طرق معالجة انبعاثات الغازات العادمة والجسيمات الصغيرة في الهواء الجوي

Particulate & Gaseous Emissions Control

مقدمة:

ينبعث من كثير من الصناعات عوادم من الغازات والجسيمات الصغيرة الصلبة التي تختلط بالهواء الجوي. لمنع هذه الانبعاثات من الاختلاط بالهواء الجوي تستخدم عدة تجهيزات والتي تصمم على أساس التكاليف الأولية، وتكاليف الصيانة، مدى توفر المساحات من الأراضي، وكفاءة التصميم في العمل وجمع المخلفات. **يراعى عند التصميم مراعاة الآتي :**

خواص الغاز الحامل مثل: الضغط، الرطوبة، درجة الحرارة، الكثافة، نقطة الندى، اللزوجة. الخ.

عوامل التشغيل: مثل تركيز الجسيمات العالقة، الفقد في الضغط المسموح به ، معدل تدفق الغازات العادمة، متطلبات كفاءة الجميع .. الخ

بالإضافة إلى خواص معينة مثل الشكل، الكثافة ، الالتصاق ، التوصيل الكهربي، السمية ، قطر الجسم العالق.. الخ .

تجهيزات جمع الغبار: تنقسم تجهيزات جمع الغبار إلى ثلاثة أنواع وذلك طبقا لكفاءة الجمع ، الامكانيات ، طريقة العمل :

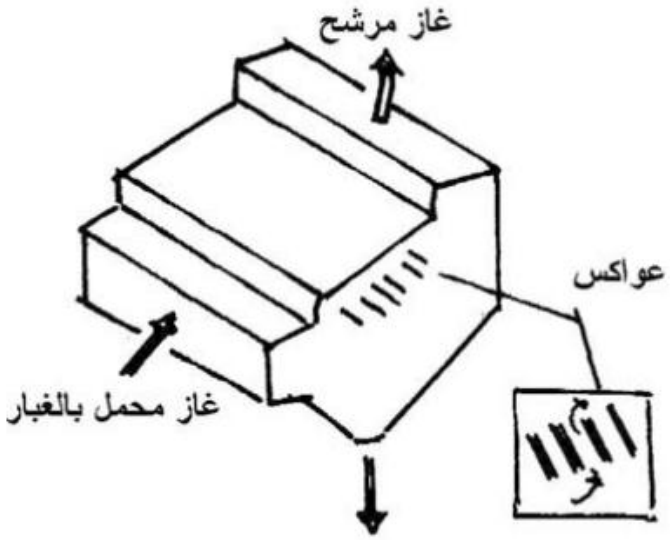
- **تجهيزا فصل داخلية (Internal Separators)**
- **تجهيزات جمع رطبة**
- **الترسيب بالطريقة الكهروإستايتكية.**

تجهيزات الفصل الداخلية: تصنع تجهيزات الفصل الداخلية لجمع الغبار بأشكال واحجام مختلفة كالآتي :

- الجمع باستخدام العواكس **(Louver Collector)**
- المرشحات المصنعة من المنسوجات **Fabric Filters**
- طرق الترسيب بالجاذبية.
- السيكلون.

(1) تجهيزات الجمع باستخدام العواكس : شكل (1)

عند التغير المفاجئ في اتجاه مسار الغاز المتدفق، فإن حبيبات الغبار لا تستطيع التغير المفاجئ في الاتجاه بسبب القصور الكبير لهذه الحبيبات حيث يتم فصلها عن الغاز. هذا المبدأ مطبق في تجهيزه جمع الغيار بالعواكس الموضح في الشكل (11). وهو يتكون من عدة ألواح بزاوية بالنسبة لمسار الغاز. توضع الألواح لإجبار التغير الحاد والسريع في مسار تدفقات الغاز، حيث تنفصل جسيمات الغبار عند نقطة التغير المفاجئ الحاد في الاتجاه. تجمع جسيمات الغبار في قاع جهاز التجميع. في حالة وضع الألواح (الريش) بفواصل صغيرة عند الزوايا الحادة لاتجاه تدفق الغاز فإن ذلك يؤكد أقصى ظروف لجمع الغبار.



