أمام تفشي مختلف أشكال التلوث الناجمة عن استغلال الإنسان للمواد العضوية وغير العضوية، وقصد تجنب تدهور الأوساط الطبيعية واختلال توازن الحميلات البيئية، لجأت أغلب الدول إلى نهج سياسات بيئية واعتماد وسائل المراقبة الدائمة لرصد مختلف العناصر الملوثة وكذا مراقبة جودة وصحة الأوساط الطبيعية.

باختلاف الأوساط الطبيعية المراقبة (ماء، هواء، تربة)، تختلف التقنيات والمعايير المُعتمدة.

حصيلة النشاط 1: مراقبة وقياس جودة الماء

بفضل التطور التقني، تم توفير عدة أجهزة ومعدات قادرة على التعرف على العناصر المكونة للماء، ومن تم تحديد جودة المياه بواسطة معايير فيزيائية، كيميائية، وإحيائية.

1-معايير فيزيائية

أ. **درجة الحرارة**: يجب ألا تغيّر نشاطات الإنسان درجات حرارة المياه أكثر من التقلبات الموسمية الطبيعية. إن هذا التغير قد يؤثر في عمليتي التنفس والتركيب الضوئي. وكما هو معروف كلما ارتفعت درجة حرارة الماء ينخفض تركيز الأكسجين المذاب فيه الشيء الذي يؤثر سلبا على الأسماك والكائنات التي تعيش في هذا الوسط المائي.

ب. **التعكر**: إن الأجسام الصلبة غير القابلة للذوبان في الماء مثل ذرات الرمل، الطحالب، البكتيريا وغيرها تؤدي إلى تعكر الماء. هذا التعكر يقلل من دخول أشعة الشمس إلى الوسط المائي وبالتالي تقل عملية التركيب الضوئي. تقليل عملية التمثيل الضوئي يقلل من تركيز الأكسجين ويزيد من تركيز ثاني أكسيد الكربون في الماء وهذا يؤثر سلبا على الكائنات التي تعيش بالماء. يمكن قياس التعكر بجهاز يقيس أشعة الضوء التي تمر من المياه أو بواسطة استعمال صفيحة سكي (disque Secchi) . هذه الصفيحة مدهونة بمثلثات سوداء وأخرى بيضاء. يتم إدخال الصفيحة إلى الماء حتى لا نستطيع رؤية الألوان، ثم نقيس عمق الماء عند اختفاء الألوان. كلما اختفى اللون بعمق أقل معناه أن التعكر مرتفع جدًا. يعبر عن التعكر بوحدات NTU .

ج. **اللون**، الطعم والرائحة: الماء لا لون ولا طعم ولا رائحة له، ولذلك وجود أي صفة من هذه الصفات تدل على وجود مواد مختلفة تلوث الماء. مثلا وجود معادن مثل الحديد يغير من لون الماء، وجود مواد عضوية تتحلل لاهوائيًا في الماء تعطي رائحة كريهة...

د. **النشاط الإشعاعي**: هنالك احتمال لتلوث المياه بمواد مشعة. مصدر هذه المواد يكون إما بشكل طبيعي من ذوبان صخور مشعة أو بواسطة الإنسان عن طريق إلقاء المواد المشعة المستعملة في المستشفيات والمختبرات في الماء. إن التعرض لكمية معينة من هذا الإشعاع يمكن أن يحدث طفرات في المادة الوراثية (ADN) ومنه الإصابة بالسرطان.

2-مقاييس كيميائية: يعبر عن هذه المقاييس بتركيز للمواد المختلفة الموجودة في الماء مثل تركيز الأملاح، تركيز النيترات والفوسفات وتركيز الأكسجين بوحدات mg/L.

أ. **الملوحة**: هنالك أملاح ذائبة بالماء ولكن الأكثر انتشارًا هو ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم (NaCl)، ولذلك يعبر عادةً عن تركيز الملوحة بتركيز الكلور. إن مصدر الأملاح الموجودة في الماء هو إما بشكل طبيعي من إذابة الصخور أو الأملاح الموجودة في التربة، وإما بتدخل الإنسان حيث يزيد هذه الأملاح عن طريق استعمال الأسمدة الكيماوية أو سكب المياه الصناعية والمياه العديمة في الأوساط المائية.

ب. **النيترات والفوسفات**: توجد هذه المواد في:

-الأسمدة الفلاحية، و يعتبر المصدر الرئيسي للنترات والفوسفات.

- المياه العديمة (الفضلات). تحتوي هذه الأخيرة على الأحماض النووية (ADN, ARN) والتي تعتبر مصدرا للنترات والفوسفات.

