

مصادر تلوث المياه:(Sources of Water Pollution):

مقدمة(Introduction):

الماء هبة من الله، يتكون منه كل شيء حي، وللماء القدرة على تنقية نفسه بنفسه مما يعلق به من الشوائب، وبمساعدة العوامل البيئية الأخرى. وهذا إذا كانت الشوائب ضمن قابلية المصدر المائي على تحملها ومعالجتها، وإذا زادت عن حدها فأن بواذر الترددي في نوعية الماء تبدأ بالظهور على ذلك المصدر المائي. ويعرف التلوث في المياه بأنه زيادة العوامل الكيميائية أو البيولوجية أو الفيزيائية بتركيز أو بصفة تجعل من الماء ضاراً بالإنسان أو الأحياء المائية أو بالمتلكات، إلا أن هناك من يرى بأن الماء يعتبر ملوثاً عندما لا يكون بنوعية عالية المواصفات بما يتلاءم مع أعلى المتطلبات التي يطلبها الإنسان، وهي الشرب بالدرجة الرئيسية، ثم باقي الاستخدامات الشخصية الأخرى والاستخدامات الطبيعية ومنها الأغراض الترويحية أيضاً.

يعد تلوث الماء من أوائل الموضوعات التي اهتم بها العلماء والمختصون بمجال التلوث وليس من الغريب إذن أن يكون حجم الدراسات التي تناولت هذا الموضوع أكبر من حجم تلك التي تناولت باقي فروع التلوث و لعل السر في ذلك مرده إلى سببين:

السبب الأول:

أهمية الماء و ضروريته، فهو يدخل في كل العمليات البيولوجية والصناعية ولا يمكن لأي كائن حي مهما كان شكله أو نوعه أو حجمه أن يعيش بدونه، فالكائنات الحية تحتاج إليه لكي تعيش والنباتات هي الأخرى تحتاج إليه لكي تنمو وقد أثبت علم الخلية أن الماء هو المكون الهام في تركيب مادة الخلية وهو وحدة البناء في كل كائن حي نباتاً كان أم حيواناً وأثبت علم الكيمياء الحيوية أن الماء لازم لحدوث جميع التفاعلات والتحويلات التي تتم داخل أجسام الأحياء فهو إما وسط أو عامل مساعد أو داخل في التفاعل أو ناتج عنه، وأثبت علم وظائف الأعضاء أن الماء ضروري لقيام كل عضو بوظائفه التي بدونها لا تتوفر له مظاهر الحياة ومقوماته.

إن ذلك كله يتساوى مع الآية الكريمة التي تعلن بصراحة عن إبداع الخالق جل وعلا في جعل الماء ضرورياً لكل كائن حي ، قال تعالى (وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون) الأنبياء /30.

السبب الثاني:

أن الماء يشغل أكبر حيز في الغلاف الحيوي، وهو أكثر مادة منفردة موجودة به، إذ تبلغ مساحة المسطح المائي حوالي 70.8% من مساحة الكرة الأرضية، مما دفع بعض العلماء إلى أن يطلقوا اسم (الكرة المائية) على الأرض بدلا من الكرة الأرضية. كما أن الماء يكون



حوالي(60-70% من أجسام الأحياء الراقية بما فيها الإنسان، كما يكون حوالي 90% من أجسام الأحياء الدنيا) وبالتالي فإن تلوث الماء يؤدي إلى حدوث أضرار بالغة ذو أخطار جسيمة بالكائنات الحية ويخل بالتوازن البيئي الذي لن يكون له معنى ولن تكون له قيمة إذا ما فسدت خواص المكون الرئيسي له وهو الماء.

تتعرض المياه في الطبيعة الى خطر ظهور المركبات الغريبة كالمبيدات، أو زيادة واحد أو أكثر من المكونات الطبيعية كالأملح عن حدودها الطبيعية بما يؤدي الى إحداث تأثيرات ضارة على الإنسان أو الأحياء المائية، أو تشويه المعالم الطبيعية، هذا

التعرض يمكن أن يكون على شكلين مختلفين إحداهما طبيعي والآخر تحت تأثير الإنسان.

1- التلوث الطبيعي المنشأ (Natural Pollution):

ويسمى أحيانا بالتلوث ذو المنشأ الأرضي أو الجيولوجي (Geogenic pollution) ويقصد به ظهور أو زيادة المكونات الطبيعية في المياه كالأملح اللاعضوية بأنواعها والطيني والغرين والغازات الكبريتية الذائبة والحرارة والاشعاع وما الى ذلك، ولا يكون للإنسان شأنًا في زيادتها بل تحدث نتيجة العوامل الطبيعية كالأمطار الغزيرة و السيول وثورات البراكين في قعر البحار، واغلب هذه الملوثات تكون غير سامة عادة رغم وجود تأثير ضارة مختلفة لها على الأحياء المائية كما يكون التلوث الناتج ضمن قدرة الطبيعة على أن تخلص منه في غالب الأحيان ما عدا المواد المشعة وبعض الملوثات الطبيعية الأخرى .

2- التلوث البشري المنشأ (Anthropogenic pollution): وهي التغيرات الحاصلة في المياه بسبب النشاط البشري سواء كان صناعيا أو زراعيًا أو معيشة الإنسان في حياته اليومية العامة. ولأغراض التوضيح يمكن تقسيم الملوثات الناتجة عن مختلف الأنشطة البشرية، الى فئتين رئيسيتين هما:

أ- الملوثات شبه المصنعة (Semi-synthetic pollutants):

وهي الخامات أو المواد الطبيعية التي توجد في الطبيعة كالمشتقات النفطية أو المركبات الفسفورية و النتروجينية والخامات المعدنية، والتي يسعى الإنسان الى استغلالها بنقلها من مكان لأخر، وقد يحدث أن تنطلق الى البيئة في حالة انسكاب عرضي أو تصريف الى مصادر البيئة أو حوادث صناعية فيؤدي الى حالة من التلوث.

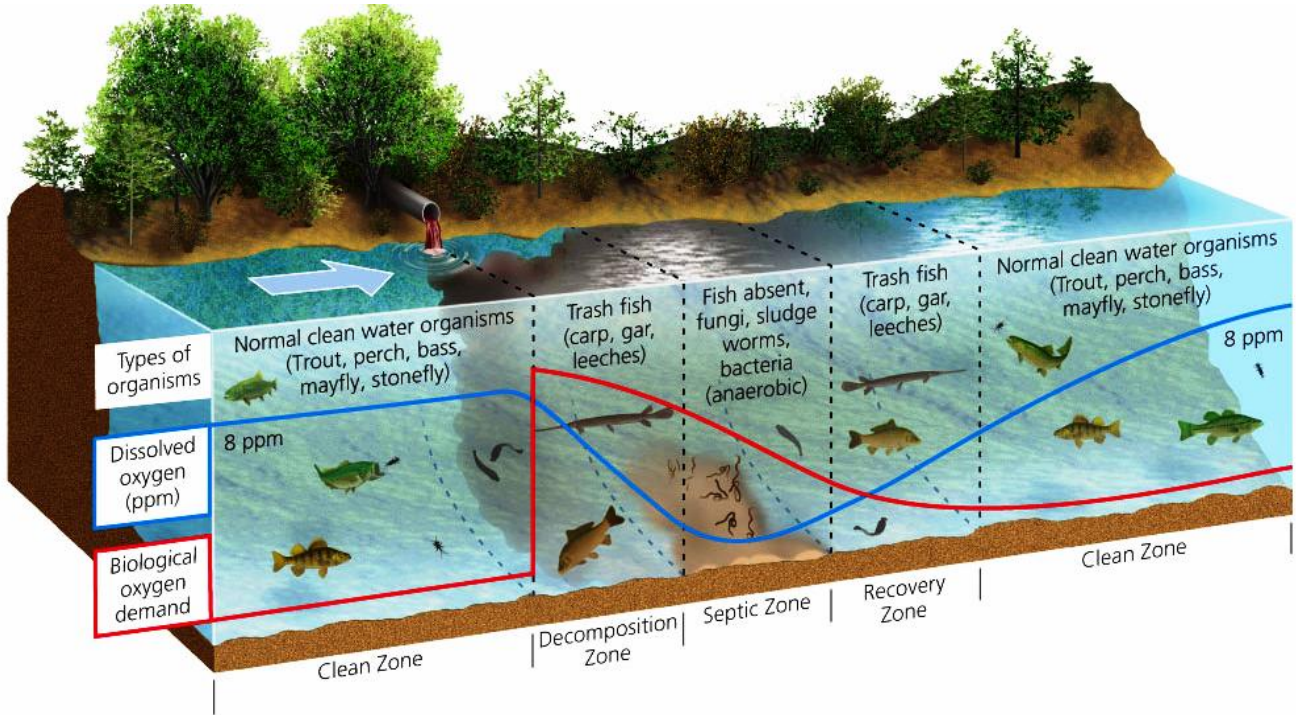
ب- الملوثات المصنعة (Synthetic pollutants):

وهي مركبات خطيرة على النظم البيئية، إذ لا وجود لها في البيئة، إلا إن الإنسان قد صنعها وادخلها الى البيئة لأغراض مختلفة مثل المبيدات الكلورية والفسفورية والزيوت الصناعية واللدائن والمطاط وغير ذلك.