شكل (١١) نظام العواكس

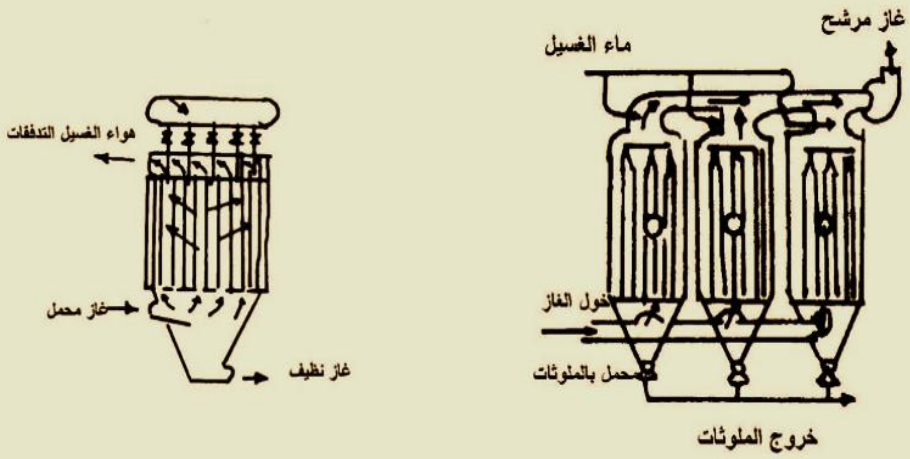
(٢) المرشحات المصنعة من المنسوجات: شكل (12)

أستخدمت المرشحات المصنوعة من المنسوجات على نطاق واسع في تجهيزات جمع الغبار العديدة مثل اصطدام القصور الذاتي، التقاطع، التسرب، الترسيب، والفصل الكهروأستاتيكي عند مرور غازات محملة بالغبار على سطح من المنسوجات فإن خط التدفق للغاز ينحرف، بينما حبيبات الغبار حتى 0.01 ميكرون تلتصق على النسيج بسبب القصور الذاتي، بفرض أن الحبيبات لا تنحرف وأنها تسير في مسار الغاز فإن النسيج يسبب لها إعاقة وتنتشر في النسيج. يحدث الترسيب عند تدفق الغاز بسرعات منخفضة وأن تكون حبيبات الغبار كبيرة أكبر من 10 ميكرون. حبيبات الغبار (حيث حجم الحبيبات من 0.05 إلى 5 ميكرون يمكن

تجميعها بسبب الشحنات الكهروأستايتكية عند مرور الغاز الملوث على منسوجات من الخيوط الكيماوية.

نسبة الهواء إلى النسيج من أحد العوامل الهامة عند تصميم المرشحات من المنسوجات في مرشح الكيس بالنسبة المنخفضة، فإن نسبة الهواء إلى النسيج هي ما بين 7- 20 مليمتر. الثانية$^{-1}$. الشكل (١٢) يوضح مرشح الكيس.

شكل (١٢) مرشح الكيس



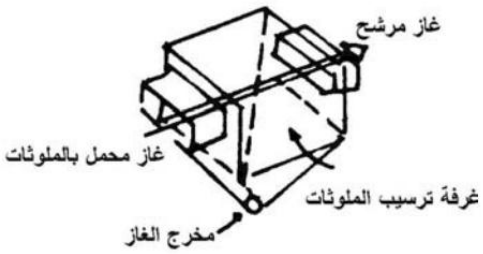
مرشح الكيس عالى النسبة　　مرشح الكيس منخفض النسبة

في هذا المرشح تدخل الغازات المحملة بالغبار خلال قاع القادوس حيث ترسب الأجسام الثقيلة بفعل الجاذبية. ترسب الجسيمات وتحتجز في الجانب الداخلي لنسيج المرشح وذلك عند مرور الغاز خلاله. لتنظيف الأكياس يتم دفع الهواء المضغوط في الاتجاه المعاكس. في المصنع الواحد، يستخدم صفين من تجهيزات جمع الغبار. عند وجود صف في العمل لجمع الغبار فإن الصف الآخر من الأكياس يتم إجراء عملية نظافته. تنظيف الأكياس يمكن عمله كذلك باستخدام هزازات أو نبضات. عادة نسبة الهواء إلى النسيج تكون ما بين 7.5 – 12.5 مليمتر.الثانية$^{-1}$ ، ولكن في حالة النسبة العالية للأكياس فإنها يمكن أن تكون 5 – 50 مليمتر الثانية$^{-1}$. الوسط الترشيحي للمرشحات النسيجية يمكن أن ينقسم إلى مجموعتين وذلك طبقا لبناء طبقة الغبار على المرشح. هذه المنسوجات أو اللباد يتم التصاقها كيمائيا وميكانيكيا.