- كما يمكن أن يتواجد الفوسفات بشكل خاص في مواد التنظيف المنزلية.

تعتبر النيترات والفوسفات مواد اقتياتية بالنسبة للطحالب المائية. بعد وصول هذه المواد إلى الأوساط المائية، تتكاثر النباتات اليخضورية الطافية بسرعة (خاصة الطحالب)، وهذا يسمى بازدهار الطحالب أو التخاصب. هذه الظاهرة تحجب أشعة الشمس عن الماء، مما يقلل من عملية التمثيل الضوئي للنباتات والطحالب في الماء. يتم هدم المواد العضوية وذلك باستهلاك O2. يقل تركيز الأكسجين وتموت أغلب الكائنات حيث تتحلل بعد ذلك لاهوائيًا (التخمر) وتنتج غازات سامة وروائح كريهة.

ج. **الأكسجين**: إن الكائنات التي تعيش في الماء بحاجة إلى تركيز معين من الأكسجين والتركيز الأدنى لوجود حياة في الماء هو 4mg/L أي بأقل من هذا التركيز أغلب الكائنات لا تستطيع أن تعيش. بعض الكائنات بحاجة إلى تركيز أكسجين أعلى من ذلك. يعتبر الأكسجين عاملا محددًا في الماء وهو يقرر نوع وعدد الكائنات التي تستطيع العيش في الماء. يصل الأكسجين إلى الماء بطريقتين أساسيتين: بواسطة الانتشار من الهواء، وبواسطة عملية التمثيل الضوئي. يتأثر ذوبان الأكسجين بالماء بعدة عوامل. يبين الجدول التالي العوامل التي تؤثر على ذوبان الأكسجين في الماء وطريقة تأثيرها:

مواد عضوية	تنخفض ٪ O2
درجة الحرارة	تنخفض ٪ O2
عمق الماء	تنخفض ٪ O2
كثرة الكائنات	تنخفض ٪ O2
سرعة الجريان	ترتفع ٪ O2
الضغط الجوي	ترتفع ٪ O2
كائنات منتجة	ترتفع ٪ O2

الجدول التالي يبين العلاقة بين الارتفاع في درجة الحرارة وذوبان الأكسجين في الماء.

درجة الحرارة (Co)	ذوبان الأكسجين (mg/L)
0	14.6
5	12.7
10	11.3
15	10.1
20	9.1
25	8.3
30	7.5

د. **pH**: هو مقياس لدرجة حموضة أو قاعدية الماء. إن مقياس الـ pH هو من مجال 0-14 حيث pH = 7 هو متعادل وأقل من 7 حامضي أما أكثر من 7 فهو قاعدي. يتعلق pH الماء بعوامل مختلفة أهمها ثاني أكسيد الكربون CO2. يذوب ثاني أكسيد الكربون بالماء مكونا حامض الكربونيك حسب التفاعل التالي:

$$CO2 + H2O \longrightarrow H2CO3$$

ه. **معادن ثقيلة**: إن مصدر هذه المعادن ممكن أن يكون طبيعيا عن طريق ذوبان الصخور أو صناعيا بواسطة المجاري الصناعية. هذه المعادن تؤثر على الصحة وعلى البيئة. تتراكم هذه المعادن في الجسم حيث تنتقل بواسطة السلسلة الغذائية وهذا يسمى بالتراكم البيولوجي. الأضرار الناتجة من تراكم المعادن الثقيلة تؤثر على أجهزة مختلفة في الجسم أهمها الجهاز العصبي. مثال على التضخم البيولوجي: تركيز معدن معين في الماء هو 0.000003ppm (أي جزء من المليون)، تركيزه بالبلانكتون النباتي يصبح 0.04 (جزء بالمليون) ، أما بالبلانكتون الحيواني يصل إلى 0.2 (جزء بالمليون) وفي الأسماك والعصافير يصل إلى 20 (جزء بالمليون) وهذا التركيز يصبح أعلى في الإنسان لأنه يوجد في رأس هرم الشبكات الغذائية.