من جانب آخر فان عملية رصد ومراقبة التلوث في المياه تستدعي تقسيم المصادر المسببة للتلوث الى فئتين رئيسيتين هما:

أ- المصادر المحددة أو النقطية (Point Sources):

وهي نقاط التصريف للمياه الملوثة بأنواعها المنزلية والصناعية وقنوات الري والبزل وما شاكل ذلك والتي يمكن تأشيرها على الخارطة بنقطة محددة.



ب- المصادر غير المحددة أو غير النقطية (Non Point Sources):

وهي جميع ما يؤدي الى ظهور ملوثات غير معلومة المنشأ، أو المصدر، فمثلا تتساقط كميات كبيرة من الملوثات من الهواء على المسطحات المائية يومية منها المبيدات ومنها المعادن الثقيلة، و أمطار حمضية، وغير ذلك، وهناك كميات أخرى من الملوثات تصل الى الأنهار والبحيرات محمولة مع مياه السيول أو مع المياه الجوفية ولا يمكن تحديد مصدرها على الإطلاق .



تشير الدراسات العالمية الى أن المصادر المائية في العالم من انهار وبحيرات تتلوث بنسب مختلفة من الملوثات (الجدول-1) إذ تشكل الترسبات والعوالق الصلبة، الملوثات الأكثر شيوعا في مياه الأنهار، بينما تكون أملاح النتروجين والفسفور (المغذيات) هي النسبة الأعلى في مياه البحيرات.

جدول-1: أنواع الملوثات في مياه الأنهار والبحيرات.

النسب المئوية لأنواع التلوث%		الملوثات
البحيرات	الأنهار	
22	47	الترسبات و العوالق
59	13	المغذيات (النتروجين و الفسفور) Nutrients
2	9	العوامل المرضية (Pathogens)
4	9	العوامل الفيزيائية
4	7	ملوثات حمضية التفاعل
3	6	مواد سامة (Toxics)
3	4	مواد قابلة للتأكسد
2	3	المبيدات (Pesticides)
0.03	2	الملوحة (Salinity)

تتفاوت استخدامات المياه اليومية بدرجة كبيرة من مجتمع لآخر. تعتمد هذه الاستخدامات على نوعية المياه في الأنهار والبحيرات ولعل أهم المصادر أو الاستخدامات المؤثرة على نوعية المياه في الأنهار والبحيرات هي المصادر المدنية و الاستخدامات الزراعية و تربية الأسماك و الأعمال الإنشائية و العمرانية و مشاريع الري و الطمر و يلاحظ أن العمليات الزراعية هي أكثر الاستخدامات تأثيرا على نوعية المياه في كل من الأنهار والبحيرات.

يمكن تقسيم نوعية المياه في المصادر المائية في العالم الى خمس فئات رئيسية وهي كما في الجدول 2 ، وتحمل الأرقام 1-5 وتندرج من النوعية الأعلى وفتتها تحمل الرقم (1) وهي مياه الينابيع والعيون الجبلية الناتجة مياهاها عن ذوبان الجليد والتلوج وتنتهي بالفئة (5) وهي أردأ النوعيات .

جدول-2 الفئات الرئيسية لنوعية المياه في المصادر المائية

الوصف	الفئة	الاستخدامات و الصلاحية
نوعية عالية (high quality)	1	مياه نقية تستخدم للشرب و بقية الاستخدامات-مثل مياه الينابيع الجبلية
نوعية جيدة (good quality)	2	مياه نقية و بدرجة أدنى من الفئة-1 وتستخدم بعد تصفية و تعقيم بسيطة
نوعية معتدلة (fair quality)	3	مياه حاوية على ملوثات غير سامة تزال بتصفية متقدمة و تستخدم للري و تربية الأسماك
نوعية ضعيفة (poor quality)	4	مياه ملوثة بواحد أو أكثر من الملوثات، تعالج و تستخدم لبعض الأغراض الصناعية
نوعية رديئة (bad quality)	5	مياه ملوثة بعدة ملوثات خطرة أو سامة.

مصادر تلوث المياه

تختلف المصادر المسببة لتلوث المياه بدرجة كبيرة ، ويمكن اعتماد تقسيمات مختلفة في هذا المجال تختلف باختلاف هدف الدراسة أو تخصصها الدقيق، ويمكن القول بان مصادر تلوث المياه يمكن تقسيمها الى قسمين رئيسيين هما المصادر النقطية أو المحددة بنقاط وهي المصادر التي يمكن تحديد موقعها بوضوح مثل محطات تصفية مياه المجاري المنزلية وفوهات تصريف المصانع وقنوات تصريف مياه البزل المالحة وغيرها، وتتصف عادة بجريان معلوم أو يمكن حسابه وتقدير نسبته الى الحجم التصريف الكلي في المصدر المائي. اما نوع الثاني فهو المصادر غير النقطية أو غير المحددة وهي كما يقهمن من التسمية تشمل التلوث الذي لا يمكن تحديد مصادره ، كما في حالة الطمي والغرين في مياه الأنهار والنترات والفوسفات والمواد العضوية والمبيدات في البحيرات والأنهار وغير ذلك.

يمكن تقسيم المصادر المسببة لتلوث المياه الى المصادر مدنية وصناعية و زراعية:

أولاً: المصادر المدنية لتلوث المياه

وتشمل جميع محطات تصفية المجاري التي تطرح مياهها الى الأنهار سواء كانت معالجة أو غير تامة المعالجة ، كما تشمل على



أي تصريف للمياه العادمة غير المعالجة التي تطرح عن مجمعات مدنية كبيرة، كالفنادق أو المستشفيات أو المعاهد والمدارس التي تقام

أحيانا بالقرب من الأنهار لا سيما في دول العالم الثالث، كما إن هناك العديد من السواحل البحرية التي أضحت تعاني من تلوث شديد بسبب كثرة التجمعات السكانية بالقرب منها خصوصا في مواسم السياحة.

خصائص المياه الناتجة : تتصف المياه الناتجة عن مثل هذه التجمعات السكانية بزيادة المحتوى العضوي من المواد القابلة الى التحلل الحيوي في المياه وبالتالي ارتفاع قيمة الطلب البايو كيميائي للأوكسجين مع زيادة للمؤشرات التالية:

-العوالق الصلبة.

-النتروجين.

- النترات.

البكتريا الكتالونية.

إضافة الى وجود مسببات المرضية المعروفة عادة في مثل هذه المصادر.

والجدول يوضح معدل القيم المحددة أو المديات لبعض هذه الملوثات ، مقدره بالملغم/لتر .

جدول _ : خصائص مياه الفضلات (الصناعية أو المنزلية) المصروفة الى المجرى المائي .