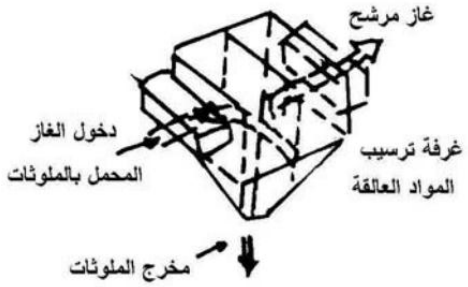
الجدول التالي يوضح مختلف أنواع نسيج المرشح وحدود درجات حرارة استخداماتها:

نوع النسيج	الاسم التجاري	أقصى درجة حرارة يمكن استخدامها
بولي آميد (التسلسل الطويل)	النيلون	120 م°
بولي أكليرونيتريل	ميكروتين	130 م°
بولي إيستر	داكرون	130 م°
بول تترا فلورو اثيلين	تينلون	288 م°
بوالى آميد (أرماتيك)	نومكس	230 م°
زجاج	زجاج	300 م°
قطن	قطن	80 م°
صوف	صوف	93 م°

3) **غرف الترسيب بالجاذبية : (Gravity Settling Chambers)** الشكل (13) يوضح غرفة الترسيب بالجاذبية.



تجميع بالجاذبية

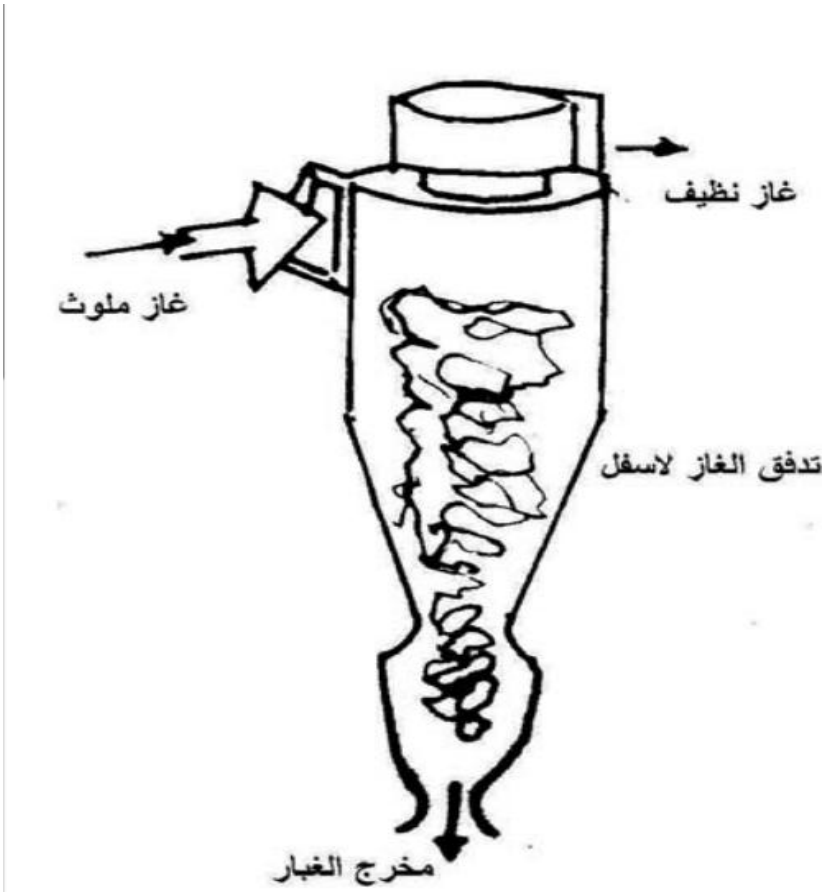


تجميع بالجاذبية والعوائق

بفعل الجاذبية في هذه الغرف يتم المحافظة على السرعة الأفقية للغاز إلى أقل ما يمكن وذلك لإمكان توفير أفضل ظروف للترسيب. ولكن من الناحية العملية يتم المحافظة على سرعة الغاز في الغرفة ما بين 0.3 إلى 3 متر في الثانية ، بما يسمح فقط للجسيمات كبيرة الحجم ذات قطر 40 ميكرون وأكبر أن ترسب في هذه الغرف.

(4) السيكلون (Syclone) :

شكل (14) يوضح سيكلون لإزالة الغبار من الهواء.