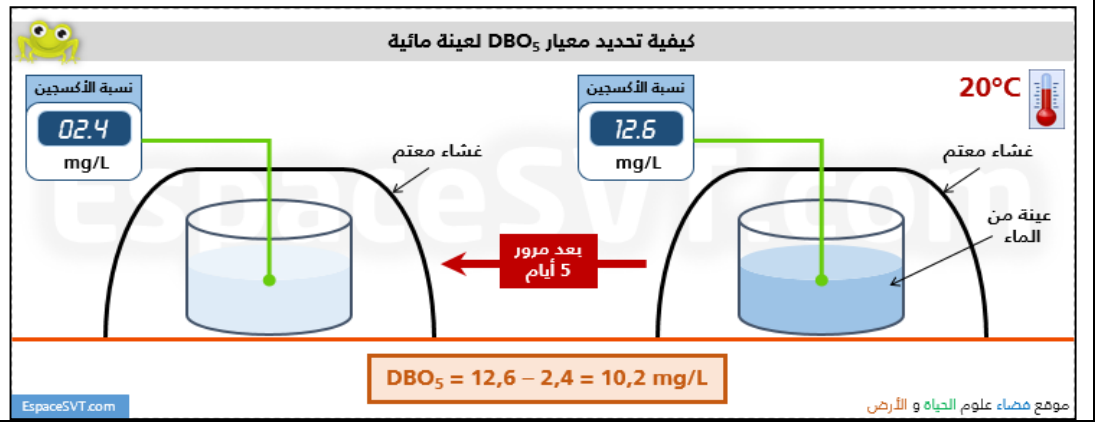
و. **معيار (DBO5)**: الطلب البيوكيميائي للأكسجين خلال خمسة أيام.

يعبر عن كمية الـ O2 الضرورية لهدم المادة العضوية في الماء خلال 5 أيام من طرف المتعضيات المجهرية.

تقاس هذه الكمية في عينة من الماء في الظلام وفي 20C° ووحدته بـ mg/L.

تسوء جودة المياه عند ارتفاع نسبة الـ DBO5.

تمثل الوثيقة أسفله الكيفية التي يتم من خلالها تحديد معيار DBO5 لعينة من الماء.



هنالك مواد عضوية غير قابلة للتحلل من طرف المتعضيات المجهرية، أو ممكن أن يتواجد في الماء مواد سامة تعيق عملية التحليل، في هذه الحالة يتم استعمال معيار آخر يدعى DCO.

ر. **معيار (DCO)**: الطلب الكيميائي للأكسجين خلال خمسة أيام.

يعبر عن كمية O2 اللازمة للهدم الكيميائي لجميع المواد القابلة للتأكسد كيميائيا. يتم القياس في نفس ظروف DBO5 ووحدته بـ mg/L. تسوء جودة المياه عند ارتفاع نسبة الـ DBO5.

3. مقاييس بيولوجية:

أ. **كائنات دقيقة مسببة للأمراض**: يمكن أن تصل بعض المتعضيات الممرضة إلى المياه عن طريق إفرازات الحيوانات والإنسان، والتي تحتوي على بكتيريا، فيروسات وطفيليات. إن شرب هذه المياه أو أي اتصال بها يمكن أن يسبب أمراضًا متنوعة مثل التهاب الكبد الفيروسي، مرض الكوليرا، التيفويد، أمراض في الأمعاء، أمراض جلدية وغيرها. هذه الأمراض تؤدي إلى موت الكثير من الأشخاص وبشكل خاص الأطفال. إن الطرق لفحص وجود هذه البكتيريا المسببة للأمراض معقدة، بطيئة وباهظة الثمن. لذلك يمكن فحص وجود هذه الكائنات في الماء بطريقة غير مباشرة وبسيطة وسهلة الاستعمال وذلك بواسطة عد البكتيريا المعروفة باسم E.Coli. هذه البكتيريا هي قولونية تعيش بشكل دائم داخل أمعاء الإنسان والحيوان دون أن تسبب أي ضرر، بل بالعكس تزود الإنسان بالفيتامينات من نوع B. إن وجود هذه البكتيريا (E. Coli) في الماء هي دلالة على وجود إفرازات للإنسان أو للحيوان في هذه المياه ولذلك هنالك إمكانية لوجود بكتيريا أخرى مسببة للأمراض أيضًا. إن بكتيريا E. Coli مؤشر على أن الماء قد يكون ملوثًا بكائنات مسببة للأمراض.

يبين الجدول التالي معيار وجود بكتيريا قولونية في الماء وذلك حسب الاستعمال :

استعمال الماء	أعلى تركيز مسموح به لبكتيريا قولونية في 100ml من الماء
ماء للشرب	0
ماء لبرك السباحة	100
مياه للسباحة في شواطئ البحار	200
مياه للترفيه والاستجمام بدون اتصال مباشر مع الإنسان	1000

ب. المعامل الإحيائي: يتمثل معيار المعامل الإحيائي في الأخذ بعين الاعتبار نسبة الكائنات الحية (خاصة اللافقاريات) التي تعيش في وسط مائي. ينحصر المعامل الإحيائي من 0 إلى 10، وتدل القيم المرتفعة (6 فما فوق) على مياه ذات جودة مرتفعة.