المؤشر	مياه الفضلات المصروفة	مدى الملوثات (ملغم/لتر)
BOD5	منزلية	300-100
	صناعية/ (غذائية ألبان، مشاريع صغيرة)	570
	صناعية/ (غذائية: سكر/طن بنجر)	1230
TDS	منزلية	850-250
TSS	منزلية	350-100
	صناعية/ كيميائية	860
	صناعية / ورقية	1360
TOC	منزلية	300-100
N	منزلية	85-20
P	منزلية	20-6
Cl	منزلية	100-30

ثانيا: المصادر الصناعية الملوثة للمياه :

لا يختلف اثنان في أن الصناعة هي من أهم وأنشط المصادر المسببة للتلوث في المياه، وخصوصا بالمواد الكيميائية (كالحوامض والقواعد والمواد السامة) وتختلف هذه المواد المطروحة بحسب نوع الصناعة، ومما يزيد من حجم هذه المشكلة إن اغلب الصناعات تحتاج الى المياه أثناء العمليات الإنتاجية، فالماء إن لم يدخل في الصناعة كمادة أساسية أو أولية فإنه يستخدم لأغراض شتى كالتبريد، وغسل المواد أو تخفيفها، وتقدر الدراسات المتخصصة بأن احتياج المياه الصناعية الى الأوكسجين يقدر بثلاثة أو أربعة أضعاف ما تحتاجه مياه فضلات المنازل، ومن الأمور المسلم بها اليوم، إن بعض الأنشطة الصناعية تؤدي الى جميع أشكال التلوث مرة واحدة فمن جهة تبعث ملوثات الى المياه وأخرى الى الهواء والثالثة الى التربة على شكل فضلات صلبة، على إن قطاع الصناعة يتضمن أنواع متباينة من الصناعات ، لذا يكون من الأفضل تناول كل قطاع صناعي ملوث للمياه على حدة للاطلاع على تأثيراته البيئية في حالة عدم كفاية إجراءات معالجة التلوث، التي كثيرا ما تحصل ، وكما يلي :

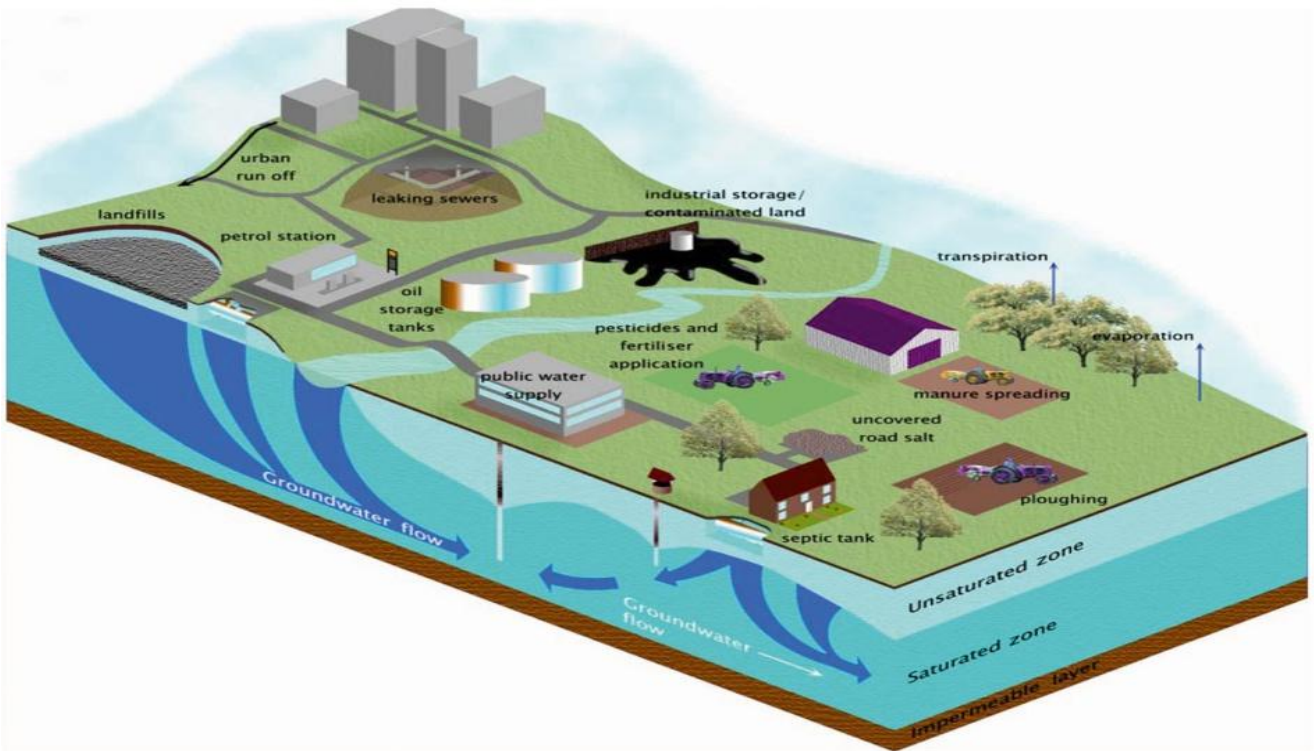
1- الصناعات الغذائية (Food industries): وهي قطاع واسع جدا من الصناعات المهمة لحياة الإنسان في كل مكان من العالم، وتشمل بشكل رئيسي معامل إنتاج الحليب ومشتقاته ، ومعامل تعليب اللحوم الحمراء و الأسماك، معامل السكر(سكر القصب والبنجر) ، ومعامل تعليب الفواكه والخضر، معامل إنتاج العصائر والمشروبات الكحولية والغازية، مجازر المواشي والدواجن، معامل الزيوت النباتية وغير ذلك. تطرح هذه الصناعات مياه فضلات صناعية محملة بكميات كبيرة من المواد العضوية القابلة على التحلل

الحيوي، ولذلك فإن أعلى القيم للاحتياج البايو كيميائي للأوكسجين وكذلك الكيميائي تسجل في هذا القطاع، بالإضافة الى ارتفاع المؤشرات التالية : العكورة أو العوالق الصلبة، كلوريدات، النتروجين، الدهون والشحوم .

2- الصناعات النسيجية (Textile industries): وهي صناعات منتشرة في كل مكان، من الدول الفقيرة الى الدول المتقدمة وتعتمد العمليات الإنتاجية على الماء بدرجة كبيرة لا سيما في عمليات غسل المواد الأولية (الصوف على وجه الخصوص) التي ترفع تركيز العوالق بدرجة كبيرة، وكذلك عمليات الصبغ والتلوين التي تستخدم أصباغا هي أملاح معادن ثقيلة أو مواد عضوية سامة، وتنشأ الملوثات من الشوائب والأوساخ العالقة بالألياف الصوفية ومن بقايا الغسل للألياف المصبوغة، والكيمياويات المستخدمة في الإنتاج من المواد القاصرة والملونة. وهذه الصناعات ملوثة للمياه بدرجة استثنائية، ليس لها مثل إذ إن إنتاج ألف كغم من الصوف يتسبب في تخلف 1500 كغم من الشوائب والأوساخ والملوثات الأخرى، وتكون على شكل ألياف صوفية تالفة، ودقائق رملية وترابية، ودهون، ومعادن ثقيلة، يرافق ذلك ارتفاع في قيمة الاحتياج البايو كيميائي للأوكسجين الى حدود 200-250 ملغم/لتر، وتؤدي الصناعات القطنية الى تلوث مشابه ولكن بدرجة أدنى.

3- معامل الدباغة (Tannery industries): وهي قطاع آخر شديد التلوث للمياه في حالة عدم كفاية إجراءات الحد من التلوث، وتعتمد هذه الصناعات على استلام جلود الحيوانات من المجازر وغسلها ثم تحضيرها بعملية الدباغة والصبغة بأصباغ خاصة تتألف من مركبات سامة، وصولا لإنتاج منتجات جلدية منها. وتكون الملوثات الناتجة من هذه الصناعات هي ارتفاع قيم الدهون والشحوم، والأملاح والمعادن الثقيلة، الى ارتفاع قيمة الاحتياج البايو كيميائي للأوكسجين.

4- الصناعات الكيماوية (Chemical industries) : وهذا القطاع متعدد الانواع أيضا فمنها صناعات الحوامض والقواعد،



والمبيدات (وهي أشكال مختلفة بدورها منها عضوي ومنها لا عضوي) وصناعة المنظفات، والعديد غير ذلك، وتكون المياه الناتجة عن هذه الصناعات ذات دالة هيدروجينية (pH) مختلفة ما بين حمضية أو قاعدية، ويعتمد ذلك على طبيعة الإنتاج، ارتفاع قيمة الاحتياج الكيميائي للأوكسجين والفوسفات أو النترات أو الكبريتات بالإضافة الى المواد الملونة وارتفاع درجة الحرارة أحيانا، وفي الحقيقة فإن ترفاق ارتفاع درجة الحرارة مع المواد السامة أو تغير الدالة الحمضية يكون له تأثيرات خطيرة على البيئة المائية .

5- الصناعات النفطية ومصافيها (Petroleum and Refineries): إن الحاجة المتزايدة الى الوقود النفطي قد أدى الى توسع عمليات التنقيب على اليابسة وتحت سطح البحر، وتتميز هذه الصناعات بطاقتها الإنتاجية العالية جدا فضلا عن خطورة الملوثات

الناجمة في حالة انطلاقها، والصناعة النفطية ملوثة للبيئة ابتداء من مراحل التنقيب عن النفط وما تطرحه من مياه تبريد وتسهيل عمليات الحفر الغنية بالعوالق، ومرورا بمرحلة تصفية النفط وتكريره ومرحلة نقله بالناقلات أو خطوط الأنابيب وانتهاء بمرحلة استخدامه بالاحتراق في منظومات الطاقة (محطات الطاقة والمعامل ووسائط النقل).