شكل (١٤) السيكلون

السيكلون يعمل بمبدأ فصل الجسيمات العالقة بتحويل سرعة دخول الغاز الداخل إلى دوامة مضاعفة (Double Vortex). الغاز الداخل يتحرك حلزونياً عند السطح الداخلي إلى أسفل، عند السطح الأوسط يتحرك حلزونياً إلى أعلى. بسبب القصور الذاتي فإن جسيمات الغبار تميل إلى التركيز على سطح جدار السيِكلون إلى حيث ترسب ثم إلى المخرج. وهذه الطريقة أقل في التكلفة ومناسبة للغبار الجاف ذات قطر من 10 – 40 ميكرون ، كما أن السيكلون يمكنه تداول ظرف متعددة من الحالات الطبيعية والكيمائية مقارنة بأجهزة التجميع الأخرى.

تزداد كفاءة السيكلون مع زيادة الآتي :

- سرعة دخول الغازات المحملة بالغبار
- قطر حبيبات الغبار

- كثافة حبيبات الغبار.
- تركيز الغبار في الغاز الحامل.
- نعومة السطح الداخلي لجدار السيكلون.

ولكن لوحظ أن زيادة سرعة الدخول تقلل من كفاءة التجميع حيث يحدث التصاق الحبيبات مع بعضها.

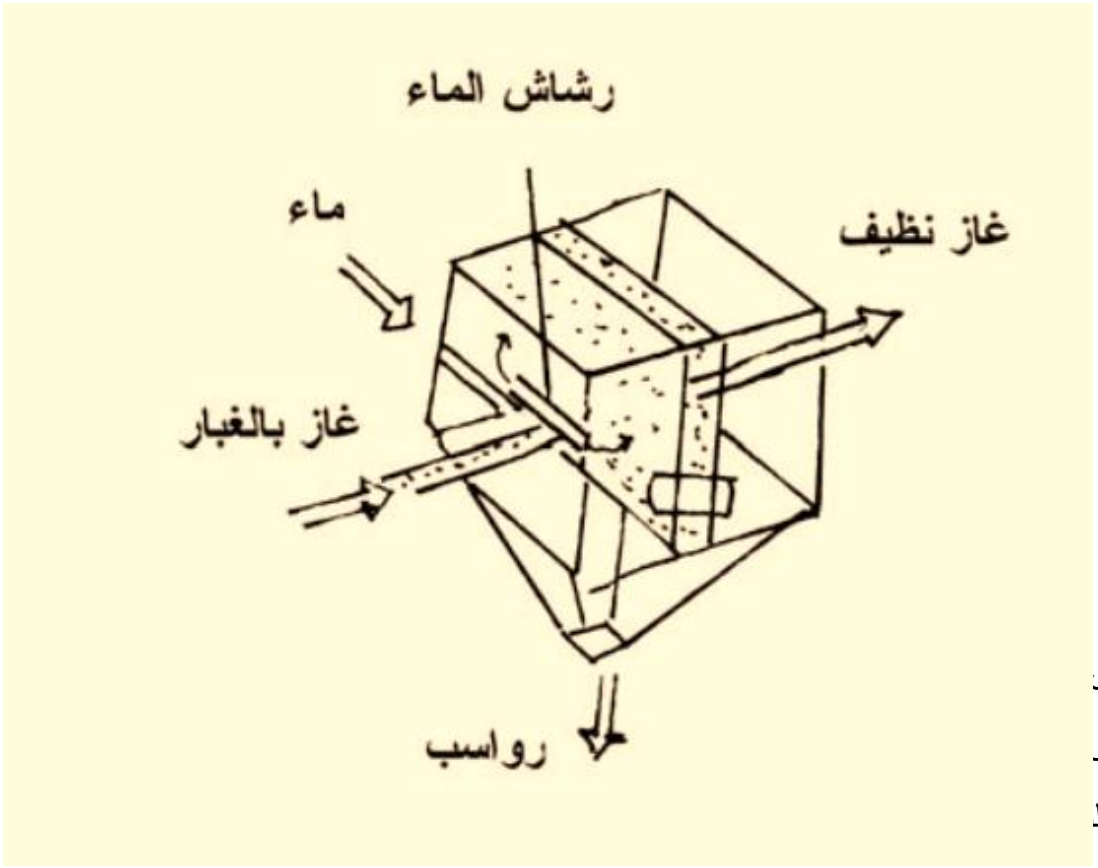
تجهيزات التجميع الرطبة: (Wet Collection Devices)

هذه التجهيزات تزيل جسيمات الغبار من الغاز بترطيب الجسيمات بنقاط من السائل أو بإعاقة الجسيمات الرطبة أو الغير رطبة على سطح تجميع ثم التنظيف ببثق السائل الأتي بعد تجهيزات التجميع الرطبة.

