاجئ لدرجة الحرارة قد ينتج عنه إرتفاع معدل الوفيات فى الأحياء المائية، كما أن الإرتفاع الغير طبيعى لدرجة الحرارة قد يؤدى إلى إزدياد نمو بعض النباتات المائية الغير مرغوب فيها والفطريات0

د- اللون

يختلف لون مياه الصرف الصناعى طبقاً لنوع الصناعة ولذلك فإنه من المهم معرفة خواص وطرق قياس اللون0 ولا يمكن لطرق المعالجة التقليدية إزالة اللون وذلك لأن أغلب المواد الملونة تكون فى الحالة الذائبة ولكن يمكن لبعض وحدات المعالجة الثانوية مثل الحمأة النشطة والمرشحات الرملية إزالة نسبة معينة لبعض أنواع المواد الملونة وفى بعض الأحيان تحتاج إزالة المواد الملونة إلى عمليات الأكسدة الكيميائية0

هـ- العكارة

العكارة هى مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة0 وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة فى المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها0

2) الخواص الكيميائية لهذه النوعية من المياه:-

- أولاً مؤشرات المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفى بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفوسفور والحديد0 وقد تحتوى مياه الصرف الصناعى على كميات قليلة من جزيئات عضوية مخلقة والتي يتباين تركيبها الكيميائي تبايناً كبيراً مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والملوثات العضوية ذات الأولوية والمركبات العضوية المتطايرة والمبيدات الزراعية كما هو مبين بالجداول السابقة وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصناعي لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجيا أو تتحلل ببطء شديد0 وإن العديد من المؤشرات عضوية لمياه الصرف تشكل أهمية لوضع والتحكم فى معايير نوعية مياه الصرف0 ويجب معالجة مياه الصرف الصناعى لإزالة المكونات الغير عضوية التى تضاف أثناء إستخدام المياه0 وتزداد تركيزات هذه المكونات العضوية بسبب عملية التبخير الطبيعية والتى تتخلص من بعض المياه السطحية تاركة المواد عضوية فى مياه الصرف ومن أمثلة تلك المركبات:-

أ) الزيوت والدهون والشحوم

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتا حيث أنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا0 ويصل الكيروسين وزيوت التشحيم إلى الصرف عن طريق الورش والجراجات حيث يطفو على سطح مياه الصرف ويتبقى جزء ضئيل منه فى صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمأة0 هذا وتسبب الزيوت المعدنية مشاكل فى الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح0 وإذا لم تتم إزالة الشحوم قبل صرف المياه إلى البيئة الخارجية، فإنها قد تؤثر عكسيا على الحياة البيولوجية فى المياه السطحية مسببة طبقة من المواد الطافية غير المرئية0 وتعتبر الزيوت والشحوم مادة إختبار لتحديد مكونات المواد الهيدروكربونية الموجودة بمياه الصرف الصناعى0 وهذه الإختبارات تتضمن شحوم وزيوت حرة و شحوم وزيوت مستحلبة0 وبإستخدام هذه الاختبارات سيتم تحديد طبيعة المعالجة المطلوبة0 ويتم إزالة الزيوت والشحوم الحرة بالطفو أو الكشط بإستخدام جهاز فصل الزيوت بالجاذبية فى حين يتم إزالة الزيوت المستحلبة بإستخدام نظام الهواء الذائب الطافي بعد التكسير الكيميائي للزيوت المستحلبة0 وفى كل الأحوال يجب إزالة الزيوت والشحوم قبل إجراء المعالجة البيولوجية وإلا سيحدث إنسداد فى مواسير توزيع المياه وتوزيع الهواء0

ب) المنظفات الصناعية

المنظفات الصناعية هى المواد الخافضة للتوتر السطحي وهى عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهى تسبب الرغوة فى محطات معالجة مياه الصرف وفى المياه السطحية التى تصرف إليها وتتجمع جزيئات المنظفات فى الطبقة ما بين الهواء والماء كذلك تتجمع هذه المركبات على سطح فقاعات الهواء أثناء عملية المعالجة البيولوجية مسببة رغوة ثابتة تفوق عملية المعالجة0

ج) الفينـــول

يعتبر الفينول وغيره من المركبات العضوية من المكونات الهامة فى المياه حيث يمكن أن يسبب مشاكل فى طعم مياه الشرب، خاصة عندما تكون المياه معقمة بالكلور0 وتنتج مادة الفينول من العمليات الصناعية حيث تأخذ طريقها إلى المياه السطحية عند التخلص من مياه الصرف الصناعى0 ويمكن إزالة الفينول بالأكسدة أثناء المعالجة البيولوجية وحتى تركيزات 500 ملجم/لتر0

د) المركبات العضوية المتطايرة

هى المركبات العضوية التى لها نقطة غليان أقل من 100 درجة مئويــة و/أو ضــغط بخار أقل من 1 مم زئبق عند درجة حرارة 25 درجة مئوية0 إن إنسياب هذه المركبات فــى المجارى أو فى محطات المعالجة قد تؤثر عكسيا على صحة العــاملين بشــبكات الصــرف ومحطات المعالجة0

هـ) المبيدات والكيماويات الزراعية

تعتبر المركبات العضوية الموجودة فى المبيدات الحشــرية والنباتيــة بالإضــافة إلــى الكيماويات الزراعية سامة بالنسبة لمعظم الكائنات الحية ويمكن إعتبارها مادة ملوثــة مهمــة فعالة فى المياه المستقبلة للصرف كما سبق سرده سابقا0

وقبل التطرأ إلى طرق المعالجة المختلفة يجب الإلمام ببعض المصطلحات الهامة والتى لايمكن غض النظر عنها والدائمة التكرار فى هذا المجال ونذكر منها الآتى:-

01 الأكسجين الحيوى الممتص Biological Oxygen Demand (BOD)

والذى يعرف على أنه عدد الملليجرامات من الأكسجين التى تستهلك خلال مده محــددة تقدر بــ (عادة خمسة أيام) أثناء الأكسده الميكروبيولوجيه للماده العضويه الموجودة فى لتر واحد من المخلف عند درجة حراره معينه (عادة 20درجه مئويه)0 يعتبر هذا المؤشر مــن أكثر مؤشرات التلوث العضوية واسعة الإستخدام فى مجال مياه الصرف الصناعي وعادة ما يتكون الأكسجين الحيوى الممتص بسبب المواد العضوية الرغوية والذائبة مما يشكل حمــلا على الوحدات البيولوجية فى محطات المعالجة0 ويلزم توفير الأكسجين اللازم لنمو البكتريــا لتقوم بأكسدة المواد العضوية0 ويحتاج الحمل الزائد للأكسجين الحيوى الممتص النــاتج مــن الزيادة فى المخلفات العضوية إلى زيادة النشاط البكتيرى والأكسجين بالإضافة إلى زيادة فى قدرة وحدة المعالجة البيولوجية0

ويتم تحديد الأكسجين الحيوى الممتص لقياس الأكسجين الــذائب المســتهلك بواســطة الكائنات الدقيقة فى عملية الأكسدة البيوكيميائية للمواد العضوية0 ولقياس الأكسجين الحيــوى الممتص يتم عمل تخفيفات لمياه الصرف بماء مشبع بالأكسجين فى زجاجات خاصة يضــاف إليها البكتيريا0 تحضر أيضا زجاجة تحكم معبئة بماء وبكتيريا فقط0 يتم وضع الزجاجات فى

حضانة لمدة خمسة أيام على درجة 20ºم، وبذلك تسمى العملية بإختبارات الخمسة أيام للأكسجين الحيوى الممتص (BOD_5) ويستخدم الفرق بين تركيز الأكسجين فى زجاجة التحكم والأكسجين المتبقي فى الزجاجات الأخرى بعد خمسة أيام فى حساب الأكسجين الحيوى الممتص مقدراً بـــ مجم/لتر0

وتستخدم نتائج الأكسجين الحيوى الممتص (BOD) في الآتي:

- تحديد كمية الأكسجين اللازمة للتثبيت البيولوجي للمادة العضوية الموجودة بمياه الصرف0
- تحديد قدرة محطات معالجة مياه الصرف0
- قياس كفاءة بعض عمليات المعالجة0
- تحديد مدى التوافق مع الحدود القانونية للصرف الصناع0

الأسباب المؤدية لقصور إختبارات الأكسجين الحيوي الممتص:

- إرتفاع تركيز البكتيريا البادئة النشطة.
- الحاجة للمعالجة المبدئية عند التعامل مع المخلفات السامة كذلك خفض تأثيرات الكائنات0
- يتم قياس المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا فقط بهذه الطريقة0
- لا يوجد صلاحية للاختبار بعد استهلاك المواد العضوية الذائبة فى المياه0
- طول المدة (5 أيام) للحصول على النتائج0

02 الأكسجين الكيميائى الممتص (COD)

Chemical Oxygen Demand

يستخدم إختبار الأكسجين الكيميائي الممتص لقياس المواد العضوية فى مياه الصرف الصناعي التى تحتوي على مركبات سامة للحياة البيولوجية، ويتم بأكسدة المركبات المختزلة فى مياه الصرف من خلال تفاعل مع خليط من حمضي الكبريتيك والكروميك فى درجة حرارة عالية0 وهناك إختبار آخر لـــ (COD) تستخدم فيه البرمنجنات كعامل مؤكسد، ولكن هذا الاختبار يعطى نتائج ذات قيم منخفضة وليست لها علاقة مباشرة بالإختبار المعياري للأكسجين الكيميائى الممتص0 وبشكل عام فإن قيمة الأكسجين الكيميائى الممتص لمياه الصرف أعلى من قيمة الأكسجين الحيوى الممتص لأن المركبات يمكن أن تتأكسد كيميائيا

والبعض فقط يمكن أن يتأكسد بيولوجيا، وبالنسبة لأنواع كثيرة من مياه الصرف فإنه من السهل الربط بين الأكسجين الكيميائى الممتص والأكسجين الحيوى الممتص0 وهذا يعتبر ذو فائدة لأن الأكسجين الكيميائى الممتص يمكن تعيينه خلال 3 ساعات فقط بالمقارنة بالأكسجين الحيوى الممتص والذى يلزم لتقديره 5 أيام0 وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأكسجين الكيميائى الممتص يمكن إستخدام ها كتحديد كفاءة بالنسبة لعمليات التشغيل والتحكم فى محطات المعالجة0

وفى الغالب فإن نسبة الأكسجين الكيميائى الممتص إلى الأكسجين الحيوى الممتص 1.5: 2 فى مياه الصرف الصناعى التى تحتوى على مواد تتحلل بيولوجيا (مثل صناعة الأغذية)0 أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من 3، فإنه يمكن إعتبار أن المواد المؤكسدة الموجودة فى العينة ليست بيولوجية التحلل0 فى بعض الأحيان يطلق على المواد غير المتحللة بيولوجياً مواد حرارية حيث توجد بصفة دائمة فى مياه الصرف الناتجة من الصناعات الكيماوية والورقية0

- ثانياً مؤشرات المواد غير العضوية:-

1- الأس الهيدروجينى pH

إن تركيز الأيون الهيدروجينى يعتبر أحد المؤشرات الهامة لمياه الصرف0 ويعتبر مدى التركيز المناسب لتواجد معظم الحياة البيولوجية صغيرا جداً وحرجاً0 إن مياه الصرف ذات الأس الهيدروجينى الخارج عن المدى من الصعب معالجتها بالطريقة البيولوجية، وبالتإلى إذا لم يتم ضبط (pH) قبل الصرف فإنه سيؤثر عكسيا على (pH) فى المياه الطبيعية0

2- القاعدية Alkalinity

تنتج القاعدية من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا ويعتبرا الكالسيوم والمغنيسيوم هما الأكثر إنتشاراً0 ويمكن إعتبار البورات والسيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية0 ويساعد وجود القاعدية فى مياه الصرف على مواجهة التغيرات فى الأس الهيدروجينى الناتجة عن إضافة الأحماض0 ويشكل تركيز القاعدية فى مياه الصرف أهمية من حيث التأثير على المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات كذلك إزالة الأمونيا بإستخدام طبقات الهواء0

3- النيتروجين

نظرا لأهمية النيتروجين كحجر أساس فى سلسلة البروتين، فإن بيانات النيتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية0 إن عدم وجود النيتروجين بشكل كاف يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة0 ولكى يتم التحكم فى نمو الطحالب فى المياه المستقبلة فإن اختزال أو إزالة النيتروجين فى مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة0 ويشمل النيتروجين الكلى والمستخدم كمؤشر شائع على العديد من المركبات مثل الأمونيا وأيون الأمونيوم والنترات والنيتريت واليوريا والنيتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات)0

4- الفوسفور

يعتبر الفوسفور ضروري لنمو الطحالب وغيرها من الكائنات البيولوجية ويكون الفوسفور العضوي أحد أهم المكونات لمياه الصرف الصناعي والحمأة0

5- الكبريت

يتم إختزال الكبريتات حيويا تحت ظروف لاهوائية إلى الكبريتيد، والذى بدوره يمكن أن يرتبط بالهيدروجين ليكون كبريتيد الهيدروجين حيث يتصاعد هذا الغاز فى الهواء المحيط بمياه الصرف وكذلك يتجمع فى الشبكات فوق سطح المياه بالمواسير0 ويمكن لغاز كبريتيد الهيدروجين المتراكم أن يتأكسد حيوياً داخل الشبكات ويتحول إلى حامض كبريتيك والذى يسبب تآكل مواسير الحديد وكذلك المعدات0

- ثالثاً مؤشرات المركبات السامة الغيرعضوية:-

بسبب السمية الناتجة عن هذه المواد، فإن بعض الكتيونات تكون ذات أهمية فى معالجة والتخلص من مياه الصرف0 وقد تم تصنيف الكثير من هذه المركبات على أنها ملوثات ذات أولوية0 ويعتبر الرصاص والحديد والفضة والكروم بالإضافة إلى البورون مواد سامة لها درجات متفاوتة من السمية على الكائنات الدقيقة لذلك يجب أخذها فى الإعتبار عند تصميم محطات المعالجة البيولوجية0 وتعانى الكثير من محطات المعالجة بسبب وجود هذه الأيونات فى المياه حيث تسبب قتل الكائنات الدقيقة وبالتإلى توقف المعالجة0

أما كيتونات البوتاسيوم والأمونيوم فإنها تعتبر سامة عند 4000 ملجم/لتر0 أما السيانيد والكرومات والتى تعتبر أيونات سامة تظهر أيضا فى مياه الصرف الصناعى الناتجة عن طلاء المعادن ويجب إزالتها من البداية بالمعالجة الأولية فى المصنع بدلاً من خلطها بالصرف الصحي0 ويتواجد الفلوريد وهو عنصر سام بشكل شائع فى مياه الصرف الناتجة من صناعات الإلكترونيات0 كذلك يمكن أن تحتوى مياه الصرف الصناعي أيضا على مواد عضوية سامة0

- رابعاً مؤشرات المعادن الثقيلة:-

تعتبر التركيزات الصغيرة لكثير من المعادن مثل النيكل والمنجنيز والرصاص والكروم والكادميوم والزنك والنحاس والحديد بالإضافة للزئبق مكونات ذات أهمية فى مياه الصرف الصناعى0 كما أن وجود مثل هذه المعادن بكميات مرتفعة سوف تؤثر على إستخدام المياه نظراً لسميتها0 لذلك يفضل دائماً أن يتم قياس والتحكم فى تركيز هذه المواد فى المياه0

3) الخواص البيولوجية:-

بعض الصناعات ينتج عنها نوع معين من البكتيريا الممرضة مثل المجازر الآلية والبعض الآخر ينتج عنه طفيليات وفطريات مثل مصانع النشا والخميرة0 وتحدد الإختبارات البيولوجية على مياه الصرف وجود البكتيريا الممرضة من عدمه بواسطة إختبار نوع معين من الكائنات المؤشرة0 وتمثل المعلومات البيولوجية حاجة ملحة لتقييم نوع المعالجة لمياه الصرف قبل التخلص منها إلى البيئة0

الطرق الشائعة لمعالجة مياه الصرف الزراعى والصناعى والصحى

يتم تحديد درجة المعالجة المطلوبة من خلال وضع أهداف المعالجة للمشروع ومراجعة جميع القوانين واللوائح المعنية وأخيرا مقارنة خصائص مياه الصرف مع متطلبات القوانين0 وبذلك يتم تحديد وتقييم البدائل المتاحة للمعالجة والتخلص وإعادة الإستخدام ثم يتم إختيار البديل الأنسب0 ويتم التخلص من الملوثات فى مياه الصرف بأساليب إما فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية، منفردة أو متجمعة0

أولاً العمليات الفيزيائية:-

وهى العمليات التى تعتمد على القوى الطبيعية والفيزيائية وكانت هذه الطرق هـــى أول الطرق المستعملة فى معالجة مياه الصرف لأن معظمها نشأت عن تأملات الإنسان الأول فى الطبيعة. ومن هذه الطرق: التصفية والخلط أوالترويب أوالترســيب أوالتعــويم أو الطفــو أو الترشيح أو حركة الغازات أو مجتمعة0