تختلف الملوثات الناتجة عن كل مرحلة ، وهي في الغالب تشترك في ارتفاع قيم الهيدروكربونات النفطية والعوالق وأملاح الصوديوم والمركبات الفينولية، ومركبات الكبريت العضوية اللاعضوية و الهيدروكربونات الكلورية أو النتروجينية، واغلب هذه الملوثات ذات تأثير على حواس الإنسان بحيث يستطيع تمييز طعمها أو رائحتها على مستويات متدنية تصل الى الجزء بالمليون أو اقل، كما إنها ذات تأثيرات سامة للأحياء المائية.

6- الصناعات المعدنية والتعدين (Ore Mining): وتشمل مناطق استخراج الخامات المعدنية والفحم ومصاهر الخامات، وينتج عنها مياه ملوثة بالعوالق الصلبة بشكل كبير أو بحوامض قوية مثل الكبريتيك فضلا عن المعادن ومنها الثقيلة وحسب نوع النشاط، وتكثر هذه الصناعات في مواقع معينة دون غيرها، وحيثما تكون الخامات متوفرة بالإضافة لذلك هناك معامل الطلاء الكهربائي للمعادن التي تصرف مياهها غنية بأملح معدنية جميعها من العناصر الثقيلة السامة .

7- الصناعات المطاطية والبلاستيكية (Rubber and Plastics industries): يحتوي مياه الفضلات الصناعية لهذه الصناعات على مواد عضوية قابلة للتحلل العضوي وبذلك نكون قيمة الاحتياج البايو كيميائي للأوكسجين عالية بالإضافة الى مواد ذات رائحة (مواد قابلة للتطاير) يلاحظ وجودها على مسار المصدر المائي لعدة كيلومترات.

8- الصناعات الورقية: بالإضافة الى تلوث الهواء الواسع النطاق الذي ينتج عن مثل هذه الصناعات فان التلوث في المياه لا يقل أهمية عنه، إذ يطرح هذا القطاع من الصناعة آلاف الأمتار المكعبة من مياه الفضلات مقابل إنتاج الورق والعجينة الورقية. يعتمد نوع الملوثات وتركيزها على طريقة الإنتاج وهي غالبا ما تكون متألفة من خليط معقد من الكيماويات السامة بالإضافة الى نسبة ما يقرب من 50% من الفضلات السيليلوزية التي تكون معتمة بدرجة كبيرة.

لذلك فأنها تسبب تأثيرات خطيرة على البيئة المائية لدى طرحها، ومن هذه التأثيرات حرمان النباتات من ضوء الشمس مما يخفض من الإنتاجية النباتية، كما إن ميلها للتحلل الحيوي يحرم البيئة المائية من الأوكسجين اللازم لها.

الأمطار الحمضية (Acid Rain)

ظاهرة الأمطار الحمضية هي ظاهرة بيئية حديثة تتلخص في ذوبان الغازات الملوثة للهواء مثل غاز ثنائي أوكسيد الكبريت (SO_2) أو الكربون (CO_2) أو النتروجين (NO_2) أو كبريتيد الهيدروجين في ماء المطر و تحوله الى أحماض.

الأمطار الحمضية هي مياه الأمطار التي تتراوح فيها قيمة الأس الهيدروجيني (pH) بين 4 و5، وذلك بسبب تكوّن حامض الكبريتيك أو النتريك الناتجة من تفاعل اكاسيد الكبريت أو النيتروجين الموجودة في الجو مع قطرات الماء الموجودة في المطر. وعلى الرغم من أن مياه الأمطار تكون حمضية بعض الشيء نتيجة ذوبان ثنائي أوكسيد الكربون في قطراتها إلا أن درجة الحمضية تكون مخففة، إذ يصل الأس الهيدروجيني حوالي (6).

وقد يعزى هطول هذه الأمطار الحمضية إلى بعض الظواهر الطبيعية مثل الأنشطة البركانية. ولكن التلوث الصناعي وانطلاق كميات هائلة من اكاسيد الكبريت والكربون والنيتروجين يبقى هو السبب الأكبر في تكوّن الأمطار الحمضية و لا يمكن استبعاد مياه الأمطار عن خاصية الإذابة فأتداء هطولها تذيب الكثير من العوالق والشوائب الموجودة في الجو ثم تهبط إلى الأرض محملة بالمواد الكيميائية والأترية .

ويرجع التأثير الضار للأمطار الحمضية على البيئة إلى تغيير البيئة المائية إلى بيئة حمضية بما يؤدي إلى نفوق الكائنات الحية واختلال التوازن في البيئة والمسطحات المائية. كما تؤدي الأمطار الحمضية أيضاً إلى تآكل المنشآت المعمارية والآثار و تتسبب في ازدياد تآكل المواسير والأنابيب المكونة لشبكات مياه الشرب و أبراج الاتصالات و الطاقة الكهربائية وزيادة نسبة ذوبان الفلزات الثقيلة وتحررها من التربة أثناء جريان المياه الحمضية الى البحيرات والأنهار، الأمر الذي يؤدي في النهاية، إلى زيادة تركيز الفلزات الثقيلة السامة مثل الرصاص و الكاديوم والنحاس في مياه الشرب.

التلوث البيئي له دور أساسي في تلوث مجاري الأنهار والبحيرات والأمطار الحمضية فدورة الماء في الطبيعية التي تبدأ من التبخر إلى هطول الأمطار على المسطحات المائية تتخللها جملة من التفاعلات في الجو تعمل على إذابة مكونات الغازات العالقة في الهواء



مع مياه الأمطار لتأخذ طريقها إلى المسطحات المائية والخزانات الجوفية وتسهم في تلوثها. هناك عاملين أساسيين يسهمان في تغيير مواصفات الأمطار الهاطلة، فالعامل الأول طبيعي ناتج عن تلوث الجو بالغازات المختلفة المتدفقة من جوف البراكين وحرائق الغابات وتحلل بقايا النباتات والحيوانات النافقة والتي في الغالب تطلق غازات معينة عند تفاعلها مع الماء لتسبب نتائج كيميائية حمضية تسهم في تغيير مواصفات ماء المطر الطبيعي إلى ماء مطر حامضي يسبب تلوث مياه المسطحات المائية .



والعامل الثاني صناعي يعود لانبعاث الغازات المختلفة لمداخل المصانع الكبيرة نحو الجو والناجمة عن استخدامها للوقود الاحفوري الذي يؤدي احتراقه لإنتاج غازات (ثاني أكسيد الكبريت، كبريتيد الهيدروجين، وأكاسيد النروجين....) تتفاعل مع ماء المطر في الجو لتهطل على شكل أمطار حمضية على المسطحات المائية وتسهم في تلوثها.

بالإضافة للتلوث فهناك عوامل ثانوية منها نوع التربة السطحية ومكوناتها والطبيعة الطبوغرافية لطبقاتها الأرضية

ومكونات صخور الخزان الجوفي التي تهطل عليها الأمطار الحمضية إذ تلعب نوع التربة دوراً كبيراً في زيادة نسب التلوث، فبعض مكونات الترب الكلسية قابلة للذوبان في الماء عند سقوط الأمطار الحمضية عليها حيث تسهم بتغيير مواصفات المياه وتعرق العمليات الحيوية في منطقة الجذور للنباتات وتضعف نموها نتيجة زيادة تراكيز الكالسيوم و الألمنيوم في الماء الذي يعمل على عرقلة نظام الامتصاص في منطقة الجذور مسببة اختلال في عملية التمثيل الضوئي فتذبل النباتات ويؤدي إلى موتها التدريجي. وبذات الوقت فإن تأثير الأمطار الحمضية على الأحياء المائية في البحيرات الراكدة يؤدي لاختلال عمل أجهزتها التنفسية (خاصة للأسماك) ويسبب هلاكها.

وخلال مسار الأمطار الحمضية في الطبقات الجيولوجية أعلى منطقة الخزان الجوفي إلى المياه الجوفية تعمل على إذابة مكونات صخورها من الفلزات الثقيلة (وكذلك مكونات صخور الخزان الجوفي) كالرصاص، الزئبق، والألمونيوم فتسبب العديد من الأمراض الخطيرة عند استهلاكها من قبل الإنسان دون معالجة.