- الكاشطات الحلزونية **Cyclonic Scrubbers**
- غرف الرش **Spray Chambrs**
- الكاشطات بالفينشورى **Venturi Scrubber**
- الأبراج ذات الوسط الترشيحى **Packed Towers**

الكاشطات الحلزونية (Cyclonic Scrubbers) وهذه تعرف كذلك بالحلزون الرطب – يعتبر جهاز السيكلون (شكل 14) من الكاشطات الحلزونية – في هذه الحلزونات يوجد عادة دخول ملامس للإيروسول الغاز المحمل بالغبار، حيث تنفصل الجسيمات العالقة من الإيروسول بقوة الطرد المركزي والاصطدام بالماء عند الدخول. هذا الحلزون يمكن تجهيزه بمقطع مزيل للرطوبة مكون من ألواح في شكل slid and slid. التصميم لهذه الكاشطات الحلزونية ينفذ عادة حتى 2000 لتر في الدقيقة ومتطلبات المياه التي تتراوح ما بين 2 لتر إلى 50 لتر لكل 40 لتر من الغاز، تزال جسيمات الغبار ذات قطره ميكرون وأكبر بكفاءة 90%، كما يحدث خفض في ضغط الماء 0.4 – 0.7 سم .

غرف الرش : (Spray Chambrs) الشكل (15) يوضح غرفة الرش لإزالة الغبار.



الشكل

غسيل

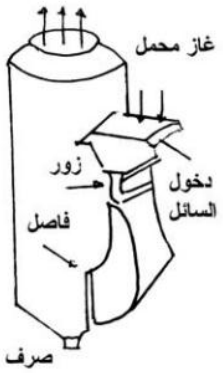
إلى ال

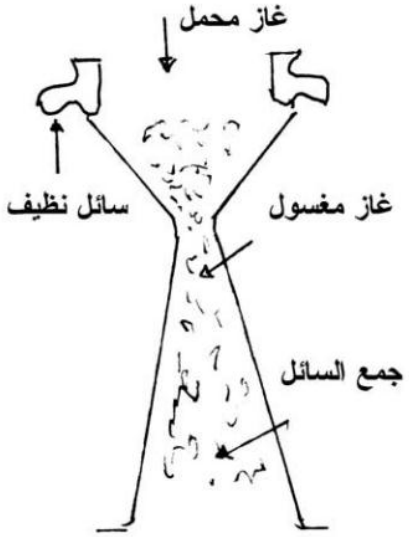
هذا يسبب زيادة في حجم ووزن جسيمات الغبار بما يعمل على سرعة الترسيب والجمع.

الغسيل بالفنشوري : (Venturi Scrubber)

الشكل (16) يوضح جهاز الغسيل بالفنشوري وهذا يمكنه تنظيف 4000 لتر من الغاز في الدقيقة. لإزالة العتامة والضباب فإن الغسيل بالفنشوري يليه الفصل الحلزوني . يتكون الغسيل بالفنشوري أساسا من مدخل الفنشوري حيث يندفع خلاله الغاز الحامل للغبار بسرعة مستقيمة حوالي 3400 إلى 12600 متر في الدقيقة . الماء بصفة سائل الغسيل العادي يضاف في إتجاه تدفق الغاز بمعدل 0.3. إلى 1.5 لتر لكل لتر من الغاز.