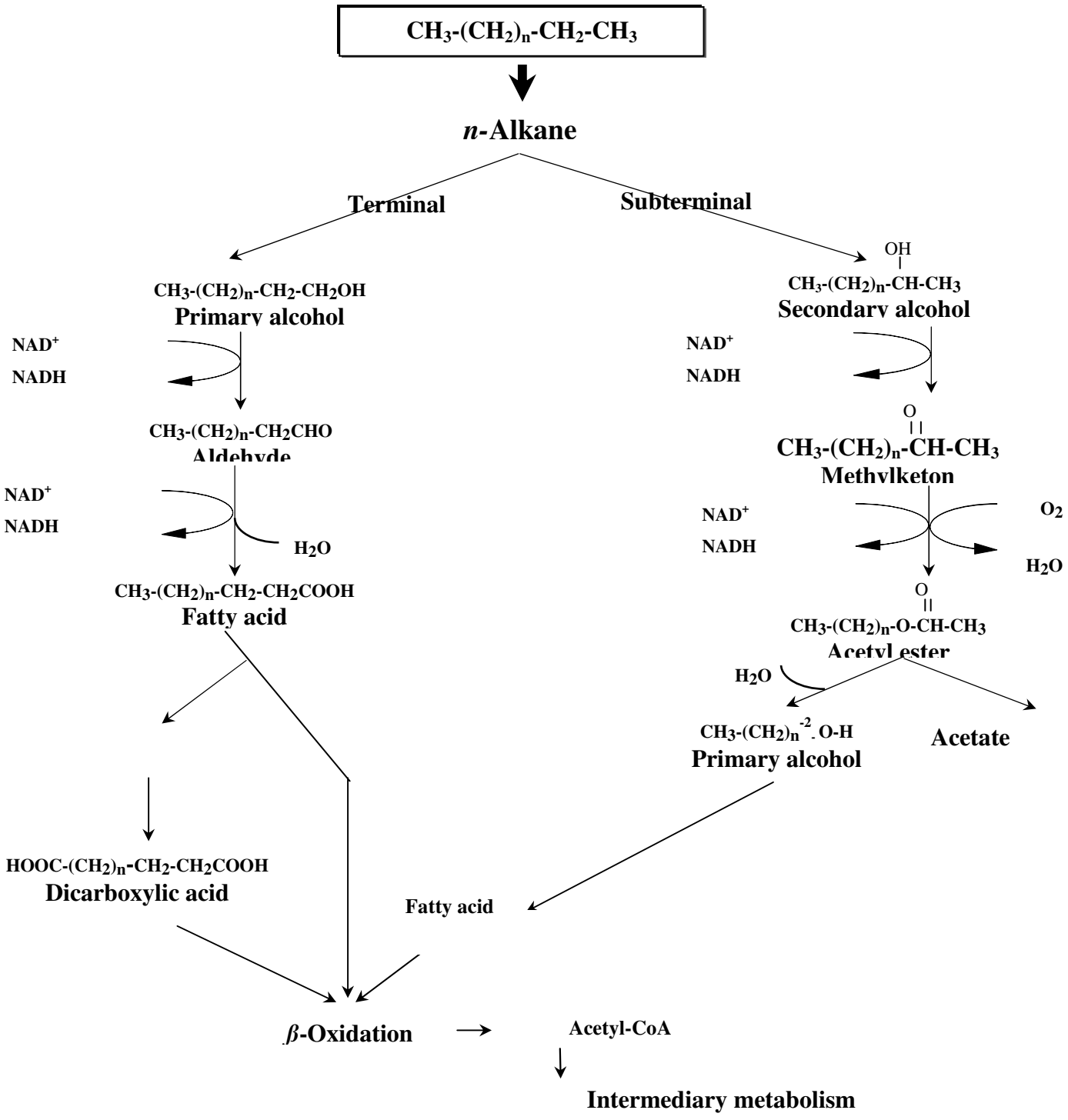
ثانياً العمليات الكيميائية:-

وهى العمليات التى تعتمد على حدوث تفاعل كيميائي من أجل التخلص من أو تحــول الملوثات إلى مواد يسهل فصلها من مياه الصرف0 ومن أكثر الطرق الكيميائية شيوعا فى هذا المجال هى الترسيب والإمتزاز والتطهير0 تتم المعالجة بالترسيب الكيميائي من خلال تكوين راسب كيميائي0 وفى معظم الأحيان يحتوى هذا الراسب على المكونات التى قد تفاعلت مــع الكيماويات المضافة إلى جانب المكونات الأخرى التى قد تكسح أثناء الترسيب0 أما الإمتزاز فيعتمد على قوة الجذب بين الأجسام للتخلص من مركبات معينة من خلال إلتصــاقها بســطح المواد الصلبة0

ثالثاً العمليات البيولوجية:-

وهى التى تعتمد على النشاط البيولوجي فى التخلص من الملوثــات0 وتســتخدم هــذه الطرق أساساً من أجل التخلص من المواد العضوية (الرغوية أو الذائبــة) القابلــة للتحلــل بيولوجياً0 وتتم هذه العملية من خلال تحويل هذه المواد إلى غازات تتســرب إلــى الهــواء الخارجي أو إلى نسيج الخلايا البيولوجية (الحمأة) التى يمكن التخلص منهــا عــن طريــق الترسيب0 وتستخدم المعالجة البيولوجية أيضا فى الــتخلص مــن المغــذيات (النيتــروجين والفوسفور)0 وفى أغلب الأحيان يمكن معالجة مياه الصرف بيولوجياً مــع الــتحكم البيئــى الملائم0

إن الطرق الحديثة لمعاملة مياه الصرف الزراعى والصــرف الصــحى والصــناعى والمخلفات الصناعية قبل صرفها تعتمد أساساً على العمليات التخمرية والتفاعلية والأكســدية التى تقوم بها البكتريا كما هو موضح فى (شكل 13)0



شكل (13) يوضح المسار الهدمى لمركبات الألكانات طويلة السلسلة بواسطة بكتيريا *Pseudomonas frederiksbergensis* (Abdel-Megeed , 2004)

والفكرة الاساسية فى هذه العمليات هى إزالة المـواد الصـلبة وخفـض متطلبـات الأكسجين الحيوية 0BOD والصرف المباشر (بدون معامله) للمخلفات التى لها BOD عإلى فى المصارف والأنهار يسبب خطورة شديدة على الصحة العامة والحياة المائية لأن البكتريـا الممرضة التى توجد فى مياه المجارى يمكن أن تؤدى إلى إنتشار الأوبئه كذلك فان إسـتهلاك الأكسجين الذائب فى الماء بواسطة بكتريا التلوث يعتبر مشكله خطيرة فـرغم أن الأكسـجين الذائب فى الماء واللازم لإستمرار الحياة المائية كميته محدودة إلا أنه يبقى فى حالـة إتـزان بواسطة عمليات التهوية الفيزيائية التى تحدث للمياه بشكل طبيعى لكن تدفق مخلفات المجارى ومخلفات الصناعة المائية القابلة للتخمر فى المياه الطبيعية يـؤدى لتكـاثر سـريع للبكتريـا ويصحب ذلك إستهلاك للأكسجين المتاح خلال عمليات التنفس بمعدل أكثـر مـن معـدلات التهوية الفيزيائية التى تحدث للمياه بشكل طبيعى فتكون النتيجة هى نقص الأكسجين الذائب فى الماء0

وعلى ذلك فان الظروف اللاهوائيه الناتجة ينتج عنها فقد للحياة المائية وتوليد رائحـة كريهة ناتجة من تحلل المادة العضويه تحت الظروف اللاهوائيه0 هذا وسوف نتطـرأ إلـى إستخدام أحدث التقنيات الحديثة والتى أحدثت ثورة فى هذا المجال مثل تقنية الجين تكنولوجى وتقنية الهندسة الوراثية فى التخلص من الملوثات الصلبة والسائلة فى هذه المياه لاحقاً والـدى يعد أول نموزجاً جيداً لتطبيق تقنية التكنولوجيا الحيوية فى هذا المجال0

الأساسيات العامة لمعالجة المخلفات السائلة مـن الصـرف الزراعـى والصناعى والصحى:-

أولاً الطريقة الهوائية لمعالجة المخلفات المائية:-

بدأت أبحاث معالجة المخلفات المائية فى مانشستر 01910 وكانت هذه المعالجة ببساطه عبارة عن تهوية هذه المخلفات لتقوم البكتريا بإزالة المواد العضوية عـن طريـق الأكسـده الهوائية ومعظم المخلفات السائلة بما فيها مخلفات المجارى المنزلية تنقل فى أنابيب مغلقه إلى محطة معالجة المخلفات ولكى يتم المعالجة بهذه الطريقة بنجاح يجب إلا تزيد قيمة الـ BOD عن 200 مجم/لتر ولذلك فان المخلفات الصناعية التى لها BOD فى المدى 1000-10000 مجم/لتر يتم تخفيفها قبل معاملتها غير أن هناك محطات متخصصة فى معالجة المخلفات التى لهل BOD عإلى بإستخدام طريقة الحماة النشطة وتنقية المخلفات السائلة إلى الدرجـة التـى

تسمح بصرفها فى المياه الجارية تعتمد على النشاط التمثيلى للبكتريا0 وهذا يعتمد على نموها وظروف المعاملة البكتيرية تكون مثلى عندما تكون المخلفات متوازنة غذائيا كبيئة للبكتريا أى إنها ذات رقم PH مناسب وبها إمداد كافى من الأكسجين (فى حالة المعالجة الهوائية) ونسبه مساوية من الكربون والنيتروجين والفوسفور0 وفى المعالجة الهوائية تقوم البكتريا بأكسدة المواد العضوية إلى ثانى أكسيد الكربون وماء حيث ينطلق ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى ويصرف الماء إلى المصارف الطبيعية ويبقى بعد ذلك راسب عبارة عن مواد ذائبة مندمجة مع المواد الخلوية ولذلك فان هذا الراسب يحتوى على مواد غذائية جيده بالنسبة للبكتريا وإذا ترك فتره بعد فصله يحدث له هضم ذاتى بواسطة الخلايا ويمكن التخلص منه بعد ذلك دون أن يكون له أثر ضار حيث يكون له BODODمنخفض0

1- طريقة الحمأة المنشطه Activated sludge لمعالجة المخلفات المائية

فى سنة 1914 تطورت قليلا عملية المعالجة الهوائية حيث كانت المخلفات المائية تنقل إلى أحواض وتتم تهويتها لفترة معينه ثم تترك فتره حتى تترسب المكونات الثقيلة ثم تنقل المياه الرائقة إلى أحواض أخرى وتملئ الأحواض الأولى بمخلفات مائية جديدة0 وهكذا حتى تتراكم كميه معينه من الرواسب التى تسمى وحل فيتم تهويتها جيدا لمدة 6 ساعات وذلك لتنشيط البكتريا التى توجد فى هذه الرواسب وسميت هذه الرواسب بالحمأة المنشطة0 ومنذ ذلك التاريخ عرفت طريقة الحمأة المنشطه لمعالجة المخلفات المائية حيث تحتوى مياه المجارى على مخلفات المنازل والمصانع وهى عبارة عن محلول مخفف لمواد عضويه وغير عضويه وبها مواد صلبه معلقه وخليط من البكتريا مصدرها الرئيسى براز الإنسان ومياه الصناعة غير المرشحة وبالنسبة لمواد اليوريا والامونيا وثانى أكسيد الكربون التى توجد فى مياه المجارى فان الهدم البكتيرى لها يكون سريعا حتى انه قد يكتمل قبل أن تصل مياه المجارى إلى محطات المعامله وقبل بدء المعالجة لابد من معرفة نسب المواد العضوية (النيتروجين والفوسفور) حيث تلعب هذه النسب دور هام فى صلاحية المخلفات للمعامله الميكروبيولوجيه0 وقد وجد أن نسبة BOD إلى النيتروجين التى تساوى 1:30 ونسبة BOD إلى الفوسفور التى تساوى 1:150 هى النسب المثلى لتطبيق طريقة الحمأة المنشطه لمعالجة المخلفات وبصفه عامه فإن محطة معالجة المخلفات المائية بطريقة الحمأة المنشطه تنقسم إلى أربعة خطوات رئيسيه كما يلى:-

1. التهوية فى حوض التهوية المزود بأجهزة ميكانيكية تضخ الهواء مع تقليب المخلفات المائية بما تحتويه من مواد عضويه لتخلط جيدا بالأكسجين0

2. الترويق فى الحوض المخصص لذلك حيث تترسب جميع المكونات الثقيلة المكونة من مواد عضويه فى قاع الحوض0

3. إعادة المخلفات المائية المحتوية على مواد معلقه مره أخرى إلى حوض التهويه0

4. سحب الزائد من الرواسب المستقرة فى قاع حوض الترويق0

وإذا لم تنجح واحده من الخطوات السابقة لا تنجح العملية كلها وتبدأ المعالجة بعزل المواد الطافية والمواد الصلبة الخشنة المعلقة أثناء دخول مياه المجارى إلى محطات المعاملة حيث يتم سحق المواد الصلبة وإعادة إدخالها مره أخرى فى المجرى الرئيسى المؤدى إلى داخل المحطة بعد ذلك تمر مياه المجارى فى مجرى به رمل خشن وذلك لترسيب الرمل والمعادن الثقيلة الصلبة0 ثم يتم إدخال المياه بعد ذلك والتى هى عبارة عن معلق من المواد الصلبة الدقيقة بالإضافة إلى المواد الذائبة إلى خزان الترسيب حيث تترسب الأجزاء الثقيلة فى شكل حماه وتزال هذه الحمأة من خزانات الترسيب وتسمى بالحمأة الخام ثم تعامل منفصلة تحت ظروف لاهوائيه أما الراشح فيتم إدخاله إلى خزان التهوية حيث تضبط الحالة الغذائية إذا لزم الأمر بإضافة النيتروجين أو الفوسفات أو أى عناصر غذائية أخرى مطلوبة ثم يضاف إلى الخزان لقاح من الحمأة المنشطة وهذا اللقاح عبارة عن كتله متلبدة من الحمأة ثم تهويتها ميكانيكيا بواسطة ضخ الهواء إليها لينمو بها أكبر عدد ممكن من خليط البكتريا ومعظمها من البكتريا الهلامية0 ويجب أن تكون قيمة BOD للمخلفات الداخلة إلى خزانات التهوية متناسبة مع معدل الإمداد من الأكسجين الذائب0

وفى طريقة الحمأة المنشطة لمعالجة المخلفات يمكن إستخدام معلقات لها BOD يتراوح من 3000–5000 مجم/لتر ويحدث نمو سريع للبكتريا يصاحبه ازاله للمواد العضوية الغير ذائبة عن طريق الأكسده وعن طريق إستخدام هذه المواد كمواد بناء للخلايا أو مواد مخزنه داخل الخلايا أو عن طريق إدمصاصها على الكتل المتلبدة وبعد نفاد المواد الغذائية تبدأ الخلايا فى التحلل ويقل عدد البكتريا وخلال هذه المرحلة تتكون المواد السطحية التى تسمى الزبد بما يصاحبه من رغاوى ثم يتم بعد ذلك إدخال السائل إلى خزان ترسيب للمرة الثانية حيث تترسب الحمأة التى تسمى فى هذه الحالة بالحمأة المتزنة ويتم فصلها أما السائل الرائق فإما أن يعامل بالكلور أو تعاد تهويته قبل صرفه فى المصارف السطحية كسائل له BOD

منخفض وقد تطورت طريقة الحمأة المنشطة لمعالجة المخلفات المائية مع بقاء الأسس الأربعة التى سبق الإشارة إليها0

فقد تطورت عملية التهوية التى كانت تتم عن طريق مواسير من السيراميك مغمورة تحت السطح0 وتضخ الهواء فى شكل فقاقيع وعندما ظهرت مشكلة إنسداد هذه المواسير تم تطويرها إلى مواسير رأسيه ذات شكل مخروطى وتضخ الهواء من فتحات مغمورة لمسافة قصيرة0 وفى سنة 1970 تم إدخال نظام نشر الهواء عن طريق أغشيه معينه مع وجود تقليب مستمر لمنع ترسيب المواد العالقة بحيث لا تعوق عملية ضخ الهواء المستمرة وحتى لا تتلف الأغشيه أما بالنسبة للأحواض العميقه فقد تم تطوير توربينات تهويه دواره خاصه بها وهذه التوربينات مزوده بمقلبات خاصه تمنع ترسيب المواد العالقه على فتحات خروج الهواء0

كما حدث تطور آخر فى عملية التهوية عندما لوحظ إنها دائما ما تكون غير كافيه للحصول على نمو كافى من البكتريا لذلك زودت كثير من محطات المعالجة فى ألمانيا والولايات المتحدة الامريكية بنظام التهويه بالأكسجين النقى0 وفى تطور آخر للمعالجه بطريقة الحمأة المنشطه تم إمداد أحواض التهويه بمواد تساعد على نمو البكتريا وهذه المواد قد تكون فى شكل مسطحات من البلاستيك مغموره فى الاحواض كما تم فى ألمانيا سنة 1986 أو تملئ أحواض التهويه حتى 40% من حجمها Polypropylene لا يتعدى قطر الواحده 4مم كما تم فى اليابان سنة 1995 حيث تكون سطوح هذا الخرز مناسبه لنمو البكتريا0 وبعد تطوير أغشية الترشيح زودت بعض محطات معالجة المخلفات المائية بوحدات الترشيح فوق العالى (Ultrafilteration) أو الترشيح الفائق كما يسمى فى بعض البلاد العربيه حيث تمرر المخلفات المائية بعد إزالة الكتل الصلبة الكبيره من خلال هذه الوحدات وقد وجد أن الراشح يكون خالى تقريبا من أى عوالق عندما طبق هذا النظام فى بعض المحطات فى الولايات المتحده الامريكيةسنة 1998 وعلى أى حال فما زال هذا النظام مكلف وغير أقتصادى ولذلك يقتصر تطبيقه على بعض الحالات الخاصه0

2- هضم الحمأة

تحتوى الحمأة المتزنه على 1-4% مواد صلبه ذات محتوى بروتينى مرتفع هذه الحمأة يعاد تدويرها مره أخرى كلقاح لخزان التهويه والزياده منها تخلط مع الحمأة الخام المترسبه فى خزان الترسيب الأول ويتم التخلص من الحمأة أما بالحرق وتحويلها إلى رماد أو بتحويلها

إلى سماد عضوى صناعى أو كبديل لذلك يجرى لها هضم لاهوائى فى مخمر له درجة حراره مناسبه للتفاعلات الحيويه البكتيريه لإنتاج غاز الميثان0

ثانياً المعالجة اللاهوائية للمخلفات المائية:-

إنتشرت حديثا فى كثير من البلاد المتقدمة مثل ألمانيا والولايات المتحدة الامريكية عملية معالجة المخلفات المائية تحت ظروف لاهوائية وأثناء عملية الهدم اللاهوائى تتحول المادة العضوية إلى غازى الميثان وثانى أكسيد الكربون فى خطوات متميزة عن بعضها البعض عن طريق مجموعات مختلفة من البكتريا ويمكن تحديد هذه الخطوات فى ثلاثة مراحل متميزة هى:

المرحلة الأولى

تقوم فيها البكتريا الغير ذاتية التغذية مثل *Bacillus cereus* ، *Ruminococcus* ، *Bacteriods* ، *Clostridium* ، *Megaterium* بتحليل المركبات العضوية المعقدة مثل عديدات التسكر والبروتينات والليبيدات ثم تقوم هذه البكتريا بتخمير نواتج تحلل هذه المواد حيث ينتج عن هذا التخمير أحماض دهنيه طويلة السلسلة والخلات والفورمات وأحماض البروبيونيك والهيدروجين والأمونيا وكحولات مختلفة وأحماض أمينيه ومركبات أروماتيه0