يلعب التلوث الجوي بالغازات المنطلقة من مداخل المصانع الكبرى في العالم دوراً كبيراً في هطول الأمطار الحمضية، وليس بالضرورة أن تكون مصانع البلد ذاته وإنما يمكن أن يكون التلوث عابراً للحدود من دول أخرى بسبب عامل الرياح واختلاف الضغط الجوي بين المناطق والمدارات في الكرة الأرضية، إذ تعمل على انتقال مكونات التلوث لمسافات بعيدة عن مصادرها الأساس، وعند تفاعلها مع مياه الأمطار ستؤثر في حمضية الأمطار مسببة ضرراً في نوعية مياه المسطحات المائية والخزانات الجوفية. وكذلك فإنها تسبب أضراراً بالغة لأشجار الغابات (الصنوبريات تحديداً) خاصة الأشجار الفتية منها حيث تعمل على تلف قممها النامية. ويقدر حجم الغازات المنطلقة من مداخل المصانع الكبرى في الدول الصناعية في العالم بنحو 200 مليون طن سنوياً. تفاقمت مشكلة الأمطار الحمضية بعد أن عمدت المصانع الملوثة للهواء إلى زيادة ارتفاع مداخلها بغية تشتيت الدخان مع تيارات الهواء على ارتفاعات عالية إلا أن هذه المعالجة للتلوث أدت إلى انتقال الملوثات لمسافات أبعد عابرة لحدود الدول و مؤثرة على مناطق سكنية أو غابات طبيعية أو نظم بيئية زراعية و سميت

هذه الظاهرة بالتلوث عبر الحدود (Transboundary pollution) إذ ازدادت المشكلة تعقيداً بسبب حركة الرياح التي تحمل الأكاسيد المتسببة في الأمطار الحمضية من مكان إلى آخر مثلما هو حادث في أمريكا الشمالية، إذ تشير أصابع الاتهام إلى أن ولايات الحزام الصناعي الأمريكي مثل أوهايو مسؤولة عن حوالي 50% من الأمطار الحمضية التي تسقط على كندا .

وقد تأثرت مئات البحيرات في نصف الكرة الشمالية خصوصاً في السويد، النرويج، المملكة المتحدة وشمال أمريكا بهذه الأمطار الحمضية إذ تبدو لأول وهلة أنها بحيرات تحتوي على مياه عذبة شفافة إلا أنها في حقيقتها مياه ليست فيها حياة نتيجة تأثير الأمطار الحمضية عليها. وقد وصلت هذه البحيرات إلى درجة ملحوظة من الحموضة بعدما استنفدت مقدرة التربة على معادلة التأثير الحمضي للأمطار، حيث تحتوي التربة على عدد من الأملاح القلوية مثل كربونات الكالسيوم و المغنيسيوم التي لها القدرة على معادلة الأحماض. و بعد أن فقدت التربة مقدرتها على معادلة الأحماض لم تعد البحيرات ذات مقدرة على معادلة التأثير الضار للأمطار الحمضية وفقدت مقدرتها على تدعيم الحياة فيها أو إعادة التوازن البيولوجي لها إذ يؤثر انخفاض تركيز الهيدروجين في المياه على الأحياء المائية فقد يكون التأثير فلسجي مباشر أو غير مباشر من خلال زيادة التأثير السمي لبعض المعادن مثل الألمنيوم. إن بعض أنواع الأسماك والحيوانات مثل الضفادع تجد صعوبة في التكيف والتكاثر في بيئة حمضية وكثير من النباتات مثل الأشجار دائمة الخضرة قد تضررت بفعل الأمطار الحمضية والضبب الحمضي. كما أثرت الأمطار الحمضية على الأعمال الفنية الحجرية في بعض واجهات مباني المدن. كما فقدت كثير من الغابات مظاهر الحياة فيها و فقدت الأراضي الزراعية كثيراً من خصوبتها ولم ينفع استخدام الجير الحي أو المواد القلوية كثيراً في رجوع هذه الأراضي إلى طبيعتها أو استعادة البحيرات توازنها البيولوجي .

كما أن هناك أيضاً الأمطار القاعدية (Alkali Rain) التي قد يصل الأس الهيدروجيني لها إلى أكثر من (8) وتكون عادة غنية بالكالسايت وغيرها من المواد القاعدية المذابة كالكربونات إلا أن هطولها ينحصر في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل مناطق الشرق الأوسط كما لا يشكل سقوطها أخطاراً مثل تلك التي تشكلها الأمطار الحمضية .

الإجراءات المتبعة لتقليل أضرار الأمطار الحمضية على المسطحات المائية:

- 1- رش سطح البحيرات بمادة الجير لتعديل حموضة مياهها، ويقدر حجمه تبعاً لنسبة قيم ال pH في مياه البحيرة وذلك من خلال تحاليل مختبرية دقيقة، فالتقديرات المختبرية الخاطئة لقيم ال pH في مياه البحيرة تعمل على زيادة كمية الجير المستخدم وبالتالي فإنه يعمل على تحويل مياه البحيرة من مياه حمضية إلى مياه قلوية تترك آثار بالغة على المياه لا تقل عن آثار الحموضة ذاتها.
- 2- إصدار تشريعات ملزمة للمصانع تقضي بضرورة إتباع أساليب تقنية تحد من الانبعاث الغازي الناجم عن المعامل.
- 3- إبرام اتفاقيات عالمية مع الدول الصناعية لمنع التلوث العابر للحدود، للحد من انبعاث الغازات من مداخن مصانعها الملوثة للجو والمسببة للأمطار الحمضية.

ثالثاً: المصادر الزراعية الملوثة للمياه :



إن المسطحات المائية و خاصة منها الأنهار والبحيرات أكثر عرضة للتلوث من مصادر المياه الأخرى لأنها على تماس مباشر مع النشاطات المختلفة للإنسان تحديداً منها الزراعية، فالقطاع الزراعي يعد من أكثر القطاعات الأخرى استهلاكاً للماء و بالتالي فإن مياه صرفها تكون أكبر، إذ لا تقتصر ملوثاتها على الأملاح المنحلة من التربة وإنما على ما تحمله من ملوثات ناتجة عن استخدام الأسمدة والمبيدات و نظراً لسميتها العالية فإنها تسبب أمراض خطيرة للإنسان، وتعمل على التدهور في مواصفات مياه الأنهار والمسطحات المائية الأخرى.

تشكل الزراعة جانبا أساسيا وهاما لحياة الإنسان، فالزراعة توفر لملايين البشر ما يطلبونه من منتجات زراعية كغذاء يومي، وتلبية للطلب المتزايد على المواد الغذائية فقد أصبحت الزراعة الحديثة تتطلب استخدام الكيماويات الزراعية بدرجة كبيرة عن ذي قبل، سواء كان ذلك باستخدام الأسمدة الكيماوية لتحسين نوعية المنتجات أم باستخدام المبيدات الزراعية لوقاية المحاصيل والفواكه والخضر من الآفات الزراعية التي تهددها. فأدخلت لهذا الغرض العديد من المركبات العضوية واللاعضوية وهي تستخدم بكميات تقدر بملايين الأطنان سنويا في عموم العالم. إن انخفاض كلفة إنتاج الأسمدة الزراعية بعد الحرب العالمية الثانية قد أدى الى التوسع السريع بإنتاجها كما هو حال إنتاج المبيدات أيضا فكان لذلك الأثر الكبير في تفاقم اثر التلوث بهذه المركبات في البيئة المائية، والحقول الزراعية غالبا ما تكون بمحاذاة الأنهار أو المصادر المائية الأخرى كالبحيرات وبذلك فان استخدام أي كميات من هذه الكيماويات الزراعية من شأنه أن يؤدي الى ظهور الملوثات في البيئة المائية القريبة.

الأسمدة الكيماوية وتلوث المياه:

تتألف الأسمدة الكيماوية من واحد أو أكثر من أملاح العناصر الثلاث الرئيسية وهي : النتروجين والفسفور والبوتاسيوم ، وتكون أملاح النتروجين على احد الأشكال التالية :

نترات الامونيوم (NH_4NO_3) أو كبريتات الامونيوم $(NH_4)_2SO_4$ أو اليوريا $(CO(NH_2)_2)$

تستخرج أملاح الفسفور من فوسفات طبيعية المنشأ والتي تتألف عادة من الفلورايتايت (Fluoraptite) وتركيبه الكيماوي هو $(Ca_3(PO_4)_2)_3CaF_2$ وتعامل هذه الخامات بعد نقلها الى المعمل وطحنها، بكمية مساوية لها من حامض الكبريتيك لإنتاج خليط قابل للذوبان في الماء يتألف من فوسفات الكالسيوم الأحادية $(Ca(H_2PO_4)_2)$ وكبريتات الكالسيوم $(CaSO_4)$ وهذا ما يعرف بالسوبر فوسفات.