يتم حساب قيمة هذا المعامل انطلاقا من الجدول أسفله وذلك بتحديد المجموعة اللافقارية المؤشرة، و هي الكائنات الحية الأكثر حساسية للتلوث و التي لازالت متواجدة في العينة. بعد ذلك يتم حساب عدد الوحدات الصنافية في العينة، ثم يتم تحديد قيمة تقاطع هذين المعطيين، والتي تمثل المعامل الإحيائي

استعمال المؤشرات البيولوجية لمراقبة جودة المياه

حساسية تنازلية للتلوث العضوي		الوحدات الصنافية	العدد الكلي للوحدات الصنافية في العينة: 1	5 - 2	10 - 6	15 - 11	> 16
			المعامل الإحيائي				
	A	مطويات الأجنحة، بنات يوم	-	7	8	9	10
			5	6	7	8	9
	B	زغبيات الأجنحة	-	6	7	8	9
			5	5	6	7	8
	C	بنات يوم، ثنائية الصدفة	-	5	6	7	8
			3	4	5	6	7
	D	نصفيات الأجنحة، يعاسيب، قشريات، حلازين الماء	3	4	5	6	7
	E	الأزيل، علق، نصفيات الأجنحة	2	3	4	5	-
	F	ديدان، يرقات، كيرونوم	1	2	3	-	-
	G	يرقات ذباب الزهور	0	1	1	-	-

ماء غير ملوث — ماء ملوث — حدود التلوث

تم أخذ عينتين من المياه في بركتين مختلفتين، و تم تحديد المعطيات التالية:

العينة رقم 1 :تتوفر على 3 وحدات صنافية و تم تحديد الكائنات التالية : الأزيل، ديدان، كيرونوم.

العينة رقم 2 :تتوفر على 13 وحدة صنافية و تم تحديد الكائنات التالية : علق، الأزيل، يعاسيب، ذباب الزهور.

حدد من خلال الجدول أعلاه المعامل الإحيائي للعينتين 1 و 2.

العينة 1 :.....

.....

.....

العينة 2 :.....

.....

.....

العينة 3 :.....

.....

.....

حصيلة النشاط 2: مراقبة وقياس جودة الهواء

يعتمد في قياس جودة الهواء على معايير وطنية و دولية خاضعة لتوصيات المنظمة العالمية للصحة OMS، و قد تم تحديد تراكيز لا ينبغي تجاوزها لمجموعة من المواد الملوثة SO_2 : و الدقيقات العالقة (PS) و الأوزون O_3 و NO_2... في حالة تجاوز نسب هذه المواد للمعايير المُحددة، يعتبر الهواء ملوثا و يستدعي اتخاذ اجراءات للحد من هذا التلوث.

يمثل الجدول أسفله، بعض مؤشرات قياس جودة الهواء في بعض المدن المغربية و المعايير المعتمدة.

بعض مؤشرات تلوث الهواء ببعض المدن المغربية

	SO_2 ($\mu g/m^3$)		الدقيقات العالقة (PS) ($\mu g/m^3$)	
المحطات	النسبة المحسوبة	المعيار	النسبة المحسوبة	المعيار
عين السبع (الدار البيضاء)	127	100	363	100
المحمدية	80	100	195	100
المحطة الطرقية (الرباط)	144	100	261	100

قارن تركيز مؤشرات تلوث الهواء في المحطات الممثلة في الوثيقة، ثم فسر سبب تفاوت درجات التلوث فيها.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

حصيلة النشاط 3: مراقبة وقياس جودة التربة

بما أن التربة تتميز بتنوع بيولوجي مهم، نظرا لتوفرها على عدد كبير من الكائنات الحية (فونة و فلورة التربة)، فهذا الأمر يعتبر عاملا هاما لتحديد مدى جودة تربة معينة من خلال نسبة الكائنات الحية المتواجدة بها. يعتمد في تحديد جودة التربة على المعامل الإحيائي IBQS و الذي يُحسب من خلال الفونة الكبيرة المتواجدة بها. يمثل الجدول التالي تقدير جودة التربة من خلال حساب المعامل الإحيائي.IBQS

استعمال المعامل الإحيائي IBQS

المعامل الإحيائي IBQS	النقطة الممنوحة	فئة الجودة	تقدير الجودة
< 282 - 685	1 - 4	I	رديئة
686 - 1089	5 - 8	II	متوسطة
1090 - 1492	9 - 12	III	جيدة
1493 - 1997	13 - 17	IV	جيدة جدا
1998 - 2300 >	18 - 20	V	فضلى