المرحلة الثانية

تقوم فيها مجموعه من البكتريا تسمى عادة Syntrophic Bacteria بهدم الأحماض الدهنية طويلة السلسلة وحامض البروبيونيك والكحولات المختلفة وبعض الأحماض الأمينيه والمركبات الأروماتيه إلى المواد الأوليه لإنتاج غاز الميثان وهى الهيدروجين والخلات والفورمات ونظراً لأن هناك كثير من البكتريا يمكنها أن تهدم هذه المواد دون أن تكون نواتج الهدم هى المواد الأوليه لإنتاج غاز الميثان فان البكتريا التى تقوم بتفاعلات المرحلة الثانية تسمى Syntrophic Metabolizers 0

المرحلة الثالثة

تقوم بها مجموعات كبيرة ومتنوعة من بكتريا الميثان حيث توجد مجموعه تستخدم الهيدروجين والفورمات الناتجين من المرحلة الثانية لاختزال ثانى أكسيد الكربون إلى ميثان وتسمى هذه المجموعة Methanogens hydrogenotrophic وتوجد مجموعه أخرى تمثل

الخلات إلى ميثان وثـــانى أكســـيد الكربـــون وتســـمى هـــذه المجموعـــة Methanogens 0acetotrophic

المعالجـــة الحيويـــة للتربـــة الملوثـــة Bioremediation of Contaminated Soil

لاشك أن ملوثات التربة والتي يمكن أن يطلق عليها المخلفات الضارة تشمل مجموعـــة متنوعة وكثيرة من المواد الكيميائية والتي تتضمن:

- الكلورونيات الذائبة مثل ثلاثي كلوراثيلين (TCE) ورباعي كلور أثيلين (PCE)0
  المتفجرات مثل ثلاثي نيتروالتولوين TNT0
- معادن مثل الكروميوم والرصاص0
- عناصر مشعة مثل البلاتنوم0
- المبيدات مثل المالاثيون0
- PTEX إختصار البنزين والتولوين والإيثيل بنزين والزايلين0
- PAH إختصار الهيدروكربونات العطرية المتعددة0

والملوثات في التربة عبارة مركبات أو مواد كيميائية نتجت عن الأنشطة البشرية وهذه المواد لها القدرة على إحداث الضرر0 حيث يدخل الملوث إلى التربة إما عـــن طريـــق أداء عملية معينة مثل إضافة المبيدات أو عن طريق الخطأ مثل التسرب من الخزانات الحاوية على المواد الكيميائية0 وكمثال لتنوع وحجم هذه الملوثات فمثلا في الولايات المتحـــدة الأمريكيـــة يتسرب أكثر من 1000 من 1.4 مليون من الخزانات المدفونة للجازولين والوقود0 وإســـتنادا إلى تقديرات الوكالة الأمريكية لحماية البيئة تفقد خزانات الوقود في محطات الخدمة أكثر من 10 مليون لتر من الجازولين سنويا0 كما تنتج الولايات المتحدة 300 مليون طن متري مـــن المخلفات الضارة سنوياً أي تقريبا 1.2 طن متري لكل شـــخص0 ويظهـــر 1000 مركـــب كيميائي جديد في السوق كل سنة0 وبسبب تنوع وحجم هذه الملوثات فهناك حاجة ملحة مـــن المؤسسات الصناعية للمساعدة في تنظيف وحماية بيئتنا من التلوث0 حيث تقدر سوق معالجة المواد الضارة تقريبا 25 مليون دولار لكل سنة ومن المتوقع أن تنمو هـــذه الســـوق بمعـــدل 15% فى السنوات القادمة.

المعالجة الحيوية Bioremediation

وهي الإستراتيجية أو العملية التي يتم فيها إستخدام الكائنات الدقيقة أو النباتات أو الإنزيمات النباتية الميكروبية لإزالة سمية الملوثات من التربة والبيئات الأخرى, وهذا المفهوم يشمل (التكسير الحيوي Biodegradation) والذي يقصد به التحويل الجزئي أو العالي أو إزالة سمية الملوثات بواسطة الكائنات الحية والنبات0 أما (المعدنة Mineralization) وهي عبارة عن تحويل الملوث العضوي إلى مكون غير عضوي بواسطة نوع واحد أو إتحاد أكثر من نوع من الكائنات الحية الدقيقة0 (Cometabolism) وهي عبارة عن تحويل الملوث بدون أن يعطي الكربون أو الطاقة للكائنات المحللة0 وتستعمل كل هذه التعريفات في مجال تحويل الملوثات إلى أقل سمية أو تحويلها إلى معادن في صورة غير عضوية0

المعايير الواجب توافرها لنجاح عملية المعالجة الحيوية:-

لنجاح عملية المعالجة الحيوية من الناحية التطبيقية يجب توفر بعض المعايير الآتية:-

- قدرة الكائنات الحية الدقيقة على القيام بالنشاط الأيضي الضروري لعملية تكسير الملوثات إلى معدل مقبول لجعل تركيز الملوثات في الحدود المقبولة قياسياً0
- أن يكون الملوث المستهدف يمكن تحليله حيوياً0
- أن تكون تربة الموقع صالحة لنمو الميكروبات والنباتات أو مناسبة لحدوث النشاط الإنزيمي0
- أن تكون تكلفة المعالجة الحيوية أقل من أو في أسوأ الأحوال ليست أغلى من أي تكنولوجيا أخرى يمكن أن تستخدم لإزالة هذا الملوث0

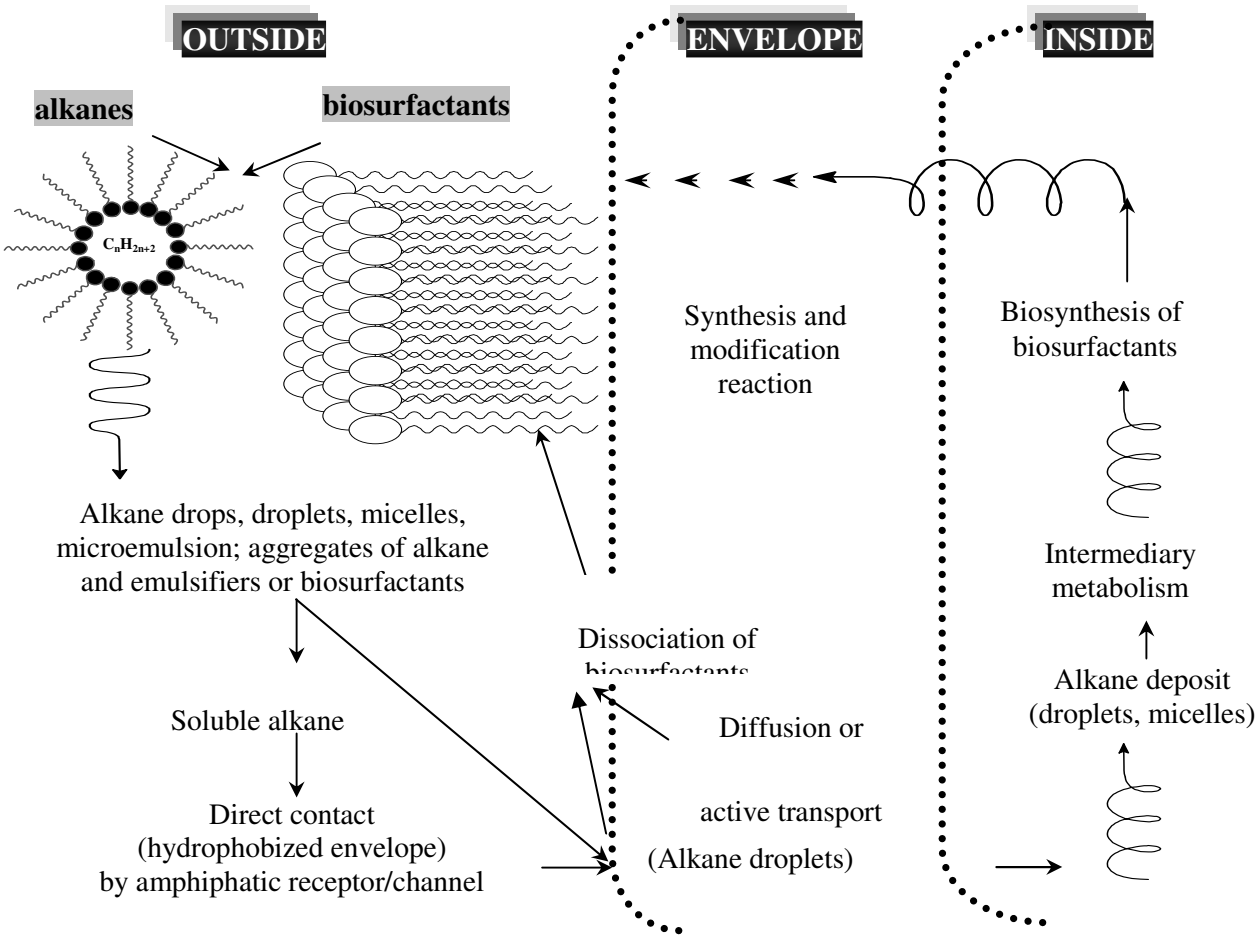
والفشل أو الإخفاق في توفر أي من المعايير السابقة يؤدي إلى رفض طريقة المعالجة0 فمثلا توفر مصدر الكربون أو الطاقة اللازمة لعملية نمو الميكروبات سوف تكون غير مجدية إذا كانت رطوبة التربة غير كافية لإتمام هذه العملية0 ويعرف مبدأ الصلاحية أو النجاح الميكروبي بأنه كل مركب عضوي يوجد على صورة طبيعية يوجد كائن حي أو نظام إنزيمي قادرعلى تكسير هذا المركب0 وفي الماضي كان الإفتراض بأن الميكروبات قادرة على تكسير كل المركبات الصناعية مثلما يحدث للمركبات الطبيعية وهذا راجع إلى المرونة في التمثيل الغذائي لهذه الميكروبات وهذا غير صحيح0 فبالرغم من أن معظم المركبات الصناعية يمكن

تكسيرها فبعضها لا ينطبق عليه هذا المبدأ ولا يمكن تكسيرها إلى معدلات مقبولة وهذه عادة يطلق عليها المركبات المتمردة0

ميكانيكية التحويل الميكروبي

توجد الكائنات الحية الدقيقة في التربة كمجتمعات كبيرة إذا ما قيست كأعداد أو ككتلة حية بشرط توفر مصادر كافية من الكربون والطاقة والظروف البيئية التي تشجع على النمو والكائنات الحية الدقيقة تملك أو تتميز بمستويات عالية من النشاط الميكروبي والتي يمكن قياسها بالطرق القابلة للتطبيق مثل دراسات التنفس والقياسات الأنزيمية0 ولهذا يوجد جهد ميكروبي كبير للمساعدة في تحسين المواقع الملوثة والفصل العشرون أعطى فكرة عن هذا الجهد0 وتحدث عمليات الأيض هذه تحت ظروف تتراوح بين ظروف هوائية إلى ظروف لا هوائية0 حاليا كل الجهد والنجاحات في عملية المعالجة الحيوية مركز على العمليات الهوائية0 كما تحظى الظروف اللاهوائية بإزدياد الاهتمام بها0

أيضاً الشفرة الجينية الميكروبية للإنزيمات المكسرة أو الحوافز الميكروبية والتي تؤكسد أو تقلل وتقوم بعملية عكس الهلجنة أو عكس الأليكيليت وتحليل المواد الكيميائية الضارة في بيئة التربة بمجرد تحول الملوث أنزيمياً إلى مركبات أقل تعقيداً والتي يمكن أن يتم تمثيلها أكثر بعدة طرق أخرى مثل دورة TCE0 فبالرغم من تحول واحد يمكن أن يقلل سمية الملوث فالمعدنة الكاملة لمركب عضوي إلى مكونات غير عضوية يحتاج إلى عدة أنزيمات مكسرة تنتج بواسطة عدة جينات في البلازميد أو الكروموسومات توجد في نوع واحد أو عدة أنواع (شكل 14)0 والكائنات الحية الدقيقة أو الكائن الحي الدقيق والتي تملك أنزيمات قادرة على التكسير ممكن أن تكون من النوع المستوطن في التربة الملوثة أو يتم إضافتها إليها0 والإنزيمات القادرة على التكسير ممكن أن تكون داخل الخلية أو خارج الخلية وكل أنزيم له ظروف نوعية للأداء المثالي0 والقدرة المحركة لعملية الأيض تكون لإنتاج الطاقة, الكربون أو كلاهما لنمو الخلية ولإعادة تكاثر الكائنات الدقيقة في عملية المعالجة الحيوية وإذا كان هناك حدوث لعملية Cometablism فسيكون هناك حاجة لكميات كبيرة من الكربون المتاح0 وفي بعض الحالات تعمل المادة العضوية في التربة كمصدر للكربون0



شكل (14) **يوضح كيفية وميكانيكية التحطم الحيوى لبعض المركبات العضوية والملوثة للبيئة (المصدر: Abdel-Megeed, 2004)**

إستراتيجيات المعالجة الحيوية

عدد من الإستراتيجيات المعالجة الحيوية يمكن أن تستخدم لإعادة نوعية التربة والبيئة إلى وضع مناسب0 ولمعالجة ملوث معين يمكن إستخدام واحد أو أكثر من الإستراتيجيات التالية لضمان نجاح عملية المعالجة الحيوية0

- المعالجة الحيوية الذاتية

وهي المعالجة الحيوية الطبيعية للمواقع الملوثة بواسطة الكائنات الدقيقة المستوطنة وفي الواقع إذ لم تكن الظروف البيئية فقيرة جدا للنمو الميكروبي ولم يكن هناك أي تهديد مفاجئ من المواد الكيميائية المنتشرة فإنه العديد من الملوثات يتم

تكسيرها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المستوطنة مع مرور الزمن وقد يكون معـــدل التكسير بسيط في بعض الحالات0

- التحفيز الحيوي

عبارة عن إضافة المغذيات مثل النيتروجين والفوسفور لتحفيز الكائنات الحيـــة الدقيقـــة المستوطنة في التربة 0

- الحقن الحيوي

وهو شكل من أشكال التحفيز حيث يكون المحفز عبارة عن غاز الأكســـجين والميثـــان والتي قد تضاف ذاتيا أو يتم إضافتها صناعيا لتحفيز نشاط الكائنات الحية الدقيقة 0

- التلقيح الحيوي

وهو حقن المواقع الملوثة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة لتسهيل عملية التكسير الحيوي واللقاح إما أن يكون عبارة عن كائنات حية دقيقة طبيعية أو معدلة وراثيا وإما أن يكون مـــن نوع واحد أو عدة أنواع متحدة وفي أي حالة يتم إختيار الكائنات الحية الدقيقة إســـتناداً إلـــى قدرتها المرتفعة على تكسير الملوث في موقع الدراسة0

- خدمة الأرض

وهي عبارة عن دمج أو إضافة الملوثات أو المخلفات لسطح تربة غير ملوثة وتتم هذه العملية عن طريق إنشاء قطع خاصة من الأرض المبطنة بواسطة طبقة سميكة من الطين إما طبيعية أو يتم إنشائها لمنع غسيل الملوثات إلى المياه الجوفية0 حيث تحرث التربـــة أو يـــتم تسويتها لجعلها منتظمة الخلط من حيث التهوية والرطوبة فإذا كان تركيـــز الملـــوث عـــالي بالنسبة لعملية التكسير العادية أو السهلة فإن عملية الحرث والتسوية تساعد علـــى تخفـــيض التركيز0 أخيرا إذا إستخدمت مع التحفيز الحيوي أو التلقيح الحيوي فإن الحـــرث والتســـوية يعطي توزيع منتظم للأسمدة واللقاح الميكروبي على التوال0

- التدبيل

وهي إستخدام الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة في أكوام من التربة أو المخلفات النباتية مثل قش التبن لتكسير الملوثات ويتم خلط الأكوام وترطيبها على فترات لتعزيز النشاط الميكروبي0

- المعالجة النباتية

ويتم إستخدام النباتات لإزالة أو احتواء أو تحويل الملوثات ويمكن أن تتم بصورة مباشرة بواسطة إستخدام النباتات التي لها القدرة العالية على إحتواء المعادن الثقيلة أو بطريق غير مباشر بواسطة إستخدام النباتات لتحفيز الكائنات الحية الدقيقة في منطقة الريزوسفير0

حالات دراسية لبعض الإستراتيجيات المستخدمة في المعالجة الحيوية

سوف نعرض تطبيق بعضاً من الأنواع المختلفة للمعالجة الحيوية لتخفيض أو إزالة الملوثات فى التربة0 ومن المهم أن نذكر أن بعض الإستراتيجيات مازالت في مراحلها الأولى ولا يمكن القيام بالتوصية أو تفضيل طريقة عن أخرى وجدير بالذكر أن إستخدام أكثر من إستراتيجية غالبا ما يكون نافعا0

حالة دراسية بإستخدام التحفيز الحيوي

في مارس 1989 إصطدمت ناقلة النفط Exxon Valdez بالصخور في مضيق Prince William بألاسكا بالولايات المتحدة الأمريكية حيث تسرب منها أكثر من أربعين مليون لتر من النفط الخام في المضيق خلال 5 ساعات وعلى إمتداد 1500 كم على امتداد الساحل وخليج ألاسكا حيث كان التلوث بدرجات متفاوتة بالنفط الخام0 ولاحتواء النفط الخام على كميات عالية من الكربون وكميات قليلة من النيتروجين والفوسفور, ثم إختيار جزء من الشاطئ لإستخدام التحفيز الحيوي في عملية المعالجة0 وبعد إضافة عدة أسمدة للتقييم ثم إختيار مستحلب Eap22 Inipol وهو عبارة عن سماد مستقر في الماء والزيت0 وهو ثابت عند درجة حرارة الغرفة ويبدو كالعسل لهذا يجب تسخينه إلى درجة حرارة 90 مئوي قبل أن يتم رشه على التربة0 ثم إضافة Eap22 Inipol على هيئة طبقة رقيقة عند الشاطئ بمعدل 300 مللي / متر مربع0 وعند إختلاط المستحلب الدقيق مع النفط الخام فإن Eap22 Inipol سيكون غير مستقر ويتم تحرير النيتروجين بالإضافة إلى مواد عضوية ذات سطح نشط0