اما البوتاسيوم فسيخرج من خامات البوتاس الطبيعية ويدخل في تركيب الأسمدة الكيماوية على شكل كلوريد البوتاسيوم (KCl) أو كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) . ويعبر عن تركيزه فيها على شكل K أو K_2O .

إن تزايد تراكيز هذه العناصر الثلاث في البيئة المائية يؤدي الى حالة الإثراء الغذائي المتمثلة في زيادة نمو الهائمات النباتية في المياه (Phytoplankton) مما يخفض صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة. وتمثل زيادة تراكيز النترات في المياه خطرا ذا طبيعة خاصة عند استهلاك المياه الملوثة بها خصوصا للأطفال الرضع، إذ تختزل النترات (NO_3) الى نترت (NO_2) في معدة و أمعاء الأطفال الرضع بسبب فعالية إنزيم الرنين في الجهاز الهضمي، يعقب ذلك اتحاد النترت بعد امتصاصه من الأمعاء مع الهيموغلوبين في الدم محولا إياه الى مركب آخر ويكون غير قادر على نقل الأوكسجين ويعرف بمركب الميثيموغلوبين .

التأثيرات السلبية للمخسبات في مياه الصرف الزراعي على الأنهار والبحيرات:

تحوي مياه الصرف الزراعي على كميات عالية من مركبات النتروجين والفسفور و البوتاسيوم الزائدة عن حاجة النبات تأخذ طريقها إلى المصارف الأساسية كمجاري الأنهار والبحيرات، فتعمل على تردي نوعية المياه وتشجع على نمو الطحالب و الاشنات خاصة في مياه البحيرات الراكدة وكذلك في الأنهار بطيئة الجريان بسبب إقامة المنشآت المائية العديدة (السود) التي تعمل على ترسيب مادة الطمي خلف السد وتقلل من سرعة جريان الماء كما هو الحال في حوضي دجلة والفرات ونهر النيل في مصر .

وقد أدى ذلك لانتشار وباء (الشمبلان و وردة النيل) بشكل كبير في تلك المجاري المائية، فتلك النباتات الوبائية تنتشر على سطح الماء بشكل واسع ولها القدرة على التكاثر بمعدل 70 ألف نبتة سنويا وتقدر مساحة انتشارها على سطح الماء بنحو 4200 م² سنويا وتمتاز بفعالية عالية على استهلاك الماء وتسريع عمليات التبخر من المجاري المائية حيث يمكن أن يخسر خلالها المجري المائي نحو نصف إلى ثلث الخزين المائي، فالتقديرات تشير إلى أن حجم المياه التي يخسرها نهر النيل جراء انتشار الوباء نحو 2 مليار م³ سنويا. إن احتواء المياه على مواد ذات أهمية خاصة بالنسبة للنباتات المائية كالمركبات النتروجينية والفوسفاتية يمكن أن يحرض نمواً غير عادي للنباتات في المياه ويمنع استخدامها للأغراض المختلفة كما تؤدي لحدوث تخمر في الوسط المائي حيث تنبعث الروائح الكريهة، وبذلك يزداد الطلب الحيوي للأوكسجين لأن النمو الوبائي للطحالب و الاشنات في المياه الملوثة ينقص كثيراً من الأوكسجين المذاب.

الأضرار التي تسببها النباتات الوبائية على البيئة والسكان:

- 1- تعمل على زيادة معدل التبخر من المجرى والمسطحات المائية لنحو ثمانية أضعاف المعدل الطبيعي.
- 2- قابليتها على التكاثر السريع لتشكل طبقة عازلة فوق سطح المياه وتعيق الكثير من العمليات البيوضوئية بين الهواء والماء.
- 3- تعمل على سد مجاري الشبكات المائية وقنوات الري الفرعية فتعيق جريان المياه نحو الأراضي الزراعية، كما تعمل على إعاقة الملاحة النهرية.



- 4- تعمل على قتل أنواع عديدة من الطحالب والأسماك نتيجة حجبها لضوء الشمس.
 - 5- تسبب تردي في نوعية المياه نتيجة انخفاض نسب الأوكسجين المذاب مما يؤدي إلى الإضرار بالأحياء المائية.
- التأثيرات السلبية للمبيدات في مياه الصرف الزراعي على الكائنات الحية:

تحتوي المبيدات الحشرية المستخدمة في مكافحة الأمراض الزراعية على مركبات كيميائية معقدة غير قابلة للتفكك في الطبيعة إلا بشروط خاصة ويفترات زمنية متباينة تبعاً لنوع الأحياء المائية وقدرتها على تخزينها في جسمها، لكن قسماً منها يتعرض للموت بسبب تأثيراتها السامة، فعند استهلاك الإنسان للحوم الأسماك النهرية أو البحرية بكميات كبيرة ولفترات زمنية طويلة يؤدي لإصابته بأمراض خطيرة ومن ثم موته. وكذا الأمر بالنسبة للنباتات الطرية المعاملة بالمبيدات الحشرية بشكل مكثف حيث تختزن قسماً منها في أنسجتها وعند تناولها من قبل الإنسان تسبب له أمراض خطيرة، فمثلاً مركبات الدايبوكسين المستخدمة في مكافحة الأعشاب والمواد المطهرة عند دخولها جسم الإنسان وبتراكيز عالية تعمل على الإضرار بالجملة العصبية وتسبب حالات من الشلل والأمراض الخبيثة وتقرحات جلدية وكذلك ولادات مشوهة، وفي حالات متقدمة تؤدي إلى الموت.

دور مياه الصرف الزراعي في تلوث المسطحات المائية:

تشمل مخلفات جميع الأنشطة الزراعية أو المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الزراعي والزائدة عن حاجة النبات، وتقسم حسب تسربها لعدة أقسام منها ما يتسرب نحو أعماق التربة ليصل إلى الخزانات الجوفية، ويتعلق ذلك بحجم المياه المتسربة وبنوع التربة (رملية، طينية

كثيمة أو مسامية). والقسم الآخر يأخذ طريقه عبر مصارف البزل ويتعلق حجمه بنوع مصارف البزل (سعتها، ميلها، تصريفها، مبطنة أو غير مبطنة) والقسم الأخير من مياه الصرف الزراعي، يأخذ طريقه مباشرة نحو قنوات الري ليتسرب نحو مجاري الأنهار والبحيرات. تتعلق نسبة التلوث في مياه الصرف الزراعي بحجم النشاط الزراعي، ومتطلباته وسعة الرقعة الزراعية وفعالية قنوات الري والصرف. وإن طرق الري المتبعة في النشاطات الزراعية تعتبر العنصر الأساس المتحكم بحجم مياه الري المستخدمة، فطريقة الري التقليدي بالغمر تستهلك نحو 12 ألف م³/هكتار من المياه تبعاً لنوع النباتات المزروعة. في حين أن طرق الري الحديثة (الرش، والتقطيط) لا يتجاوز استهلاكها المائي عن 7500 م³/هكتار، وبالتالي فإن حجم المياه الفائضة عن حاجة النبات في كلا الطريقتين متباين. بالإضافة إلى حجم الرقعة الزراعية ونسبة التثقيب الزراعي. الإنتاج الأفقي والعمودي يحدد حجم المياه المستخدمة وحجم المخصبات الزراعية وكذلك حجم المبيدات الحشرية المستخدمة، وبالتالي فإن الكميات الفائضة من الأسمدة والمبيدات عن حاجة النبات أو المتسربة عبر المياه إلى المبالز أو مجاري الأنهار هي التي تتحكم بنسب تلوث مياه الصرف الزراعي.