ويعمل حامض الأوليك في الأيني بول مصدر للكربون المتكسر والطاقة لزيادة نشاط وعـــدد الكائنات الحية الدقيقة المستوطنة المكسرة للكربون0 وعند إستهلاك حامض الأوليك فإن زيادة الحجم الحيوي للبكتيريا المكسرة تدعم وتحسن عملية المعالجة الحيوية للبترول0 فالمشـــاهدات المرئية والملاحظات الكيميائية المسجلة بينت براهين دراماتيكية وهي أن المعالجـــة الحيويـــة بواسطة التحفيز الحيوي شارك في علاج الموقع بالإضافة إلى أنه المعالجة الحيويـــة الذاتيـــة حدثت في غياب المعالجة الحيوية بالتحفيز0 ومعـــدل التســـريع المشـــاهد بواســـطة Inipol Eap22 كانت حرجة لنجاح الجهود المبذولة في إستخدام المعالجة الحيوية0

حالتان دراسيتان يوضحان الحقن والتحفيز الحيوي للتربة

تم عمل برنامج الحقن والتحفيز الحيوي لمعالجة التربة الملوثة في الولايـــات المتحـــدة الأمريكية بهيئة الطاقة بموقع نهر سافانا بالقرب من جنوب كاليفورنيا بمركب ثلاثـــي كلـــور أثيلين ورباعي كلور أثيلين0 حيث تم حفر آبار أفقية وتم حقن غاز الميثان بتركيز 1% وأدى الحقن بالميثان إلى زيادة عدد المحبة للميثان بكميات مختلفة0 وبالرغم من أن التربة التحـــت سطحية هوائية تم عمل منطقة لا هوائية والتي نتجت لزيادة الحجم الهوائي والتي تؤدي إلـــى إختزال أو تحويل رباعي كلور الايثيلين إلى ثلاثي كلور الايثيلين والذي يمكن بعد ذلك يؤكسد بواسطة الميكروبات المحبة للميثان0 وكانت الحسابات لهواء بـــدون ميثـــان تحتـــاج عمليـــة المعالجة 10 سنوات للتخلص من95 % من الملوثات في حين الهواء المحقون بالميثان يحتاج إلى 4 سنوات أو أقل مع توفير مليون دولار0 وفي الواقـــع الحقـــن بالميثـــان ربمـــا هـــي الإستراتيجية الوحيدة لتخفيض1.5 تركيزTCE0 حتى تكون مواصفات المياه صالحة للشرب0 حيث الكمية القياسية تكون أقل من 5 نانو جرام من (TCE) في اللتر0

أيضاً في سان بيرنادينو كونتري بكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية ثـــم تســـرب 4000 لتر تقريبا (1000 جالون) من وقود الديزل من خزانـــات فـــوق الأرض0 وخـــلال دراسة التسرب إكتشف أن الخزان التحت الأرض يسرب وقود الديزل أيضا وبـــالرغم مـــن إحتواء وقود الديزل على خليط معقد من الهيدروكربونات (45 % الكانـــات حليفـــة, 30 % الكانات عادية و 24 % عادية) هي قابلة للتكسير مثل الجازولين والكيروسين0 بدأت هيئـــة المياه الدراسة بتحديد مدري إنتشار التلوث وخلال ستة أشهر أظهرت الحفر التحت ســـطحية والتي كانت على هيئة أعمدة أقل من 10 وحتى 1500 ملليجرام هيدروكربونات لكـــل كيلـــو جرام تربة كما ظهر أن المياه الجوفية تحرك 638 ملليجرام / كجم تربة إلى منخفض خلـــف خزان صغير والتي من المحتمل أن تلوث المياه السطحية0 وبالتوافق مع مواصفات الموقـــع

الدراسات المعملية أظهرت أن عينات التربة التحت سطحية تحتوي على مجتمع من البكتيريا المكسرة لوقود الديزل والفطريات وخمائر ولأن الكائنات المكسرة موجودة بالفعل0 تم إستخدام نوعين من المعالجة الحيوية وهي التحفيز الحيوي والحقن الحيوي لتشجيع أو زيادة التكسير الحيوي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المستوطنة ثم إضافة المغذيات مثل النيتروجين والفوسفور بنسبة 5/1 وحقن فوق أكسيد الهيدروجين لإعطاء الأكسجين حيث تم خلطه بالماء وحقنه كل أسبوع لمدة أربع أشهر في سبعة حفر وبعد ستة أشهر لم يتم الحصول على أي كربوهيدرات (أقل من 1 ملليجرام / كجم) وبعد مرور سنتين تم حفر الأعمدة السابقة ولم يوجد أي أثر لوقود الديزل (الملوث)0

وهكذا فإن إستراتيجية المعالجة الحيوية جعلت ظروف التربة مثالية بواسطة إضافة النيتروجين والفوسفور والأكسجين والرطوبة (الماء) وهذا حسن التكسير الحيوي لوقود الديزل0 وكانت تكلفة المعالجة الحيوية فعال بواسطة توفير تكاليف المعالجة عن طريق التخلص من أطنان التربة الملوثة والمواد التحت سطحية0

حالة دراسية تشمل تحفيز حيوي وخدمة الأرض

تمتلك شركة Ciba - Geigy سابقاً Syngenta وحالياً حوالى190000 متر مكعب من التربة الملوثة بواحد من المبيدات0 وكانت الإستراتيجية المتبعة للمعالجة في وحدة التنظيف الحيوية (BCU) ومساحتها 8 هكتار وهي خدمة الأرض بواسطة الحرث أو التسوية لوحدة التطبيق الحيوي 4 مرات في الأسبوع مع أخذ عينات أسبوعياً لقياس إختفاء المبيد ومتابعة سير عملية المعالجة بالتحفيز الحيوي وتم إضافة 888 كجم من السماد إلى الهكتار (نيتروجين – فوسفور – بوتاسيوم) إلى التربة الملوثة وذلك في وحدة تنظيف حيوية (BCU)0 وتمت المعالجة بالحقن الحيوي وذلك بإضافة 2000 لتر من بكتيريا السيدوموناس القادرة على تكسير هذا المبيد0 وكان تركيز المبيد الابتدائي حوالي 100 ملليجرام / كجم من التربة ولكن بعد 20 أسبوع وصل تركيز المبيد تحت المستوى المستهدف وهو حوالى10 ملليجرام / كجم0 وكانت هناك إختلافات كبيرة قد شوهدت في وحدة النظافة الحيوية حيث شوهدت بقع ساخنة بسبب عدم إكتمال الخلط وتكسير طبقة الطين أو تجمعات الطين ولكن بعد وقت إضافي تم السيطرة عليها حتى أن هذه البقع وقعت تحت الحد القياسي لوحدة النظافة وهى 10 ملليجرام / كجم 0 هذا وأنفقت الشركة تقريبا 1.050.000 دولاراً بإستخدام المعالجة الحيوية للتربة مقارنة بحوالى 5.300.000 دولارا بإستخدام الطرق الأخرى أي إنه تم توفير 4.250.000 دولار في هذا الموقع0

حالة دراسية بإستخدام المعالجة النباتية

المعالجة النباتية هي إستخدام النبات لإزالة أو احتواء أو تحويل الملوثات وتعتبر هذه الطريقة في مراحلها الأولى والحالات الدراسية الجيدة ما زالت نادرة التأثير الغير مباشر للنبات عندما تفرز الجذور مواد تحفيزية في منطقة الريزوسفير والتي بدورها تحفز مجتمع الميكروبات في منطقة الجذور لكي تكثر أنواع مختلفة من المركبات0 إن معظم الدراسات كانت مركزة على المبيدات كأحد أمثلة المعالجة النباتية بالملوثات غير زراعية0 وهذه النوعية من النباتات سهلت تكسير ثلاثي كلورو الايثيلين بواسطة الميكروبات0 وأنها سهلت من دور بعض الميكروبات من معدنة الثلاثي كلورو أثيلين في التربة الملوثة به أسرع مرتين في حالة وجود الفول الصويا والصنوبر الكثيف مقارنة بتربة غير مزروعة0

أما تأثير النبات المباشر فمعظم البحوث تركز على النباتات التي لها القدرة على إحتواء أو ترسيب كميات زائدة من المعادن الثقيلة0 والنباتات لها القدرة على تخزين المعادن الثقيلة في بعض الحالات تصل إلى 3% من وزنها الجاف بدون أن يصاب بأي أضرار ظاهرة0 وبعدها يمكن إستخلاص المعادة الثقيلة من النبات ويتم إعادة تدويرها0 ومن المهم ملاحظة أنه في التأثير المباشر للنبات فإن إمتصاص المركبات الصغيرة والمنخفضة الوزن الجزئي تكون مفضلة عن الكبيرة الوزن الجزئي لأنه الأخيرة خصوصاً إذا كانت محبة للماء تمنع من الإمتصاص من قبل الجذور0

مميزات وعيوب المعالجة الحيوية

لقد أوضحت الحالات الدراسية السابقة عدد من المميزات للمعالجة الحيوية مقارنة بالمعالجة الغير حيوية0 فهي إضرار للإستخدام الشخصي وأقل تكلفة لأن الملوثات يمكن التعامل معها في الموقع0 والمعالجة الحيوية عبارة عن عمليات طبقية ولهذا غالباً لا يوجد مخلفات لهذه العملية0 ولكن من ناحية أخري فأن المعالجة الحيوية بها عيوب والتي يمكن معرفتها من خلال قائمة المعايير الواجب توفرها لإستخدام المعالجة الحيوية 0

مثلاً إنخفاض قابلية الملوث للمعالجة الحيوية يحد من إستخدام المعالجة وأسوأ سيناريو يكون للمواقع التي تكون ملوثة بأكثر من مركب أو حتى صنف واحد من المركبات ولكن مع خليط من المركبات الغير عضوية والمركبات العضوية في مثل هذه المواقع يجب أن يكسر حيويا بواسطة الكائنات الدقيقة والأخرى تكون سامة للكائنات الدقيقة0 أحد المركبات يحتاج

إلي ظروف هوائية بعملية التكسير الحيوي والأخر يحتاج ظروف لا هوائية للعملية0 ومن ناحية أخرى أحد المركبات تحتاج إلي وسط متعادل أو قلوي لكي تتم عملية المعالجة الحيوية وأخر يحتاج إلي ظروف حامضية0 ويتعاظم دور التداخل الحيوي والكيميائي والطبيعي عندما يكون في الموقع مركبات معقدة وذات سلاسل كيميائية طويلة0

مستقبل المعالجة الحيوية

عدد من القيود تؤخر التقدم وإستخدام المعالجة الحيوية لتنظيف التلوث البيئي0 هذه القيود تتراوح ما بين أسباب علمية وأسباب تكنولوجية وأسباب سياسية وأسباب تنظيمية والقصور الاجتماعي0 فمثلاً حتى بعد التعرف علي الكائن الحي وعزله لإستخدامه في عملية تكسير الملوث فالنشاط المطلوب للتكسير الحيوي لا يحدث حتى يقوم المكسر بالإتصال بالملوث0 وهكذا فإن المعالجة الحيوية يمكن تمثيلها بجهد الطاقة ضد الطاقة النشطة0 وفي بعض الحالات يمكن أن تقيد المعالجة الحيوية بالتزامن ما بين الكائنات الحية ووجود المحفزات الحيوية لكي تتم عملية التكسير0

وبالرغم من أن القيود موجودة فالمعالجة الحيوية يمكن أن تكون أساسية في أي وقت هذا أن لم يكن فعلاً هي الأستراتيجية الأساسية في عملية إعادة تأهيل العديد من البيئات الملوثة0 وهذا بسبب أن المعالجة الحيوية عملية طبيعية تقوم بعملية تدوير العناصر في الملوثات بعكس دفنها وجعلها مسئولية الأجيال القادمة بالإضافة إلي النظرة المفضلة لعملي المعالجة الحيوية فالعديد من المنظمات العالمية تشجع علي إستخدام ها لإعادة تأهيل المواقع المدمرة بالملوثات البيئية0

دور علم الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى مجابهة أخطارالتلوث البيئى

ظهر علم الهندسة الوراثية في السبعينات وهو علم وفن التلاعب بالجينات ويمثل هذا العلم الجديد أكبر ثورة في علوم الحياة تستطيع أن تساهم مساهمة كبيرة في توفير الغذاء والكساء والدواء والطاقة0 ولكن الجانب الأخر لهذا العلم يمكن أن يقضي علي الجنس البشري لو لم يحسن إستخدامه وتوجيهه الصحيح ومثل كل علم جديد فإن الهندسة الوراثية تستقبل معها تبدلا في المفاهيم وتعديلاً في القيم فبعد الثورة التي كشفت فيها سر الذرة ثم الثورة التي

تخلص بها الإنسان من جاذبية الأرض وإنطلق إلي الفضاء جاءت ثورة الكمبيوتر0 وها نحن نعيش في أخطر الثورات جميعا وهي ثورة (البيولوجيا) أنها ثورة مادتها الحياة0

إن كل جديد في العلم يقابل الناس ببرود فعل متباينة تتراوح بين الإنبهار والإعجاب أو بين الإستنكار والرفض فقد إتهم جاليليو بالكفر عندما إكتشف كروية الأرض وإتهم باستير بالجنون عندما إكتشف الميكروبات وإتهم أينيشتين بالجهل وفصل من الجامعة عندما إخترع نظرية النسبية0 وهو ما يحدث الآن عند التحدث عن الهندسة الوراثية فكل جديد يجب مناقشته بطريقة علمية هادئة فمن لا يؤخذ كله لا يترك كله فكل شئ في الطبيعة بداية بالسكين والذرة والكمبيوتر له جانبه المفيد وعلي الوجه الأخر جانبه الضار إذا ساء إستخدامه0

بدأ علم الهندسة الوراثية من دراسة الفيروسات التي تنمو في داخل سلالات معينه من بكتريا الـ *E. coli* والتي يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع إن تنمو داخل سلالات أخرى0 هذا الأمر أرجعه العلماء إلي إن السلالات المقاومة من البكتريا تقوم بتكوين أنزيمات تتعرف على مواقع معينه على جزئ الـ DNA الفيروسي الغريب وتقوم بهضمه إلي قطع عديمة القيمة, هذه الأنزيمات أطلق عليها أنزيمات القطع المحددة Restriction enzymes ومن المعروف إن الفيروس يحتوى على DNA والبكتريا أيضا تحتوى على DNA0 إذن لماذا تهاجم أنزيمات القطع المحددة DNA restriction enzymes الفيروسي ولا تهاجم DNA البكتيريا ؟ وجد الباحثون إن البكتريا لكي تحافظ على DNA الخاص بها حيث تضيف مجموعه ميثيل إلي النيوكليوتيدات في مواقع جزى DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع التعرف على DNA الفيروسي مما يجعل DNA البكتيري مقاوما لفعل هذا الأنزيم0 قد تم بالفعل فصل ما لا يزيد على 250 أنزيما من سلالات بكتيرية مختلفة كالأنزيم من هذه الأنزيمات يقوم بالتعرف على تتابع معين من النيوكليوتيدات حيث يقوم الأنزيم بقص جزئ DNA عند موقع التعرف0 تعمل أنزيمات القطع المحددة على توفير الوسيلة لقص DNA إلي قطع معلومة من النيوكليوتيدات عند أطرافها كما إن العديد منها يكون أطرافا مائلة حيث تكون قطع اللولب المزدوج ذات طرفين مفردي الشريط عليها الأطراف اللاصقة لان قواعدها تتزاوج مع طرف قطعه أخرى نتج عن نفس الأنزيم على DNA آخر ومن خلال تلك التقنية تمكن الباحث من لصق قطعه من الـ DNA بقطعه أخرى بذلك تمكن علماء البيولوجي من التعامل مع الخلية على مستوى الجين وأمكنهم تحقيق التحسين الوراثي للنباتات والحيوانات التي كان علماء الوراثة والتربية التقليديين يقفون أمامها عاجزين بسبب صعوبة الحصول على تراكيب وراثية مرغوبة نتيجة الارتباط السابق الإشارة

إليه وفتح الباب على مصرعيه لنقل الجينات من كائن إلى كائن آخر والذي كان درب من الخيال فيما مضى0 ومن هنا قد أصبح للهندسة الوراثية أهداف عظيمة تحقق بعضها والعمل جارى على قدم وساق لتحقيق الباقى ولن تنتهي الطموحات التى فتحها هذا العلم لخدمة البشرية فى كافة المجالات والتى نجملها فى التالى :-

1- إنتاج نباتات مقاومة للأمراض الفيروسية0

2- نباتات مقاومة للحشرات0

3- نباتات مقاومة لمبيدات الحشائش0

4- مقاومة التلوث البيئي0

ومقاومة التلوث البيئي هو الأمل المنشود والمأمول فى هذا الصدد، وعبر تلك التقنية الحديثة يمكن إعادة رسم خريطة التلوث البيئى بطريقة تساير التقدم المذهل فى هذا العصر عبر:-

1. إنتاج بكتيريا محللة لفضلات مياه المجارى0
2. إنتاج البكتيريا لبروتينيات تغلف المواد الضارة بالبيئة مثل مركب الـ د د ت0
3. إنتاج بكتريا تقاوم التلوث البحري بالبترول بإستخدام بكتريا تفتت وتلتهم جزيئات مكونات البترول المعقدة وتحويلها إلى مواد بسيطة صديقة للبيئة0
4. إنتاج بولميرات تنتجها بكتريا يوتر وفاس الي *E. coil* ثم الي النبات هذا البلاستك الحيوى يشبه البلاستك ويسهل تحلله بكتيريا وعليه فهو بديل آمن بيئيا اكتشفه الكيميائي دوجلاس دينيس حيث وجد أن بكتيريا يوتروفاس لها القدرة على إنتاج مادة (PHB) البلاستيكية ثم جاء دكتور كريس سومر (عالم نبات جامعة ميتشجان) فقام بنقل جينات PHB ببكتيريا يوتروفاس الي الشريط الوراثي لبعض نباتات العائلة الخردلية وهذا يمثل خطوة هامة في صناعة البوليمرات حيث أمكن لتلك النباتات إنتاج مادة PHB البلاستيكية0
5. إستخدام البكتريا المحللة لمياه المجارى العادة إستخدام ها فى زراعة الأشجار الخشبية0

و فيما يلى نوجز بإختصار الخطوات الرئيسية المتبعة فى توظيف بعض الكائنات الحية فى مجابهة التلوث البيئى ويوضح شكل (15) الخطوات الأساسية المتبعة فى تلك التقية من خلال التسلسل الآتى:-

- **رسم الخرائط الوراثية**

يمكننا تشبيه الخرائط الوراثية بالعرض البياني المركز للمسافات النسبية ولكن معبراً عنها بالإتحادات الجديدة بين جينات المجموعات الإرتباطية الواحدة المحمولة في كروموسوم واحد والمقصود برسم الخرائط الوراثية هو تحديد المواقع النسبية لمقاطع المادة الوراثية (DNAfragments) المختلفة في المحتوي الوراثي للكائن وتحديد مدي إرتباط هذه المقاطع بالصفات الوراثية سواء الكمية التي تعتمد في توارثها علي العديد من الجينات مثل تمثيل المركبات الفوسفورية العضوية أو النوعية التي تعتمد في توارثها علي جين واحد أو عدد قليل من الجينات0

- **دراسة تتابع النيكلوتيدات داخل الجين**

لمعرفة التركيب المتناهي الدقة للخرائط وذلك بمعرفة تتابع النيكلوتيدات داخل الجين حتى يمكن إختيار إنزيمات القطع المحددة اللازم إستخدام ها للحصول على الجين المطلوب وهو ما يعرف باسم The ultimate fine structure maps وهى طريقة إنزيمية ومنهيات لسلسلة د ن ا لإنتاج قطع من د ن ا تكون نهايتها عبارة عن نيكلوتيدات خاصة تحتوى على سكر ريبوزى من نوع خاص هو 2,3 Dideoxyribolose حيث تحتوى ذرة الكربون الثانية والثالثى على ذرة هيدروجين ناقصة لذرتي الأكسجين وبدلا من مجموعة OH على ذرة الكربون الثالثة والضرورية جدا ليستطيع أنزيم بلمرة د ن ا من العمل على إتحاد النيكلوتيدات وتكوين رابطة الإستر بين مجموعة االهيدروكسيل بالسكر ومجموعة حمض الفوسفوريك في النيوكليتيدة التالية لتتكون سلسلة د ن ا الفردية قبل إتحادها مع مثيلتها لتكوين سلسلتين الـ د ن ا المزدوج الحلزوني0

- **معالجة الجين المعزول لكى يعبر وراثياً عن نفسه Gene Expression**

لكي يتم تعبير الجين وراثياً أي نسخ الجين لنفسه وتكوين صورة على شكل mRNA ليتم ترجمتها على الريبوزومات لتكوين البروتين اللازم لإظهار صفة نباتية

مرغوبة (شكل مظهري Phenotype) يجب أن يتكون هذا الجين من ثلاثة مناطق المنطقة الأولى تسمى الحافز Promoter Sequence فهي التى تساعد في تحديد توقيت عمل الجين وموقع تعبير الجين فهي بمثابة شفرة للجين نفسه تقول له من هنا تبدأ في نسخ الرنا الرسالة أو الرسول (ابدأ من هنا) والمنطقة الثانية هي منطقة التشفير وهى تحمل معلومات تحدد طبيعة البروتين الذي يشفره الجين structure gene وأخيرا المنطقة الثالثة والتي يطلق عليها (Ploy adenylation) Poly-A وهى المسئولة عن إنهاء عمل نسخة ال mRNA الرسول Messenger RNA transcript على الوجه الصحيح وكأنها تقول للجين أنهى عملية النسخ هنا0

- **مرحلة تطعيم الجين وإكثاره**

تأتى مرحلة تطعيم الجين الذي تم تركيبة على بلازميد خلية بكتيرية (البلازميدات هي تراكيب وراثية غير كروموسومية للبكتريا وهى عبارة عن جزيئات من DNA تتضاعف مستقلة عن الكروموسوموم في النواة الغير حقيقية وتحتوى تلك البلازميدات على موروثات تمكنها من الإنتقال من خليتها Donor cell إلى خلية أخرى لذلك تسمى تلك البلازميدات بالبلازميدات المعدية أو بلازميدات الاتصال)0 قد تتصل بعض البلازميدات بكروموسوم الخلية عن طريق عملية اتصال مزدوج (العبور وراثي) Cross over وعند إتصال البلازميد مع كروموسوم الخلية فإنه لا يتضاعف أو ينسخ مستقلاً بذاته بل يصبح تضاعفه مرتبطا بتضاعف الكروموسوم ثم بعد التضاعف تعيد إستقلاليتها عن الكروموسوم وهى نفس الخاصية للفيروسات المعتدلة viruses Temperate والتي إستخدمت في هندسة الكائنات الأخرى وراثياً0 ثم يتم فتح حلقة البلازميد بإستخدام إحدى إنزيمات القطع المحددة وينقل إليها الجين الجديد المرغوب إكثاره وتطعيمه عن طريق أنزيم اللصق الليجيز ويتم التحام الجين الجديد بحلقة البلازميد ثم يتم إيلاج البلازميد المطعوم إلى داخل بكتريا *E. coli* أو *Agrobacterium* التى تتكاثر بسرعة هائلة فيتم مضاعفة عدد البلازميدات المحتوية على الجين الجديد ولتميز الخلايا البكتيرية المحتوية على البلازميد المطلوب يتم معاملتها بأحد المضادات الحيوية مثل إستربتوميسين أو الكاناميسين فخلايا البكتريا التى تقاوم تكون هي المحتوية على الجين المطلوب0 وهناك طرق عديدة لنقل الجين المعزول وإيلاجها في جينوم الكائن المرغوب هندسته نوجزها في التالي :-

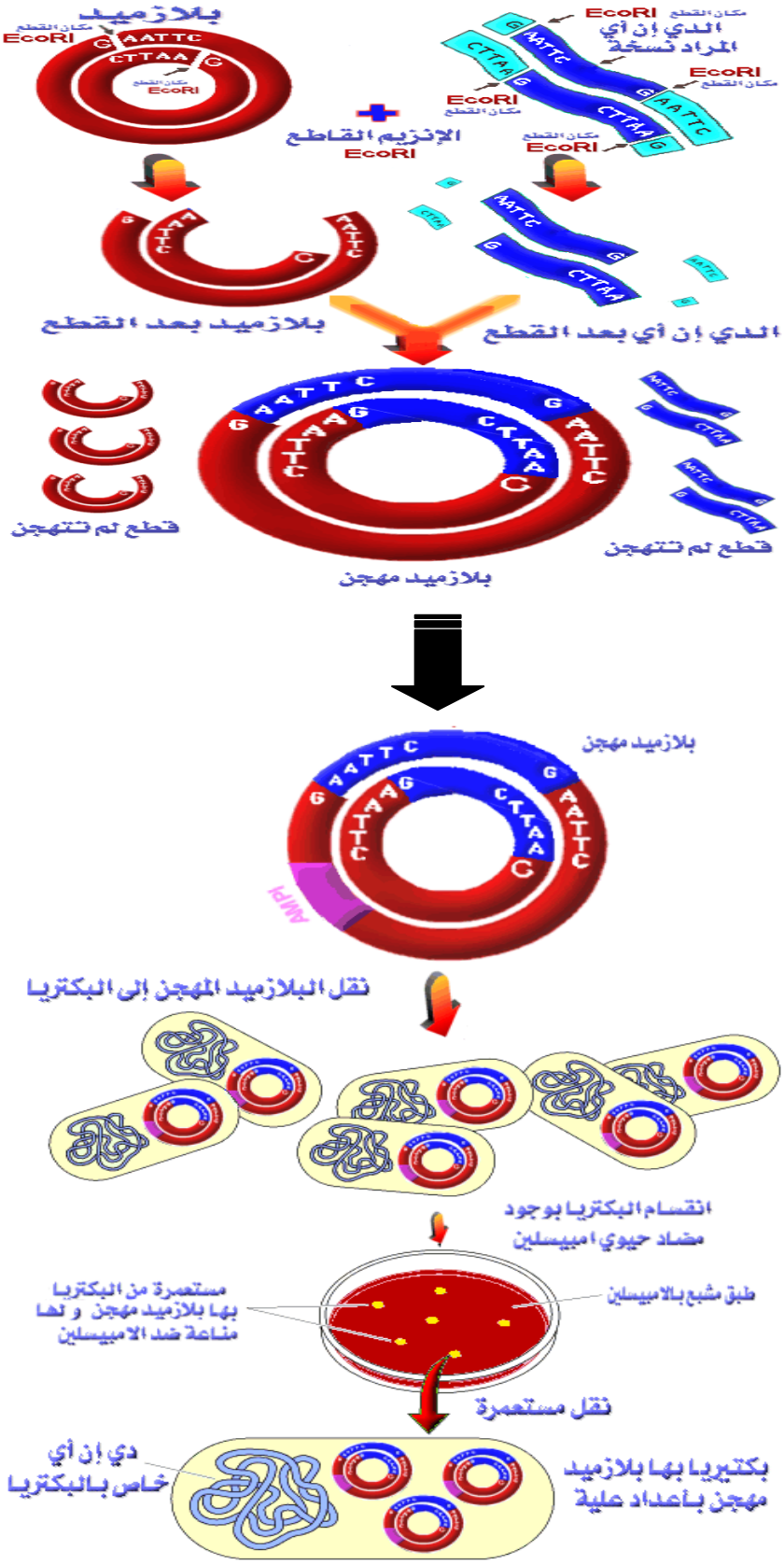
أ- النقل بواسطة الأجروبكتريوم t DNA

أول نظام لهندسة النباتات وراثياً وهو الأوسع إستخدام هو نقل الجين المرغوب إلى النبات بإستخدام قدرة بكتريا *Agrobacterium tumefaciens* الممرضة في نقل جزء من DNA إلى خلايا النبات وتقوم البكتريا بنقل جزء من DNA لديها (أو الخاص بها) تسمى (Transferred DNA (TDNA بالإندماج إلى كرموسومات النبات المصاب لتدفعه إلى إنتاج الهرمونات النباتية لترفع مستواها في تلك الخلايا إلى المستوى الذي يؤدى إلى سرعة تكاثر الخلايا وتكوين كتل من الخلايا الجذرية والتي تعرف Crown gall لتصبح تلك الأورام مكان صالحاً وبيئة ملائمة ومصدر غذائي لتلك البكتريا فيما يعرف بمرض التدرن التاجي Crown gall disease ولكي تكون تلك البكتريا فعالة كأداة للنقل الجينى لابد من إستئصال جيناتها المسببة للمرض بمعنى نزع سلاحها0

ولقد نجح Chilton Mary Dell سنة 1983 وآخرين من شركة مونسانتو وجامعة واشنطن من إستئصال الجينات الممرضة دون المساس بالية نقل DNA وبالرغم من بساطة الطريقة ودقتها إلا أن كثير من المحاصيل من بينها محاصيل الحبوب مثل الأرز والقمح والذرة ليست من عوائل الإجروبكتريوم لذلك تم البحث عن نظم بديلة0

ب- دمج الجينات إلى خلايا البروتوبلاست

يزال جدر الخلايا بأنزيمات لإن ثقوب الخلية الموجودة بجدر الخلية أصغر من أن تسمح لـDNA بأن يمر بسهولة أما عندما تزال الجدر فلن يعيق نقل DNA سوى الغشاء البلازمي والذي يمكن لبوليمر عضوي مثل البولي إثيلين جليكول من إختراق DNA للغشاء البلازمي وهو أكثر عوامل النقل الكيميائي شيوعاً0 كما يمكن دمج DNA إلى خلايا البروتوبلاست بواسطة الثقب الكهربي Electroporation وفى هذه الطريقة تقوم نبضات كهربائية قصيرة بأحداث ثقوب سريعة الزوال في غشاء الخلية العارية يمكن أن تمر جزيئات ال DNA من خلالها0 ولكن تلك التقنية أي عزل البروتوبلاست وجد أنها تقنية صعبة في كثير من الحبوب وتنتج عنها نباتات عقيمة0



شكل (15) يوضح كيفية إستخدام تقنية الجين تكنولوجى فى التحوير الوراثى للكائنات الحية والإستعانة بها فى نقل صفة وراثية مثل صفة تحطيم المركبات الفوسفورية العضوية

ج- طريقة الحقن المجهري

طريقة الحقن المجهري Micro injection تتم بإستخدام إبر خاصة لحقن المادة الوراثية داخل نواة الخلية تحت ميكروسكوب خاص يسمى Micro manipulator إستخدمت تلك الوسيلة في نقل DNA ولكن وجد أنها تقنية غير عملية لأسباب عدة منها أن طرف الإبرة المستخدمة عادة ما ينسد أو ينكسر بسهولة كما أن إدخال ال DNA للخلايا خلية خلية عملية مجهدة ولا تلائم العمل التجاري ولا يمكن بها ضمان التحام الجين المنقول إلى جينوم الخلية0

د-تقنية قاذفات الجسيمات الدناوية GENE GUN

وهى طريقة لقذف الخلايا النباتية بالمادة الوراثية المنقولة بعد تغليفها لجسيمات معدنية فلزية ذات أقطار 1-2 ميكرون0 يتم قذف تلك الجسيمات بسرعة عالية بإستخدام Gene Gun لتخترق جدر الخلايا وتنقل الجين المرغوب ونظراً لأن الثقوب التى يحدثها القذف السريع صغيرة للغاية فهذه الثقوب تكون مؤقتة ولا تعرض سلامة الخلايا للخطر ويتكون Gene Gun من قاذف خرطوشي عيار 0.22 كقوة دافعة يحتوى على بارود فقط0

عوامل تؤثر في عملية الإضمحلال البيولوجي

هناك عدد كبير من العوامل البيئية المتغيرة التي تؤثر في سرعة ومدي الإضمحلال البيولوجى للمركبات العضوية0

من بين أهم هذه العوامل ما يلي:

1 - درجة الحرارة

2 - تركيز أيون الهيدروجين

3 - الماء وملوحة الماء

4- كمية ونوع الغذاء المتوفر للأحياء المجهرية الدقيقة، وكذلك الفيتامينات وآثار المعادن

5- غاز الأكسجين المذاب

6- تركيب الأحياء المجهرية الدقيقة

7 - ثم قابليتها علي التأقلم أو التكيف

1) درجة الحرارة:

تتبع التفاعلات الكيميائية البيولوجية (وبضمنها تفاعلات التمثيل الحيوي) القاعدة العامة التي تقرر أن تزداد سرعة التفاعلات الكيميائية بزيادة درجة الحرارة0 ومعلوم أن الفعاليات البيولوجية الدقيقة تحتاج الي الماء السائل، وهذا بالضبط يحدد إمكانياتها التفاعلية ضمن درجات حرارة تتراوح بين درجتين تحت الصفر (في الماء شديد الملوحة إذ أنه لا يتجمد في درجة الصفر المئوي) وحوالي المائة مئوية0 هذا فضلاً عن أن أغلب الأحياء المجهرية الدقيقة لا تتحمل إنزيماتها الأساسية درجة الخمسين مئوية أذ إنها تفقد في هذه الدرجة خصائصها الأساسية بل وحتي طبيعتها الإنزيمية0

2) تركيز أيون الهيدروجين

تتعطل فعاليات معظم الأحياء المجهرية الدقيقة في الأوساط شديدة الحموضة أو شديدة القاعدية0 وأن أفضل تركيز لايون الهيدروجين بلغة PH هو ذاك الذي يتراوح بين 4 - 09 ولعل من الطريف أن نعلم أن أفضل قيمة بالنسبة للبكتريا هو الرقم 7، أي الوسط المتعادل أو القريب جداً من التعامل0 أما الخمائر والفطريات فإنها تتكاثر في الأوساط الحامضية0 كذلك يؤثر تركيز أيون الهيدروجين علي نواتج الإضمحلال البيولوجي إذ أن نسب الظروف لتكون السكريات المتعددة هي قيم PH المنخفضة، أي الظروف الحامضية0 هنالك تأثير غير مباشر لقيم PH علي عمليات الإضمحلال البيولوجي، إذ أنها تؤثر علي سياق التحولات البيولوجية كالتفكك بالماء وعمليات الأكسدة الكيميائية والتفكك الكيميائي0 ففي بعض الحالات تكون نواتج مثل هذه التفاعلات الكيميائية قابلة للتحول بدرجات متفاوتة ومغايرة لسياق ونمط تحول المركب الأصل

3) الماء وملوحته

لا تستطيع الأحياء المجهرية الدقيقة أن تقوم بافعالها الحيوية إلا بوجود الماء السائل. كما أن هذا الماء يتغير في خواصه تبعا لما فيه من مواد صلبة ذائبة أو غازات أو مواد أخري عالقة. تعتبر ملوحة الماء واحدة من أبرز العوامل المؤثرة في طبيعته وخصائصه0 ففي مياه

البحار عادة 33 ميلليجراماً من الأملاح الذائبة في اللتر الواحد0 وأن اغلب هذه المواد المذابة في ماء البحر هي أيونات الصوديوم والكلور مع كميات غير قليلة من المغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم وأيون الكبريتات0 وجود هذه الأيونات في ماء البحر يجعل مقدار قاعدية هذا الماء ثابتاً تقريباً وبحدود 8 – 3.8 بمعيار الأس الهيدروجيني0 يتغير مقدار الملوحة في المحيطات أفقياً وعمودياً خاصة بالقرب من مصبات الأنهار عذبة المياه0 وليس واضحاً تماماً الآن كيف أن سرعة تفكك المواد العضوية في ماء البحر هي أبطأ بكثير منها في بعض المياه الاخري (كبعض المياه الجوفية المرة والمالحة وماء أغلب البحيرات المالحة) التي لها نفس قيمة الأس الهيدروجيني0 وبهذا الصدد يري بعض الباحثين أن بطء تحول المركبات العضوية في مياه البحار يعزى الي قدرة هذه المياه علي تعطيل فعالية البكتريا ذات المنشأ غير البحري أصلاً، والتي جاءت الي البحر من الأراضي المجاورة له بفعل تأثير الأمطار الجارفة. لقد فسر بعض الباحثين هذه الظاهرة بقلة ومحدودية الغذاء المتوفر أو اللازم توفره للبكتريا، وخاصة النيتروجين في الوسط البحري0 لقد تم إثبات ذلك في دراسة خاصة بحثت تأثير البكتريا علي معدلات التحول البيولوجى للعديد من المركبات العضوية في الماء العادي وفي عينات من ماء البحر مع توفير غذاء كاف للبكتريا وتحت ظروف متشابهة0 ولقد بينت هذه الدراسة أن الفوارق جد قليلة الإضمحلال البيولوجي Biodegradation للمركبات العضوية في أعماق البحار وعلي قيعانها الرملية العميقة مغاير لذلك الذي يحصل علي سطوحها أو قريبا من هذه السطوح0 وهو أمر متوقع حتي بالنسبة للبحيرات العميقة0 أن أعماق البحيرات والبحار والمحيطات ليست وسطاً صالحاً لفعاليات البكتريا، والسبب هو ضعف أو إنعدام الضوء الشمسي أصلاً في هذه الأعماق السحيقة0