يأخذ تسرب مياه الصرف الزراعي ثلاث اتجاهات: التسرب المباشر نحو مجاري الأنهار، والتسرب نحو أعماق التربة إلى الخزانات الجوفية، والتسرب نحو المبالز الزراعية لتلقى في مجاري الأنهار أو البحيرات. وتختلف تأثيرات التلوث المائي لمياه الصرف الزراعي باختلاف اتجاهات التصريف، فعند صرفها في مجاري الأنهار مباشرة فإنها تسبب تلوثها ويتعلق ذلك بحجم تدفق مياه النهر وطول المجرى (أو مساحة البحيرة) وحجم المياه المصروفة فإن كانت متناسبة وفقاً لحسابات التنقية الذاتية حيث أن المجرى المائي قادر على استيعاب تلوث مياه الصرف الزراعي والعمل على تنقيتها من الملوثات ذاتياً دون أن تتأثر نوعية مياه المجرى المائي وعلى خلافه فإن المجرى المائي يصبح ملوثاً.

أن اتجاه التصريف لمياه الصرف الزراعي نحو أعماق الأرض إلى الخزانات الجوفية متعلق بنوع التربة و نفاذيتها وقدرتها على التنقية وحجم الغطاء النباتي وحجم وكمية المياه في الخزان الجوفي وطبيعته الطبوغرافية ومكونات صخره وقابلية عناصرها على الذوبان في الماء. وأما الاتجاه الأخير لتسرب مياه الصرف الزراعي نحو البحار والمحيطات فإن تأثيراته الملوثة تبقى الأقل تأثيراً نتيجة قدرة البحار الذاتية على التنقية تعتبر عالية جداً قياساً بحجم مياه الصرف الزراعي المتسرب إليها. ولكن عند النظر لإجمالي مياه الصرف الزراعي المتسربة نحو البحار والمحيطات وما تحمله من ملوثات سامة فإن تأثيراتها السلبية على الأحياء المائية خاصة عند الشواطئ والمياه الضحلة تبدو مقلقة و يترافق ذلك مع ما يطلق عليه بالتكامل الاقتصادي في الزراعة (الإنتاج الزراعي والحيواني) حيث أن مخلفات الحيوانات المتسرب مع مياه الصرف الزراعي تسبب تلوثاً إضافياً عند تسربها نحو مجاري الأنهار أو البحيرات أو الخزانات الجوفية أو البحار والمحيطات.

- تقدير نسب التلوث في المسطحات المائية:

تلقى معظم مياه الصرف المتعددة بعد معالجتها في المسطحات المائية ومجاري الأنهار ويختلف حجمها تبعاً لاختلاف حجم التجمعات السكانية والصناعية والزراعية، فالتوسع الحضري أدى لزيادة مياه الصرف الصحي والتوسع الصناعي زاد من مخلفات الصرف الصناعي، وكذلك الأمر بالنسبة للتوسع الزراعي فإن مياه الصرف الزراعي المحملة ببقايا الأسمدة والمبيدات والأملاح، أصبحت تأخذ طريقها نحو المسطحات المائية وأدت لتلوثها.

تعاني الدول غير المطلة على شواطئ البحار بشكل أكبر من تلوث مجاريها المائية ويمكن أن يسهم التلوث العابر للحدود عبر المجرى المائي أيضاً، فمياه الصرف المتعددة غير المعالجة بشكل جيد تسبب خطورة على السكان. إن خطورة تلوث مياه البحيرات والمجاري المائية يصبح أكبراً حين يكون إجمالي تصريف المجرى المائي مساوياً أو أقل من إجمالي حجم مياه الصرف المطروحة في المجرى المائي مما يؤدي لتغيير المواصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه، وبالتالي على الأحياء المائية. و بالعكس حين يكون إجمالي حجم تصريف المجرى المائي أكبر من إجمالي حجم مياه الصرف، فإن المجرى المائي يستطيع الحفاظ على توازنه البيئي لقدرته الذاتية على التنقية.

يتم حساب نسب التلوث في المسطحات المائية عن طريق حساب قيم (الأوكسجين المطلوب كيميائياً (مطلب الأوكسجين الكيميائي) (COD)، الأوكسجين المطلوب بيولوجياً (مطلب الأوكسجين الحيوي) (BOD) فإن كانت قيم الأولى أعلى من قيم الثانية فإن مياه المجرى

تعتبر مياهها ملوثة وغير صالحة للاستخدامات البشرية، وفي الغالب يكون ذو رائحة وطعم غير مستساغ. إن الوسط المائي الخالي من التلوث تتراوح قيم الأوكسجين المذاب فيه بين (5-10) ملغم/ لتر تبعاً لفصول السنة.



تختلف معايير مياه الصرف المتعددة التي تطرح في البحار عنها في مجاري الأنهار والبحيرات المغلقة تبعاً لغزارة (أو حجم) المجرى أو المسطح المائي وقدرته على التنقية الذاتية، فكلما كبر حجم المسطح المائي وزادت غزارته المائية كلما زادت قدرته على التنقية الذاتية قياساً بحجم مياه الصرف المتسربة إليه، فالبحار مسطحات مائية شاسعة ومرتبطة بالمحيطات لذا فإن قابليتها على التنقية الذاتية كبيرة جداً، مع مراعاة

اعتماد المعايير البيئية لطرح مياه الصرف المتعددة فيها حفاظاً على التوازن البيئي في المستقبل وتختلف تلك المعايير من دولة لأخرى. الإجراءات المطلوب اتخاذها للحد من تلوث الأنهار و المسطحات المائية:

- 1- إصدار تشريعات قانونية عاجلة لمنع إلقاء الملوثات والأوساخ في مجاري الأنهار، وضرورة تشديد الرقابة على سكان المدن والأرياف التي تقع على مجاري الأنهار مباشرة.
 - 2- توفير الحاويات اللازمة لجمع النفايات وعدم رميها في مجاري الأنهار التي أصبحت تطفو على سطحها بشكل مستعمرات من أكياس النايلون والعلب الفارغة وغيرها.
 - 3- رصد الأموال اللازمة للنهوض بواقع البنى التحتية من شبكات مياه الصرف المنزلي ومحطات لمعالجة مياه الصرف والاستفادة منها في الري وسقي الحدائق والمنتزهات العامة وغسل الشوارع كإجراء لتوفير المياه.
 - 4- تشديد الرقابة الصارمة على محطات تنقية مياه الشرب للتأكد من صلاحيتها للشرب وعدم تعريض حياة الناس لخطر الإصابة بالأمراض الخطرة، فتوفير مياه الشرب النظيفة اقل ما يمكن أن تقدمه الدولة كخدمة للمواطنين.
 - 5- إلزام أصحاب المصانع والمستشفيات ذات المخلفات المضرة بالصحة على ضرورة اقتناء محطات معالجة أولية تقلل من خطورة مخلفاتها قبل التخلص منها في شبكة المصارف العامة.
 - 6- رفع مستوى وعي المواطن بأهمية الحفاظ على البيئة المائية من خلال إعداد برامج توعية صحية و تبيان خطورة التلوث المائي على الصحة والبيئة معا.
- يقدر حجم مياه الصرف في الوطن العربي نحو 22 مليار م³ سنوياً، ومن المتوقع أن يصل في العام 2025 لنحو 50 مليار م³. فإذا علمنا بأن المتر المكعب الواحد من المياه الملوثة يتسبب في تلوث (40-60) م³ من مياه المجرى الطبيعي، ندرك حجم الكارثة البيئية التي يمكن أن تسببها مياه الصرف المتعددة على مياه المسطحات المائية وخاصة مجاري الأنهار والبحيرات ذات التصريف المائي الثابت سنوياً. ففي دراسة بيئية أجريت على مياه مجرى نهر النيل في مصر وجد أنه يتلقى سنوياً نحو 5.6 مليار م³ مياه صرف متعددة منها: 1.1 مليار م³ مياه صرف صناعي، 4 مليار م³ مياه صرف زراعي، ونحو 500 مليون م³ مياه صرف منزلي فعند مدينة أسوان الواقعة أعلى النهر وجد أن نسبة الملوثات في مياه النهر لا تتجاوز 500 جزء في المليون لكنها تزداد تدريجياً عبر مسار النهر لتصل لنحو 2000 جزء في المليون عند منطقة الدلتا أسفل النهر، بسبب حجم الملوثات الكبيرة المقدرة بنحو 129 ملوثاً.
- إن تقديرات حساب تكلفة معالجة 1000 م³ من المياه الملوثة وصلت لنحو 50 جنيهاً مصرياً، مما يؤشر لحجم الإنفاق السنوي الكبير الذي تتفقه الدولة على مياه الصرف للحفاظ على الحد الأدنى لمستوى التلوث في مياه نهر النيل و كذلك الأمر بالنسبة لحوضي دجلة

والفرات في العراق ونهر العاصي في سوريا فنسب التلوث فيها أصبحت كبيرة نتيجة ما تتلقاه من مياه الصرف المتعددة على طول مجاريها.