4) الغذاء والفيتامينات وآثار المعادن

لا تستطيع بعض الأحياء الدقيقة تركيب كميات كافية من المركبات العضوية كالأحماض الامينية والفيتامينات و Purines و Pyrimidines الضرورية لنمو هذه الأحياء التي تستهلك النيتروجين0 إن كميات قليلة جداً (آثار Traces) من المعادن لا شك ضرورية لنمو الأحياء الدقيقة والمايكروبات0 لكنها تحتاج الي تراكيز عالية من عنصر الفوسفور والكبريت والمغنيسيوم بدرجة أدق فإذا نقص في الوسط البيئي تركيز واحد من هذه العناصر أو أكثر أدي ذلك الي أضعاف وتأثر الإضمحلال البيولوجي للمركبات العضوية للفوسفور والنيتروجين تأثير شديد علي فاعلية الأحياء الدقيقة في ماء البحر0 لكن تأثير هذين العنصرين أقل في التربة الخصبة أصلاً أو المخصبة بالأسمدة الكيميائية أو الحيوانية0

5) غاز الأكسجين المذاب

قد يكون الإضمحلال البيولوجي Biodegradation هوائياً أو غير هوائي الطبيعة0 بمعني أنه يمكن أن يجري بوجود أو عدم وجود غاز الأكسجين الجزيئي كعامل مؤكسد0 كلا هذين النمطين من العمليات ضروري في الطبيعة، ويجب أن يؤخذا بعين الأعتبار في عمليات تقويم مقدار الإضمحلال البيولوجي للمواد الكيميائية0 تتضمن عملية التأكسد الهوائي إندماج إحدي ذرتي جزيئة الأكسجين مع الوسيط العضوي المغذي للأحياء الدقيقة، وبإتحاد ذرة الأكسجين الثانية مع الهيدروجين يتكون الماء0 وتشمل التحولات البيولوجية غير الهوائية عمليات التخمر والتركيب الضوئي البكتيري (أو البكتيري.. أفضل) والتنفس غير الهوائي حيث تستهلك غازات أخري غير غاز الأكسجين0

6) تركيب الأحياء المجهرية

يتفاوت تركيب عينات من الأحياء المجهرية الدقيقة من بيئة مكانية الي أخري0 بل ويتفاوت هذا التركيب بتفاوت زمن أخذ هذه العينات من البيئة المكانية الواحدة0 يتأثر تركيب النوع الواحد وكميته بجملة عوامل منها قيمة الأس الهيدروجيني PH والرطوبة والجفاف وكمية غاز الأكسجين المذاب، ثم كمية الغذاء المتوفر والتنافس بين الأنواع المختلفة0 لكن ورغم كل هذه المعطيات فان معدل ومدي إضمحلال أي مركب عضوي يستجيب لهذا الإضمحلال البيولوجى تكاد تكون ثابتة بصرف النظر عن مصدر ونوع الأحياء المجهرية الدقيقة (كالبكتريا التي أضيفت الي هذه المركبات العضوية من بيئات مختلفة) شرط توفر تجهيز غذائي كاف وأكسجين بالإضافة الي التحكم في بقية المتغيرات0 إن أحد أكثر الأسباب شهرة فيما يخص ديمومة وجود بعض أنواع البكتريا الفعال في وسط بيئي معين يكمن في تكون مركب كيميائي جديد محدد يتحرر في هذا الوسط0 وأن هذا النوع من البكتريا قادر علي تمثيل هذا المركب الجديد0 أي أن المواد العضوية المعينة والمتاحة في وسط ما تكون سبباً في تكون تراكيز نوع معين من البكتريا التي تعاش بدورها عليه0 فالمسألة برمتها هي عملية تعايش وتكيف لظروف هذا التعايش0 فلقد وجد بالتجربة انه حيثما وجدت مركبات هيدروكربونية وجدت معها تجمعات عالية التركيز من بكتريا التعفن القادرة علي تمثيل هذه المركبات0

7) التأقلم والتكيف

لا يعتبر التأقلم – أي التكيف للبيئة – واحدا من عوامل البيئة المتغيرة، لكنه يعتبر عاملاً مهما في سياق عملية الإضمحلال البيولوجي للكثير من الجزيئات العضوية فيما المركبات الكيميائية التي يطرحها الإنسان في وسطه البيئي الحياتي0 كما أن المركبات الكيميائية التي يصنعها الإنسان يمكنها التحول بيولوجياً إذا ما كانت الميكروبات القادرة علي أداء مثل هذا التحول تستطيع الإفادة من جهازها الإنزيمي الخاص الذي إكتسبته في سياق عملية تطورها0 ويعتمد النشاط الإنزيمي في المركبات الكيميائية الصناعية علي عاملين هما:-

1 – قدرة التجمعات الميكروبية علي قبول هذا الوسط الجديد والتعايش معه كوسط غذائي شرط أن يكون تركيبه الكيميائي مشابها (ليس بالضرورة مطابقاً) لتركيب مركبات موجودة أصلاً في الطبيعة قد تحولت وإضمحلت بواسطة مثل هذه الميكروبات بعينها0

2– قابلية هذه المركبات الجديدة علي إستحداث وتخليق إنزيمات جديدة في الميكروب قادرة علي تحويل هذه المركبات وهذه بالضبط هي ما يسمي بعملية التأقلم أو التكيف0

ولا يقتصر فقط مساهمة البكتيريا على هذا فقط بل هناك العديد من المجالات الأخرى فنجد مثلاً تنتشر البكتيريا فى الطبيعه فى كل مكان تقريبا فهى توجد فى التربة وفى المياه العذبة والمالحة وفى أعماق البحار ومياه الينابيع الساخنة وفى الثلوج القطبية كما يحملها الهواء إلى طبقات الجو العليا0 وهى أكثر إنتشاراً فى الأماكن التى يتوفر فيها الغذاء والرطوبة والحرارة المناسبة لنموها وتكاثرها ونظرا لأن هذه الظروف هى نفسها الظروف التى يعيش فيها الإنسان لذا فإننا نتواجد بين أعداد ضخمه من البكتيريا مثل الهواء الذى نتنفسه والغذاء الذى نأكله وعلى جلد الإنسان والحيوان وفى قناته الهضمية ونظراً لوجود البكتيريا بأعداد كبيرة وفى معظم الأوساط الطبيعية فإنها تحدث فى تلك الأوساط بعض التغيرات كثيرها نافع وقليلها ضار0 فالنشاط البكتيرى المتسع والمتعدد يتراوح من التأثير على خصوبة التربة إلى إنتاج مواد نافعه0 إلى إحداث أمراض للنبات والحيوان والإنسان لذلك فإننا نجد أن المجالات التطبيقية لعلم الميكروبيولوجى عديدة منها ميكروبيولوجيا الهواء والأوساط المائية ومياه الشرب والمخلفات والأراضى والأغذيه والألبان والصناعة والطب والنبات والفضاء0

وهناك أنواعاً من البكتيريا محبه للحديد، فعندما غرقت السفينة العملاقة تايتانيك فى أولى رحلاتها تحولت المركبة إلى مقبرة رقدت داخلها جثث جميع الركاب غير أن القدر شاء أن تتحول السفينة إلى مصدر حياه لكائنات أخرى إجتذبها حطام السفينة بمجرد أن إستقرت فى

أعماق البحر ففى بادئ الأمر جاءت إلى السفينة أفواج من كائنات ميكروسكوبيه أخذت تقتات على بقايا الطعام الموجود فى السفينة حتى نفذ فتحولت هذه الكائنات البحرية لأكـل حطـام السفينة نفسه كما أوضحت الفحوص والتجارب أن هذه البكتيريا المحبة للحديد يمكن أن تكون مفيدة عند إستخدام ها فى التخلص من كميات الحديد الموجودة فى المياه الجوفية التى يمتنـع عنها الناس لإحتوائها على كميات من الحديد تضر بالصحة كما أن لهـا وظيفـة صـناعية بإضافتها إلى الأسمنت الطبيعى لتحسين أداؤه ومؤخراً تم هندسة هذه الكائنات لتصنيع منتجات مثل البولميرات والمواد الخافضة للتوتر السطحى الخاص بالسوائل المذابـة والتـى يمكـن إستخدامها فى أغراض طبية

معالجة بعضاً من ظواهر تلوث الهواء

حالة دراسية هامة وهى ظاهرة السحابة السوداء

حدثت ظاهرة السحابة السوداء لأول مرة عام 97 خلال شهرى أكتوبر ونوفمبر من كل عام بصفة أساسية وتحدث في فترات إنتقال الفصول المناخيه بصفة ثانوية0 وتحدث في فترات إنتقال الفصول المناخيه بصفة ثانوية تزامن معها حدوث الوقائع التالية:-

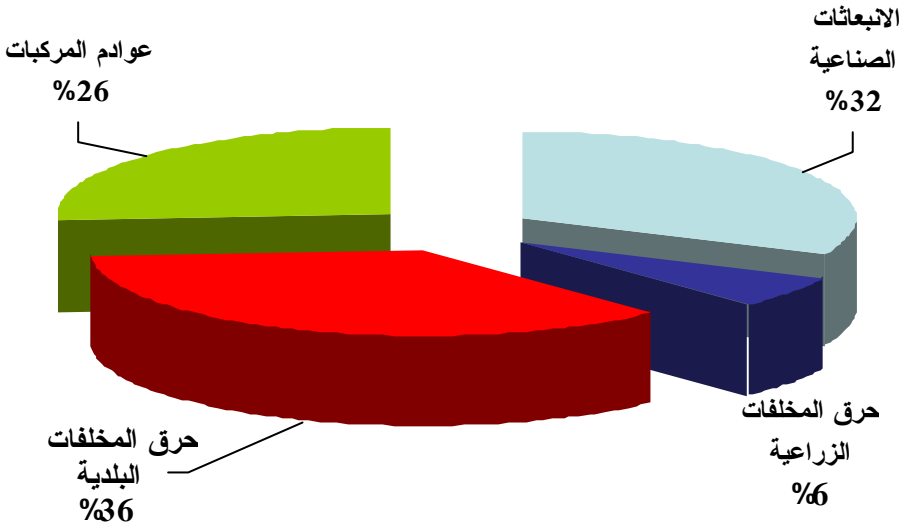
1- إشتعال عشرين ألف طن قمامة متراكمة و منقولة من مصانع السماد والمقالب0
2- إنتشار ظاهرة حرق الأرز لأول مرة بشكل ملحوظ0
3- إستخدام مادة (M.T.B.E) بديلاً للرصاص فى البنزين0

وتحدث ظاهرة السحابة السوداء فى أحياء شرق و شمال وغرب القاهرة وتخف فى أحياء جنوب القاهرة والطريق الزراعى مصر إسكندرية، حيث تشتد شرقاً على الطريق وتخف شمالاً وغرباً0 ويصاحبها الظواهر الآتية:-

1) ضبابى فاتح
2) رائحة حريق مخلفات (يغلب عليها مخلفات زراعية)0
3) تأثر الأعضاء البشرية (أنف- عيون – حلق)0
4) قلة سرعة الرياح أفقيا عن 6 م/ث0
5) قصر طبقة خلط الهواء رأسيا عن 200متر0
6) وجود مرتفع جوى خلال فترة السحابة يحجز الهواء من الإرتفاع رأسياً0

7) وجود نسبة كبيرة من بخار الماء تزيد من كثافة الملوثات وتلتصق بها جزيئات الهباب الأسود فتعطيها إسم السحابة السوداء0

وتحدث هذه الظاهرة خمس مرات علي الأقل سنوياً يصاحبها سحابة بيضاء (وتصل فى بعض السنوات لـــ 22 مرة فى السنة)، وتزداد حدتها في فترات تغير الفصول، وتزداد شدتها بين فصلي الصيف والخريف، والخريف والشتاء0



شكل (16) النسبة المئوية لتركيز المواد العالقة فى الهواء كمتوسط سنوى

لا تكون هذه الظاهرة سوداء إلا بين الصيف والخريف في القاهرة فقط مما يؤكد مصاحبتها لعامل ليس موجودا طول العام0 والسحابة السوداء ليست المتهم الأول فى هذا الصدد ولكن يضاف إليها ناتج الحريق المكشوف أي السناج والدخان مهما إختلف مصدرة من حرق مخلفات صلبه بلدية (قمامة) أو مخلفات زراعية (قش أرز) شكل (16).

ويتم التعامل مع هذه الظاهرة من خلال القضاء على أسبابها كالآتى:-

1. مسببات السحابة البيضاء مثل (أكاسيد النيتروجين- الأكاسيد الفوتوكيماوية- الأوزون الأرضي) وعلى كل أسباب ملوثات الهواء0
2. مسببات السحابة السوداء هى نفس المسببات السابقة مضاف إليها الحريق المكشوف مهما تعددت مصادره0
3. الحد من نسبة الأتربة فى الهواء على النحو الآتى:-

- متابعة تقارير الرصد والقياس الدورى0
- توفيق أوضاع مصانع الأسمنت، والسيطرة على تراب الأسمنت0
- توفيق أوضاع الكسارات والمحاجر مع السيطرة عليها0

04 الحد من نسبة الأتربة والسناج عبر وقف حرق المخلفات البلدية الصلبة (تجمعات القمامة)0

05 الحد من نسبة الدخان والسناج على النحو الآتى:-

1) وقف حرق الأخشاب (مكامير الفحم)0
2) وقف حرق مصاصة القصب (الفواخير)0
3) وقف حرق قش الأرز0

06 الحد من نسبة إنبعاث الغازات على النحو الآتى:-

1) وقف حرق المازوت (المسابك – مصانع الطوب – أفران الجير الحى) .
2) وقف حرق الكاوتش والكابلات0
3) الحد من عوادم السيارات0

وهناك بعض الإجراءات الرئيسية المطلوبة تطبيقها مثل:-

1- التعامل مع مكامير الفحم والفواخير على النحو الآتى:-

أ – وقف التشغيل تماماً لحين تطويرها ونقلها خارج التجمعات السكانية0

ب- عدم حرق الاخشاب مكشوفة0

2- التعامل مع قش الأرز على النحو الآتى:-

أ – عدم حرق قش الأرز0

ب – تفعيل مشروعات تدوير قش الأرز إلى إستخدامات إقتصادية0

أما مشكلة زيادة نسبة أكاسيد الكبريت والكربون والنيتروجين الناتجة عن الصناعة فيمكن خفض نسب تركيز الغازات عبر:-

1- خفض تركيز غازات الإنبعاثات الصناعية0

2- خفض تركيز غازات عوادم السيارات0

الحد من التلوث فى الصناعات النسيجية المختلفة

لاشك الملوث الرئيسى فى غزل القطن الأتربة وزغب الشعيرات لاسيما فى عمليات التفتيح والكرد0 ولتقليل كثافة هذه الجسيمات العالقة بجو المصنع يستخدم أنظمة تهوية لسحب الهواء من منطقة التشغيل إلى فلاتر تجمع الأتربة والزغب، ويتجدد الهواء فى جو المصنع. وتكون الفلاتر مجمعه فى غرفة خاصة محكمة الغلق لمنع تسرب الأتربة إلى صالة التشغيل0 ويتم تفريغ أكياس الفلاتر المملوءة بالأتربة والزغب والتخلص منها دوريا بطريقة تحافظ على بيئة العمل والبيئة خارج المصنع وتعتمد كثافة الأتربة والزغب فى صالة الغزل النهائى على ضغط الشفط الخاص بالأطراف المقطوعة0 هذا الضغط يجب المحافظة عليه ثابتا، وذلك بتفريغ صندوق تجمع عوادم القطوع دوريا حتى لا تتناثر الأطراف المقطوعة فى الجو وتزيد من تركيز زغب الشعيرات وبالتالى تزيد من مستوى التلوث فى صالة الغزل النهائى0

تخفيض التلوث فى غزل الصوف

يعتبر تشغيل الصوف من أهم المصادر الملوثة فى العمليات الرطبة للألياف الطبيعية، فيما يتعلق بالشوائب الموجودة فى الصوف الخام، مثل المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش، والشحوم0 وتقوم عملية الغسيل بإزالة الشحوم من الألياف، ثم تعالج مياه صرف الغسيل للتخلص من المواد العالقة وفصل الشحوم وتنقيتها لإنتاج لانولين0 هذه المعالجة تحد من تلوث مياه الصرف للتخلص من الشحوم، والمذيبات، والمنظفات الصناعية التى تجعل مياه الصرف خافضة للأكسجين الذائب فى المياه، وبالتالى تتلف البيئة الحيوية فى المياه التى تصرف فيها مياه الصرف من عمليات الغسيل0 ومن الطرق المستخدمة كذلك لتخفيض التلوث الناتج من عملية الغسيل فى مياه الصرف التى تتصف بالقلوية العالية (أو الأس الهيدروجينى العالى لما تحتويه من أثار المنظفات والمذيبات القلوية) إستخدام مواد معادلة للوصول إلى الأس الهيدروجينى المتعادل والذى يتوافق مع الحدود القانونية0 تتسبب عملية الكربنة فى انبعاث أبخرة حامض الكبريتيك، وجسيمات متطايرة فى الجو، بالإضافة إلى سوائل صرف من تفريغ حمام الحامض0 وللتخلص من التلوث الهوائى يمكن إستخدام نظام كسح بالشفط، لسحب بقايا الرماد الكربونى المتفحم، وزغب الشعيرات، وأبخرة الحامض، وتجميعها فى فلتر لتنقيه جو

صالة الكربنة وتهويتها بصفة مستمرة0 بالنسبة لمياه الصرف الناتجة من عملية الكربنـــة فإنها تعالج كيماويا للتخلص من المواد البيولوجية والكيماوية المخفضة للأكسجين الذائب فى المياه، لتصبح غير ملوثة للبيئة وقابلة للصرف فى المياه السطحية، أو على شبكة الصرف العمومية0 ومن الإختيارات المفضلة فى عملية الكربنة إستخدام مذيبات غير محتوية على الكلور0 ولتخفيض التلوث كذلك يفضل التخلص من الشوائب والمواد الغريبة فى الصوف الخام بالطرق الميكانيكية لتفادى التلوث بآثار الكيماويات0 ولتخفيض التلوث فى مياه الصرف الناتج من الأحماض، تعادل بمياه صرف قلوية أو بإضافة قلوى0 وبالنسبة لحامض الكبريتيك المركز يعادل ويرسب بإستخدام كلوريد الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم أو بمياه صرف قلوية0

الحد من التلوث فى صناعة الأقمشة

يتسبب إستخدام النشأ الطبيعى فى معظم الشركات فى ارتفاع مستوى التلوث، من حيث زيادة حمل المواد العضوية فى مياه الصرف وأثرها فى تخفيض الأكسجين الذائب فى المياه السطحية، وفيما يلى بعض التوصيات التى تساعد على تخفيض التلوث الناتج من عملية البوش0 إستبدال النشا الطبيعى الملوث لمياه الصرف بأنواع أخرى مثل أكريليت، أو إستبداله جزيئا بمادة بولىفينايل الكحول (PVA) أو مادة كاربوكسى ميثايل سليلوز (CMC)0 هذه المواد قابلة للإسترجاع وإعادة إستخدامها، ويمكن بإستخدامها تخفيض حمل المواد البيولوجية الناتج من وحدة البوش بنسبة 90%. وهذه الطريقة لا تفضل إلا فى حالة الشركات الرأسية، التى تشتمل على نسيج، وتجهيز، حتى تضمن إعادة إستعمال البوش المسترجع فى النسيج، لان وحدة إسترجاع البوش غير الملوث غالية الثمن وجدوى شرائها لابد أن يؤمن بإيجابيه إستعمال البوش المسترجع فى النسيج الذى يخضع لنفس شركة التجهيز0 ومن المعروف أن عدد الشركات الرأسية فى مصر يتناقص فى الوقت ألحالى0

1. تفادى تلف أكياس النشا وتمزقها مما يسبب التلوث وزيادة المخلفات الصلبة0
2. تفادى شطف مواد البوش المتناثرة على ارض المصنع وإزاحتها إلى بالوعات الصرف0
3. تفادى صرف محلول حمام البوش غير المستعمل فى بالوعات صرف المصنع0
4. تجميع مواد البوش المتناثرة خارج حمام البوش لإستعمالها فى نفس العملية0

النسيـــج

ينبعث من عملية نسيج الخيوط زغب شعيرات وجسيمات دقيقة من مادة البوش تعمل على تلوث هواء المصنع، ويمكن تخفيض هذا التلوث بإستخدام وحدة شفط كاسح للغبار والزغب وتجميعه فى فلاتر مما يعمل على تنقيه هواء المصنع وتجديده0

الحد من التلوث فى التريـــكو

لا يوجد صرف صناعى فى صناعة التريكو، ولكن تعالج خيوط التريكو بالتشميع أو بالتزييت لتسهيل عملية التريكو، كما تستخدم زيوت تزليق فى إجزاء الماكينة المتحركة وزيوت معدنية تحتوى على مستحلبات ملوثة لمياه الصرف0 ولتخفيض التلوث الناتج عن هذه الزيوت يمكن إستبدال الزيوت المعدنية بزيوت تركيبية قابلة للتحلل أو بزيوت نباتية لا تحتوى على مواد حافظة خطرة0

الحد من التلوث فى صناعة الأقمشة غير المنسوجة

يمكن إستبدال حامض الأستيك (المستخدم فى حمام الراتينج) بحامض فورميك أو حامض معدنى لتخفيض التأثير الخافض للأكسجين الذائب فى المياه التى تصرف فيها مياه الصرف الصناعى0 بالنسبة لزغب الشعيرات الصادر من ماكينات الكرد، وتكوين شاشة الشعيرات وعملية إختراق الإبر يمكن التخلص منه بواسطة وحدة شفط كاسح للغبار من جو المصنع وتجميعه بواسطة فلاتر. ويتم تهوية المصنع بتجديد الهواء الملوث وإستبداله بهواء نقى من الجو الخارجى للمصنع0

الحد من التلوث فى صناعة سجاد التفت

فى تحضير الراتينج المستخدم لتغطية ظهر السجاد يمكن إستبدال الفورمالدهايد بحامض بولى كربوكسيليك، حيث يعمل ذلك على تخفيض تلوث بيئة المصنع لإن الفورمالدهايد يعتبر من الملوثات الهوائية الخطرة0 وفى حالة تعذر إستبدال الفورمالدهايد يجب إستخدام وحدة شفط كاسح من منطقة تشغيل وتخزين المنتجات المجهزة بالراتينج0 وبالنسبة لزغب الشعيرات المتولد من عملية تكوين الوبرة، يمكن إستخلاصه بوحدة شفط كاسح للهواء الملوث بغبار الشعيرات وتجميعه فى فلاتر. وفى حالة إستخدام الزنك كعامل مساعد يجب إستبداله بقدر الامكان بالماغنسيوم كما يجب إعادة إستخدام مركبات لاتكس، المستخدمة لتغطية ظهر السجاد، بقدر الامكان0 ولتخفيض التلوث الناتج من تنظيف ماكينة الراتينج بالمياه مما ينتج عنه تلوث فى مياه الصرف، تستبدل هذه الطريقة بطرق إمتصاص ميكانيكية، أو شطف

بالضغط العالى بأقل إستهلاك للمياه يمكن ترسيب بقايا الراتينج فى سوائل الصرف بإستخدام هيدروكسيد الكالسيوم أو كلوريد الكالسيوم حيث أن كل من البوليمرات، ومركبات الكبريت والزنك قليل الذوبان، أو بإستخدام ترشيح فائق بإستخدام غشاء سيراميك منفذ0 ويستخلص الماء من الحمأة الناتجة بواسطة مكبس ترشيح ومن الممكن إعادة إستخدامه0

الحد من التلوث فى عملية إزالة البـــوش

تمثل عملية إزالة البوش مساهمة كبيرة فى التلوث تصل إلى 40-50% من الحمل الكلى للتلوث الصادر من عمليات التحضير للتجهيز0 لذلك يفضل إستبدال النشا بمادة الاكريليت لتخفيض تلوث مياه الصرف الناتجة، حيث تسترجع مادة البوش فى هذه الحالة0 ومواد البوش الصديقة للبيئة تكون قابلة للتحلل، ويمكن إسترجاعها، وقابلة للذوبان فى الماء (بالنسبة للخيوط المغزولة)، ومستخدمة دوليا0

ويمكن إستبدال النشا جزئيا بمادة بولى فينايل الكحول لتخفيض التلوث فى مياه الصرف الناتجة من عملية إزالة البوش0 ويساعد إستخدام فوق أكسيد الهيدروجين بدلا من الإنزيمات لإزالة البوش النشا (يعرف بإزالة البوش بالأكسدة) على تخفيض التلوث فى مياه الصرف الناتجة لان مادة النشا تتحلل إلى ثانى أكسيد الكربون وماء0 يساعد إستخدام مواد بوش ذات لزوجة منخفضة، مثل بولى فينايل الكحول، وكاربوكسى ميثايل سليلوز، على إسترجاع حوالى 50% من مواد البوش المنصرفة فى سوائل الصرف لعملية إزالة البوش0 بإستعمال الإنزيمات الجديدة التى تعمل على تحلل نشا البوش إلى ايثانول انهايدروجلوكلوز يجعل من الممكن إسترجاع الايثانول بالتقطير، وبذلك ينخفض حمل التلوث فى السوائل المنصرفة من عملية إزالة البوش، والتى تعمل على تخفيض الأكسجين الذائب فى المياه التى تصرف فيها0 إسترجاع مواد البوش من عملية إزالة البوش يعتبر طريقة تقنية عالمية بإستخدام الضغط العالى أو بالتفريغ الهوائى فى مرحلة ما قبل الشطف0 مياه الصرف الناتجة من تنظيف الماكينات يجب أن تنقى بالمعالجة البيولوجية أو بتركيز بواسطة الترشيح الفائق0 وبواسطة التجلط الكيميائى، أو الترسيب الحرارى يحول المشكلة البيئية إلى الحمأة الناتجة0 فى حالة عدم إمكانية إسترجاع مادة البوش، يكون من المطلوب تحلل هذه المادة، حيث تستخدم معالجة كيميائية متكاملة (غسيل، إزالة بوش، تبييض، جميعها فى عملية واحدة)، وهذه الطريقة تخفض إستهلاك المياه والطاقة وتخفض التلوث0 يجب إستبدال الأحماض بالإنزيمات أو المؤكسدات لتجعل مادة البوش النباتية أو الحيوانية قابلة للذوبان فى الماء، حيث يمكن إزالة جميع أنواع النشا0 فى حالة إسترجاع الأنواع الصناعية للبوش مثل بولى فينايل الكحول، أو

كاربوكسى ميثايل سليلوز، يستخدم الترشيح بغشاء منفذ0 يجب المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الناتجة من إزالة البوش بعد تكوين الحمأة، فى حالة إستعمال النشا ومشتقاته، أو فى حالة إستخدام بولى فينايل الكحول0 فى حالة إستعمال جميع أنواع مواد بولى اكريليت، يجب إستخدام التجلط الكيميائى مع معالجة مناسبة للمخلفات المتكونة من الحمأة0

الحد من التلوث فى عملية التنظيف

- يجب عدم تجاوز الكميات المثلى فى وصفة القلوى المستخدم0
- يجب إعادة إستخدام القلويات بقدر الامكان، حيث يعاد إستخدام مياه الشطف لإعداد حمام تنظيف آخر0
- تجميع عملية إزالة البوش وعملية التنظيف يساعد على توفير المياه والطاقة ويخفض أحمال مياه الصرف0
- مياه الشطف التالى لعملية المرسرة يمكن إعادة إستعمالها بدلا من صرفها وتلويث مياه الصرف، حيث تعالج مياه الشطف المستخدمة بالتبخير لتركيز الصودا الكاوية التى يعاد إستخدامها فى المرسرة0 وتساعد هذه التقنية على تخفيض مياه الصرف الملوثة بدرجة كبيرة0
- إستخدام نظام شطف أفقى مستمر يعمل برذاذ المياه المتساقط على القماش الذى يتحرك أفقيا وترددیا إلى اعلى فى الماكينة، حيث يدخل القماش غير المجهز من أسفل وتدخل المياه من أعلى0 وتوفر هذه الطريقة المياه المستهلكة وبالتالى تخفض حمل مياه الصرف الصناعى0
- يمكن تخفيض 25% فى استهلاك هيدروكسيد الصوديوم بإستبداله وإستخدام كربونات الصوديوم0
- يفضل إستخدام اسيتات الصوديوم لتعادل الأقمشة المنظفة لتحويل الحموضة المعدنية إلى حموضة عضوية متطايرة0
- المواد الخافضة للتوتر السطحى يجب أن تكون لها درجة عالية للتحلل البيولوجى بدون تكوين مواد سامة للكائنات الحية فى المياه (ميتابولايت)0
- يجب إستبدال مادة الكايل فينول ايثوكسيليت فى المنظفات الصناعية والمشتتات بمواد خافضة للتوتر السطحى سهلة التحلل البيولوجى، أو يجب على الأقل أن لا تصل هذه المواد إلى مياه الصرف النهائية. كذلك يجب إتخاذ نفس القيود بالنسبة لمواد تخفيض التوتر السطحى غير السهلة للتحلل البيولوجى0

- يجب تفادى إستعمال المذيبات التى لها أثار بيئية ضارة وإستخدام بدائل أخرى غير ضارة أو ملوثة للبيئة0
- يجب إعادة إستعمال القلويات بقدر الإمكان، لاسيما مياه الشطف0

إستخدام حمام صبغة بنسبة منخفضة

تعرف نسبة حمام الصبغة بأنها النسبة بين وزن محلول الصبغة فى المغطس، ووزن القماش المغمور فى الصبغة0 وكلما كانت هذه النسبة منخفضة، كلما انخفضت كميات المياه والكيماويات المستهلكة فى مغطس الصبغة، وكلما انخفض مقدار التلوث فى مياه الصرف الناتجة من عملية الصباغة0 لذلك يفضل إستخدام ماكينات صباغة ذات نسبة منخفضة فى حمام الصبغة لأنها تخفض التلوث0

إستعمال الملح

بالرغم من أن الملح رخيص الثمن، وله فاعليه، وسميته قليلة جدا، إلا أنه يجب أن يستعمل بالجرعة المثلى فى الصباغة0 ويفضل اختيار الأصباغ التى ينبعث عنها الحد الأدنى من الملح0

درجة حرارة مغطس الصباغة

يجب ضبط درجة الحرارة المثلى لحمام الصبغة لتفادى التسخين الزائد والإستهلاك الزائد للصبغة، مما يخفض التلوث، وفى حالة تسخين مغطس الصبغة بالبخار المباشر، يجب أن يكون التسخين بدون شدة لتفادى الطفح وفقد محلول الصبغة الذى يسبب التلوث0

إعادة إستعمال حمام الصبغة

بعد صباغة القماش، يضخ محلول الصبغة إلى خزان، ثم يشطف القماش فى نفس الماكينة، وبعد رفع القماش الذى تم شطفه، يعاد محلول الصبغة ثانيا إلى الماكينة لإعادة إستخدامه، وبالتالى ينخفض تركيز التلوث وحجم مياه الصرف الناتجة من الصباغة0

إستبدال مواد الصبغة الضارة

تجرى صباغة اللون الأسود بإستعمال كبريتيد الصوديوم (كعامل مختزل)، دايكروميت (عامل مؤكسد) وهذه المواد الكيماوية سامة، وخطره للتداول باللمس، ويتولد عنها سوائل صرف تتلف البيئة، كما تترك بقايا ضارة فى الأقمشة المصبوغة0 لذلك يجب إستبدال هذه الكيماويات بمادة جلوكوز للاختزال، بربوريت الصوديوم (للأقمشة المنسوجة) وفوق أكسيد الهيدروجين (للأقمشة التريكو) كعامل مؤكسد صبغة انيلين السوداء التى تحتاج كميات كبيرة من دايكروميت البوتاسيوم، وكلورات الصوديوم يمكن إستبدالها بصبغات كبريتية، بإستخدام الجلوكوز كعامل مختزل، وبيربوريت الصوديوم، أو فوق أكسيد الهيدروجين كعامل مؤكسد0 هذا الإستبدال يخفض التلوث الخطر بدرجة كبيرة0 فى حالة صباغة (VAT) يستبدل دايكروميت البوتاسيوم الذى يعتبر خطرا وساما بمادة بيروكساید لتخفيض التلوث0

الأصباغ الممنوعـــة

يجب منع إستعمال عدد من الأصباغ بسبب خواصها السامة، والسرطانية، حيث ينبعث منها أمينات (مشتقات عضوية من النشادر) أثناء الصباغة تمثل تلوثا خطراً0 ويبين الجدول التالى (7) هذه الأصباغ

جدول (7) يبين الأصباغ الممنوع إستخدامها

(المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة للإنتاج الأنظف فى العمليات الرطبة لصناعة الغزل والنسيج)

أمينات ممـــنوعـــة	أمينات ممـــنوعـــة
4- امينودايفينايل	3.3 دايميثايل بنزيدين
بنزيدين	3.3 دايميثوكسى بنزيدين
4- كلورو تولويدين	3.3 دايميثايل 1 – 4.4
2- نافثيلامين	دياميندايفينايل ميثان
أمينو ازوتولويدين	بى – كـــريسيدين
2- امينو-4 نيترولوين	(2- كلورانيلين)
بى- كلورانيلين	4,4 اوكسى ديانيلين
2.4- دياموتو انيزول	4.4ثيوديانيلين
4,4- دياميتو دايفينايل ميثان	تولويدين
3.4 – دايكلوروبنزيدين	2.4 تولويلين دياميتن

تقليل تنظيف الماكينات

فى عمليات الصباغة تتطلب بدايات التشغيل، وايقافات إتمام العملية عمل تنظيف شديد وبالتالى تلوث كبير فى سوائل الصرف من الصباغة0 والحل الأمثل هو تشغيل نفس اللون بصفة متكررة على ماكينة معينة، أو تجميع الألوان المطلوب صباغتها حسب تقسيم مجموعتها (الأحمر، والأصفر، والأزرق)، وتجرى الصباغة طبقا لمجموعة لون واحدة تدريجيا من اللون الأفتح إلى اللون الأغمق، ومن اللون الناصع إلى اللون الداكن0

بدائل أكثر أمنا للصبغات الممنوعـــة

قامت هيئة الاستشارة والبحوث لإدارة البيئة بنشر قوائم الأصباغ الممنوعة والبدائل الأكثر أمناً من الناحية البيئية، مما يساعد على تخفيض التلوث الناتج من عمليات الصباغة بإستخدام مواد شركات (CPI)، (SIDA) للأصباغ الحمضية، والمباشرة، والمشتتة.