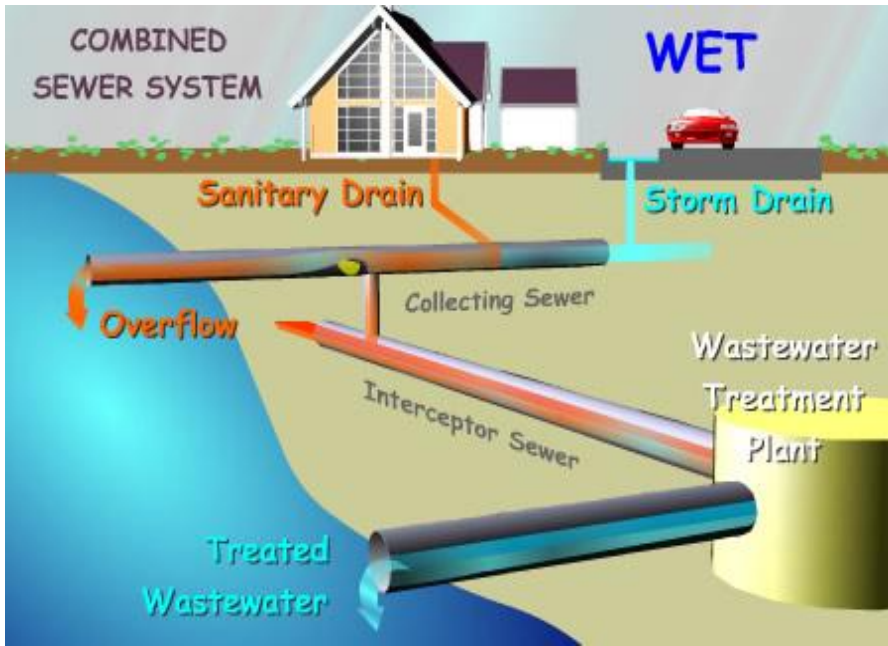
تشير التقديرات إلى أن الولايات المتحدة الأمريكية تتفق سنوياً ما قدره 500 مليار دولار لإزالة الملوثات في مجاري أنهارها وبحيراتها، وفي فرنسا وصل إجمالي مياه الصرف لنحو 19 مليار م³ (مدينة باريس لوحدها تطلق يومياً ما قدره 1.7 مليون م³ من مياه الصرف في نهر السين) ويقدر إجمالي حجم مياه الصرف المتعددة في العالم للعام 2005 التي تلقى في المسطحات المائية بين (600-700) مليار م³. إن مياه الصرف المتعددة (تحديداً منها الصناعية والزراعية) تحمل الكثير من المركبات الكيميائية المعقدة والعناصر الثقيلة والمبيدات التي تراكمت عبر السنين في قاع البحار والبحيرات المغلقة، وهي شديدة السمية للعديد من الأحياء المائية وتسبب خلل في توازن البيئة البحرية.

مصادر التلوث النقطية و غير النقطية و تقييمهما (Point versus Nonpoint Source Pollution and Assessments)

التلوث النقطي و غير النقطي: (Point versus Nonpoint Source Pollution)

مشاكل المصادر النقطية و غير النقطية وتشريعاتها المهمة تحدد و تتناقش من خلال المراقبة ووضع النماذج (الموديلات) لرصد تأثيرات مصادر التلوث النقطية و غير النقطية وتقييمها.

مصدر الملوثات النقطية و غير النقطية، ترتبط، باسم أو موقع النقطة مثل موقع انسكاب أو تفريغ النفاية السام. يميز مصدر الملوثات النقطي عن غير النقطي كونه (i) أسهل للسيطرة عليه، (ii) مميّز وقابل للقياس بسهولة أكثر، و (iii) وهو أكثر سميّاً. مصادر التلوث غير النقطية ناتجة عن الأنشطة الزراعية (زبي وتصريف، تطبيقات مبيدات الحشرات والمخصبات و السيول والتآكل)؛ السيول الحضرية والصناعية؛ التعدين ونشاطات قطع الغابات؛ المخصبات ومبيد الحشرات للمتنزهات و المعاشب وملاعب



الغولف؛ سيول أملاح الطرق؛ الترسبات الجوية؛ نفايات الماشية؛ و النشاطات الهيدرولوجية (سدود، انحرافات، قنوات، ضخ المياه الجوفية). تتضمن المصادر النقطية الاندلاق الخطر من الخزانات تحت الأرض و من أكوام خزن المواد الكيميائية و برك نفاية المناجم و التخلص من النفايات العميق و مصبات النفاية الصناعية أو البلدية والسيول و من بالوعات البلدية.

و مقارنة بالتلوث نقطي المصدر، التلوث غير النقطي أكثر صعوبة بما يتعلّق بالمراقبة وتنفيذ السيطرة بسبب عدم

تجانس أنظمة الماء والترية بشكل عام. وعلى نحو مميّز، المصدر غير النقطي (i) صعب تتبع مصدره (ii) يدخل البيئة على منطقة شاملة وإطار زمني متقطع، (iii) ذو علاقة مع بعض الأحداث المناخية (الأرصادية) الخارجة عن السيطرة (iv) له الإمكانية على البقاء و التواجد النشط لمدة طويلة نسبياً في النظام البيئي العالمي و (v) قد يؤدي الى تأثيرات على الصحة الإنسانية المدى البعيد.

توصيف مصادر التلوث النقطية (Novotny and Olem, 1994)

○ تسربات المياه القذرة البلدية والصناعية

○ تسربات و خلب من مواقع التخلص من النفايات الصلبة

○ سيول و ترشح المياه من مواقع عمليات الإطعام الحيوانية المركزة

- سيول من المواقع الصناعية ليست مرتبطة بالمجاري و البالوعات
- مصبات بالوعات مياه العواصف في المراكز الحضرية (سكان أكثر من 100000)
- طفح البالوعات و المجاري المدمجة
- مياه التصريف و البزل من المناجم النشطة السطحية و تحت الأرض و من حقول النفط.
- مصادر أخرى، مثل التصريف من السفن، خزانات متضررة، وأكوام خزن المواد الكيميائية
- سيول من مواقع البناء .
- توصيف مصادر التلوث غير النقطية.

- سيول و تدفقات الري.
- سيول الأراضي المحروثة و التسرب من المصادر الزراعية ما عدا العمليات الحيوانية المركزة المحصورة
- سيول مراعي الحيوانات غير المحصورة .
- السيول من مناطق حضرية تضم نظام مجاري (سكان أقل من 100000)



- السيول من مناطق حضرية ليس فيها نظام مجاري
- السيول من مواقع بناء متفرقة.
- طفح مياه المجاري في المناطق لعيب في أنظمة البالوعات.
- ترسبات جوية جافة و رطبة على المسطحات المائية (المطر الحمضي)
- تدفق من المناجم المتروكة (سطح و تحت الأرض)، بضمن ذلك الطرق الخاملة الثانوية، و طفح الأكوام .
- نشاطات على الأرض من تولد النفايات و الملوث، مثل: - إزالة أشجار و قطع و نقل الأخشاب
- تصريف و تحويل مجاري الجداول
- بنايات السدود، طرق السدود، وسائل تحويل تدفق المياه الصالحة للملاحة
- بناء و تطوير الأرض.
- النقل بين المدن
- تدريب عسكري، مناورات، و تمارين
- أنظمة مياه مجاري و نباتات معالجة مياه مجاري.

تقييم مصادر التلوث النقطي و غير النقطي (ASSESSMENT OF POINT AND NONPOINT SOURCE POLLUTION)

يتضمن التقييم تحديد تغير بعض المكونات زمانيا و مكانيا. هذا التغيير اما أن يُقاس في وقت حقيقي أو يحاكي نموذج يعكس المقاييس الفورية مع نشاطات الماضي، و هذه المحاكاة يمكن أن تُرَوِّدَ لمحات مفيدة إلى المستقبل. إستعمال النماذج الرياضية لتقييم مصادر التلوث النقطي و غير النقطي، تتم بملاً فجوات المعلومات، لتمييز نقاط المراقبة الحرجة للمواد الكيميائية المستقبلية لتزودنا بمعلومات إحتياج المعالجة من عدمها من خلال اطر القواعد و المعادلات و العلاقات الرياضية باستعمال تقنيات الانحدار الخطي المتعدد و موديلات انتقال المحاليل (solute transport model) و دليل حركة الملوثات.