إحتياطات هامة لتخفيض التلوث فى الصباغة

1. يجب عدم إستعمال أصباغ تحتوى على كادميوم0
2. يجب عدم الإستعمال بالمرة لأصباغ آزو المركبة من بنزيدين0
3. يجب عدم إستعمال مواد حاملة تحتوى على الكلور0
4. تفادى إستعمال مركبات الكبريتيد فى عملية إختزال الصبغة0 وإستبدال داىكرومات المستخدم فى أكسدة صبغات (VAT) والصبغات الكبريتية وإستخدام بيروكساىد للأكسدة0
5. يجب عدم إستخدام أصباغ آزو تحت ظروف اختزال لان لها آثار سرطانية0
6. يجب إستبدال المذيبات الهالوجنيية، والمشتتات للأصباغ والكيماويات، بقدر الامكان، بمواد مائية0
7. الأصباغ المحتوية على معادن (نحاس، كروم، نيكل، كوبلت، ...الخ) يجب أن تستبدل بصبغات أخرى أو طرق تكنولوجية أخرى0
8. لتخفيض التلوث البيولوجى والكيماوى الخافض للأكسجين الذائب فى المياه وكذلك لتخفيض المواد الملونة فى مياه الصرف من الصباغة فى حالة تكرار عملية الصباغة، يجب إعادة إستعمال سوائل حمام الشطف الناتجة فى الحمام التالى للصبغة، هذا إذا توافقت كيماويات المعالجة اللاحقة مع كيماويات حمام الصبغة0
9. يجب معالجة مياه الصرف الناتجة من عملية الصباغة للتخلص من الملوثات المداومة0

الحد من التلوث فى التجهيز الكيميائى

فيما يلى بعض التوصيات لتخفيض التلوث فى عمليات التجهيز الكيميائى:

- يجب إعادة إستعمال كيماويات التجهيز حيثما يكون ممكنا0
- تخفيض إستعمال الكيماويات التى ينبعث منها فورمالدهايد بقدر الامكان، وإستبدال الفورمالدهايد بمادة "بولىكاربوكسيلك"، وإستبدال مادة "الكايل فينول" بمادة "الكحول ايثوكسيليت"0
- إستبدال حامض أسيتك (المستخدم لضبط الرقم الهيدروجينى فى حمام التجهيز بالراتينج) بحامض فورميك أو حامض معدنى لتخفيض حمل الملوثات البيولوجية الخافضة للأكسجين الذائب فى الماء0
- إستعمال مواد مساعدة خالية من الفورمالدهايد عند معالجة الربط المستعرض للمنسوجات السليلوزيه، ومواد لتثبيت الصبغة خالية من فورمالدهايد0
- إستخدام وحدة شفط كاسحة للفورمالدهايد أثناء إستخدامه فى عمليات التجهيز، أو أثناء تخزين المنتجات المجهزة بمواد تحتوى على الفورمالدهايد0
- إستبدال دايميثايلول أو دايهيدروكسيثيلين يوريا المستعمل فى التجهيز ضد التجعد بأحماض بولى كاربوكسيليك، أساسا 1،2،3،4 بوتين تتراكاربوكسيليك، أو جلايوكسيل0
- إستبدال المواد المساعدة (MAC) المستعملة فى تجهيز التطرية بإنزيمات سليلوزية.
- يجب إستبدال مركبات الاسبستس الهالوجينية مثل بروميتد دايفينايل اثير والمركبات المحتوية على معادن ثقيلة المستخدمة فى التجهيز ضد الاشتعال بأملاح غير عضوية وفوسفونيت0
- يجب إستبدال مواد الفينول المحتوية على الكلور، والأملاح المعدنية (القصدير، النحاس، الزئبق)، المستخدمة فى التجهيز كمواد حافظة، بالمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية، أو بعمليات ميكانيكية، أو بالتجهيز بالإنزيمات0
- فى حالة إستخدام كيماويات تجهيز ضد الاشتعال، فان أفضل طريقة هى التى تستهلك اقل كميه من المياه (مثل التفريغ الهوائى، تغطية الظهر، الرغوة) أو الطرق التى ينتج عنها اقل كمية من البقايا (الرغاوى)، يجب التقليل من إستخدام الكيماويات الخطرة الحافظة للمنتجات النسيجية إما باستبدلها بمواد آمنه، أو بإستخدامها فقط للمنتجات التى تتعرض لظروف بيئية تعمل على تحللها0

- الحد من إستعمال الكلور فى معالجة الأقمشة الصوفية ضد الإنكماش بإستبداله بالمعالجة بمادة بيروكسين0
- يفضل إضافة المواد الكيماوية للتجهيز أثناء غزل الشعيرات الصناعية بدلا من إستخدامها فى مراحل تصنيعيه لاحقة0
- البقايا المركزة من عملية التجهيز يجب ألا تصرف إلى مياه الصرف الصناعى، بل يجب أن يعاد إستعمالها أو معاملتها كمخلفات أو عوادم0
- فى حالة المياه الملوثة بمواد التجهيز ضد العته، يجب أن يخفض حجم حمام التجهيز بإستخدام حوض صغير، أو المعالجة بالرغوة، فى حالة تغطية ظهر القماش أو السجاد0
- فى حالة التجهيز ضد العته يجب معالجة مياه الصرف بالطريقة التى تتفادى تكوين كميات كبيرة من الحمأة0 هذه الحمأة يفضل أن تحول إلى رماد كمخلفات كيماوية0

الحد من التلوث الضوضائى

تسبب معظم ماكينات الغزل والنسيج مستوى عالى للضجيج، لاسيما خط التفتيح، والغزل الحلقى، وغزل الطرف المفتوح، وأنوال النسيج وماكينة التقطيع للبوليستر، ومعظم ماكينات التجهيز0 ولتقليل مستوى الضجيج، فيما يلى بعض التوصيات:

1. التركيز على التركيب والضبط الدقيق للأجزاء الدورانيه بالسرعات العالية مثل مرادن الغزل وروترات غزل الطرف المفتوح0 أى إنحراف فى ضبط هذه الأجزاء يتسبب فى زيادة الإهتزازات وبالتالى إرتفاع مستوى الضجيج0
2. إتباع برامج الصيانة الدورية، لاسيما الأجزاء الدورانية بالسرعات العالية، لأن أى تآكل فى هذه الأجزاء يتسبب فى إحداث اهتزازات متزايدة ومستويات عالية للضوضاء0
3. أهمية تزييت الأجزاء الدورانية والمتحركة لان ذلك يساعد على تخفيض مستوى الضجيج إلى درجة كبيرة0
4. يجب أن يكون توزيع الماكينات بالمصنع بترتيب يسمح بفراغ مناسب لتبديد الضوضاء والحفاظ على مستوى لا يتجاوز الحدود المسموح بها فى قانون البيئة (اقل من 90 ديسيبل)0
5. يمكن إحتواء بعض التركيبات الميكانيكية للماكينات داخل حاويات من مواد ماصه للضوضاء، وعلى سبيل المثال يمكن تطبيق هذا النظام فى أنوال النسيج0

6. يمكن تبطين حوائط المصنع بمواد ماصه لذبذبات الضوضاء لتخفيض المستوى0
7. إحلال ماكينات حديثة بدلا من الماكينات القديمة إذا كانت مصممة لتحقيق مستوى اقل للضجيج، مثلا إحلال الأنوال غير المكوكية مكان الأنوال المكوكيه المعروفة بمستواها العالى فى إصدار الضوضاء، بينما الأنوال غير المكوكية معروفة بمستواها المنخفض للضوضاء0

08 يجب أن يكون ترتيب الماكينات بحيث تكون مصادر الضوضاء موزعة بانتظام على المساحة الكلية، لتفادى تركيز الضوضاء فى بعض الأماكن أكثر من الأماكن الأخرى0

لقد ناقشنا فى هذا الباب المعالجة الحيوية للترب والمياه الملوثة والهواء وإستراتيجيات مختلفة لإعادة هذه الترب والمياه والهواء إلي حالتها الطبيعية (حالة صحية)0 ومناقشتها قد غطت أو إشتملت علي إنتشار حجم الملوثات والمعايير الواجب توفرها لنجاح عملية المعالجة الحيوية وبعض إستراتيجيات المعالجة الحيوية وشملت هذه الإستراتيجيات المعالجة الحيوية الذاتية والمعالجة الحيوية بالتحفيز والمعالجة الحيوية بالحقن والمعالجة الحيوية بالتلقيح والمعالجة بخدمة الأرض والتدبيل والمعالجة الحيوية بإستخدام النباتات والتكنولوجيا الحيوية0 وحالات دراسية تاريخية إستخدمت فيها المعالجة الحيوية مع الإشادة ببعض الأمثلة التطبيقية لبعض هذه الإستراتيجيات وبالرغم من بعض النجاحات فأن هناك عوائق تعيق أو تحد من إستخدام المعالجة الحيوية ولكن المستقبل سيكون مبشر وواعد وإذا تضافرت الجهود وصدقت النوايا لوطننا العزيز ومصرنا الحبيبة0

المراجع

- المراجع العربية :-

1- أحمد خالد علام وعصمت عاشور أحمد (لتلوث وتحسين البيئة) 1993 0

2- أحمد مدحت إسلام (التلوث الكيمائي وكيمياء التلوث) الطبعة الأولي 2001 0

4- السيد أحمد الخطيب (تلوث الماء) 2006 0

5- جمال عويس السيد (الملوثات الكيمائية للبيئة) دار الفجر للنشر والتوزيع 2000 0

6- زيدان هندي عبد الحميد (فساد الأرض وتدمير الإنسان) المبيدات – المخدرات – الأدوية – الهندسة الوراثية 2000 0

7- زيدان هندي عبد الحميد ومحمد إبراهيم عبد المجيد (الملوثات الكيمائية والبيئية) 0

8- سمية أحمد حسنين ونبيل فتحي السيد (الاتجاهات الحديثة في مجال الزراعة النظيفة وحماية البيئة الزراعية من التلوث) 0 معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة مركز البحوث الزراعية – الجيزة – مصر 0

9- طلعت إبراهيم (التلوث الهوائي والبيئة) –مكتبة الأسرة الهيئة المصرية العامة للكتاب القاهرة 1999 0

10- عادل أبو زهرة (فهم البيئة والدفاع عنها) جمعية أصدقاء البيئة بالإسكندرية 0

11- عبد الفتاح إبراهيم عبد الفتاح (أضواء علي التلوث البيئي الجوي – الأرض – المائي – المعيشي) 1996 0

12- عبد الواحد يوسف نجم (التسميد المتوازن والبيئة) معهد الأراضي والمياه والبيئة – مركز البحوث الزراعية 0

13- علي تاج الدين فتح الله (الزراعة والبيئة) مكتبة دار المعارف 2000 0

14- متولي زين العابدين (قصة الأوزون) مكتبة الأسرة الأعمال العلمية الهيئة المصرية للكتاب – القاهرة 1999 0

15- محمد عبد السلام نجم (التعامل الأمن مع النترات) ا لصحيفة الزراعية مجلد 56 إبريل 2004 0

16- مصطفي عبد اللطيف عباس (حماية البيئة من التلوث) الطبعة الأولي 2004 0

17- يوسف السباعي (التلوث قضايا الساعة) مترجم الناشر الطبعة العربية 1977 0

18- يوسف دعبس (تلوث البيئة وتحديات البقاء رؤية أنثر بيولوجية) 1999 0

19- النشرات الإرشادية الدورية – مركز البحوث الزراعية – وزارة الزراعة 0

- المراجع الإنجليزية:-

1- Abdel-Megeed,A. 2004. Psychrophilic degredation of long chain alkanes. TUHH. Ph.D thesis. Germany

2- Anderson, T. A., E. A. Guthrie, and B. T. Walton. 1995. Bioremediation in the rhizosphere. Environ. Sci. Technol, 27:2630-2336.

3- Baker, K. H., and D.S. Herson. 1994. Bioremediation. McGraw-Hill, New York.

4- California Department of Toxic substances control office of Pollution Prevention (2003)

5- Chakrabarty, A. M. 1982. Biodergredation and detoxification of environmental pollutants. CRC Press, Boca Raton, Fla.

6- Skipper, H.D., and R. F. Turco. 1995. Bioremediation: Science and Applications. Soil Science Socity of America Special Publication No. 43, Madison, Wis.

- مواقع إنترنت:-

1- http://www.greentreks.org/waters hedstv/smil.

2- http://reflector-1, Louisville.edu/McLaughlin.asx

3- http://jeq.scijornals.org/collection/soil Pollution.

4- http://www.mpg.de/english/index.html

5- http://www.oil.ecology.com

6- http://rds yahoo.com

المقدمة

الباب الأول : النظام البيئى والتلوث

رؤى مختلفة

البيئة Ecology

البيئة Environment

منظومة البيئة

تعريف شامل للبيئة

لماذا الإهتمام بالبيئة وضرورة المحافظة عليها ؟

القوانين البيئية (عقبات وصعوبات)

القانون البيئي (التعريف والتطور)

مدى كفاية التشريعات البيئية

أهم أسباب عدم كفاية التشريعات البيئية

مكونات المنظومة البيئية

النظام البيئي ومكوناته

التلوث

أنواع التلوث

مصادر التلوث

الملوثات

تقسيم الملوثات

اولاً: تقسيم الملوثات تبعا لنوعيتها

ثانياً: تقسيم الملوثات تبعا لمصدرها

ثالثاً: تقسيم الملوثات تبعا لتأثيرها

رابعاً: تقسيم الملوثات تبعا لتحللها

درجات التلوث

تأثيرات التلوث

العوامل التي جعلت مشكلة التلوث أكثر تفاقماً

الباب الثانى : التلوث الهوائى

أهمية الغلاف الجــوي

أنواع التلوث الهوائي

تقسيم التلوث الهوائي تبعا للحيز المكاني الذي يصل إليه

مصادر التلوث الهوائي

ملوثات الهواء

الآثار السيئة المترتبة عن تلوث الهواء

أسباب حدوث ثقب الأوزون

الأضرار الناتجة عن تهتك طبقة الأوزون

الباب الثالث: تلوث الماء

تعريف تلوث المياه

مصادر التلوث للمياه

أولاً: في الأنهار والبحيرات والخزانات الطبيعية

ثانياً: في البحار والمحيطات

ثالثاً: في المياه الجوفية

أنواع تلوث المياه

تلوث مياه نهر النيل

الأخطار الناجمة عن تلوث التربة والماء

التلوث فى المياه الجوفية

تلوث مياه المحيطات والبحار

الباب الرابع: التلوث فى التربة

مفهوم تلوث التربة الزراعية

أهم مصادر تلوث التربة الزراعية

1. التلوث بالكيماويات الزراعية من أسمدة ومبيدات
2. التلوث بمخلفات الصرف الصحي
3. التلوث الناتج عن الصرف الصناعي
4. الري غير المرشد بمياه تقليدية أو غير تقليدية
5. التلوث بالنفايات المختلفة
6. التلوث بالإشعاع النووي

الباب الخامس : السيطرة على التلوث البيئى

معالجة مياه الصرف الصناعى والزراعى والصحى

طبيعـــة وخصائـــص ميـــاه الصـــرف الصناعي

1) الخواص الفيزيائية لهذه النوعية من المياه
2) الخواص الكيميائية لهذه النوعية من المياه
3) الخواص البيولوجية

الطرق الشائعة لمعالجة مياه الصرف الزراعى والصناعى والصحى

الأساسيات العامة لمعالجة المخلفات السائلة من الصرف الزراعى والصناعى والصحى

أولاً الطريقة الهوائية لمعالجة المخلفات المائية

ثانياً المعالجة اللاهوائية للمخلفات المائية:-

المعالجة الحيوية للتربة الملوثة

المعالجة الحيوية

المعايير الواجب توافرها لنجاح عملية المعالجة الحيوية

ميكانيكية التحويل الميكروبي

إستراتيجيات المعالجة الحيوية

حالات دراسية لبعض الإستراتيجيات المستخدمة في المعالجة الحيوية

حالة دراسية بإستخدام التحفيز الحيوي

حالتان دراسيتان يوضحان الحقن والتحفيز الحيوي للتربة

حالة دراسية تشمل تحفيز حيوي وخدمة الأرض

حالة دراسية بإستخدام المعالجة النباتية

مميزات وعيوب المعالجة الحيوية

مستقبل المعالجة الحيوية

دور علم الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى مجابهة أخطارالتلوث البيئى

معالجة بعضاً من ظواهر تلوث الهواء

حالة دراسية هامة وهى ظاهرة السحابة السوداء

الحد من التلوث فى الصناعات النسيجية المختلفة

المؤلفـــــــان

دكتـــــــــــــور

أحمد عبد الفتاح محمود عبد المجيد

- مدرس كيمياء وسمية المبيدات كلية الزراعة – سابا باشا – جامعة الأسكندرية
- دكتوراه فى التكنولوجيا الحيوية – جامعة هامبورج – ألمانيا 2004
- مدرس مساعد بقسم وقاية النبات كلية الزراعة (سابا باشا) جامعة الإسكندرية، مصر 1997-1999
- ماجستير فى وقاية النبات (كيمياء وسمية المبيدات) 1997
- معيد كيمياء وسمية المبيدات – قسم وقاية النبات كلية الزراعة (سابا باشا) جامعة الإسكندرية -مصر 1993-1997
- بكالوريوس العلوم الزراعية "ممتاز مع مرتبة الشرف" 1992
- مجال التخصص العام: كيمياء وسمية المبيدات (ووقاية النبات)
- مجال التخصص الدقيق: البيوتكنولوجي

  "التكسير الحيوى للملوثات البيئة بإستخدام الميكروبات كالبكتيريا، وبإستخدام تقنية الهندسة الوراثية ونقل الجينات
- عضو بجمعية أصدقاء البيئة بالإسكندرية
- عضو بمركز تنمية قدرات أعضاء هيئة التدريس والقيادات بجامعة الإسكندرية بالإشتراك مع الإتحاد الأوربي كأحد مشروعات التطوير فى التعليم العالى
- الأبحاث والمنشورات ذات إهتمامات بيئية فى مصر والخارج

دكتـــــــــــــور

إســـلام إبراهيم أحمـــد أبو السعـــود

- مدرس ميكروبيولوجيا الأراضى كلية الزراعة – سابا باشا – جامعة الإسكندرية 2005
- دكتوراه فى ميكروبيولوجيا الأراضى – (جامعة الإسكندرية بالإشتراك مع جامعة هانوفر ألمانيا 2005
- مدرس مساعد بقسم الأراضى والكيمياء الزراعية، كلية الزراعة (سابا باشا) جامعة الأسكندرية، مصر 1998-2005
- ماجستير الأراضى والكيمياء الزراعية 1998
- معيد كيمياء الأراضى – قسم الأراضى والمياه الزراعية، كلية الزراعة (سابا باشا) جامعة الإسكندرية -مصر 1993-1998
- بكالوريوس العلوم الزراعية "ممتاز مع مرتبة الشرف" 1992
- مجال التخصص العام: الأراضى والمياه (قسم الأراضى والكيمياء الزراعية)
- مجال التخصص الدقيق: ميكروبيولوجى التربة

  "تحسين صفات وخواص التربة الزراعية بإستخدام التسميد الحيوى"

  "السعى للحد من تلوث التربة بالعناصر الثقيلة بإستخدام الكائنات الحية الدقيقة"
- عضو بجمعية الكيمياء الزراعية وحماية البيئة – كلية الزراعة – جامعة عين شمس
- عضو بالجمعية المصرية لعلوم الأراضى
- عدد من الأبحاث المنشورة فى مجال تحسين صفات التربة الكيميائية والتغلب على تلوثها بإستخدام الكائنات الحية الدقيقة.