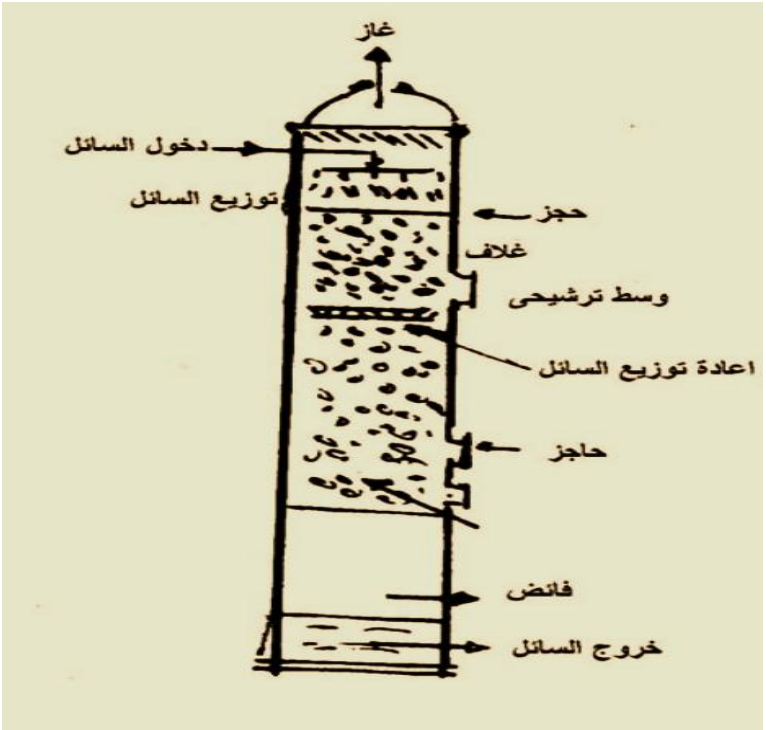
دخول الماء يتم عند مدخل الفنشوري بباثقات (Nozzles) أو عند الدخول بواسطة باثقات ذات الهدار.





تختلف كفاءة الغسيل بالفنشوري طبقا للطاقة المستخدمة حيث يمكن أن تصل إلى ٩٩% حتى بالنسبة للجسيمات الأصغر في الحجم من الميكرون. عند السرعة العالية تنتشر المياه عند المدخل والاضطراب الناتج يؤدى لزيادة كفاءة الجمع للجسيمات المتناهية في الصغر. عند إستخدام مادة الصنع المناسبة لجهاز الغسيل بالفنشوري فإنه يمكنه العمل الغازات المسبب للتآكل والاحتكاك والبرى وذات درجات الحرارة المرتفعة. مع

الأبراج ذات الوسط الترشيحى (Packed Towers) : الشكل (١٧) يوضح برج الوسط الترشيحي لتنظيف الهواء والغازات.



شكل (١٧) برج الحشو

في هذا البرج تمر الغازات المحملة بالغبار إلى أعلى خلال طبقة مادة التجميع. يتدفق السائل إلى أسفل خلال الطبقة مسببا نظافتها وكذلك إزالة الجسيمات المرسبة. المساحة السطحية للجمع يجب أن تكون كبيرة نسبية. المواد المستخدمة في هذا الوسط الترشيحي يجب أن تكون ذات كثافة نوعية منخفضة ، مقاومة للتآكل وخاملة كيماويا. عادة تستخدم أشكال من السيراميك (حلقية) ، أشكال من الحجارة، الكوك .. إلخ. تستخدم مواد الوسط الترشيحي الخشنة لإزالة الجسيمات أقل من 10 ميكرون. سرعة الغاز خلال الطبقة الخشنة تكون حوالي 100 متر في الثانية. وفي حالة الطبقة الرفيعة تكون السرعة 18 – 20 متر في الدقيقة. مميزات هذه الطريقة هي أن الفقد في الضغط يظل ثابتة . الحمأة التي يتم تجميعها يتم التخلص منها بعد الترويب والترسيب وزيادة كثافتها. ولذلك فإن المعالجة والتخلص من الحمأة هو عملية إضافية مطلوبة في هذا النظام.

المصدر: محمد احمد السيد خليل؛ كيمياء المجال البيئي وتلوث الهواء Environmental Chemistry، 2005.

نمذجة عينات المياه **(Sampling-and Water Samples)**

تبدأ دراسة نوعية المياه بعملية أخذ عينات المياه من مصادرها بواسطة أجهزة اخذ النماذج المختلفة أو بملأ القناني من المضخات المنصبة على مصادر المياه.

يتم أخذ النموذج بعد غسل القنينة بالماء المراد فحصه قبل ملئها وتسد فوهة الحاوية وتنقل إلى المختبر لغرض التحليل ويجب أن تخزن في مكان بارد. ومن أجل ضمان أخذ عينة مثلى يراعي أخذ العينة بعد عملية ضخ للمياه لفترة قصيرة.

وفي هذه الأثناء يتم تسجيل:

- اسم موقع أخذ النموذج مع إجراء قياسات لدرجة حرارة الهواء والماء
- تأريخ أخذ العينة

ويتم أخذ النماذج بواسطة حاويات زجاجية أو بلاستيكية أو معدنية وحسب نوع التحاليل والغرض من الدراسة، قبل البدء بعملية جمع العينات يجب أن تتخذ خطوات لضمان تمثيل العينات للنظام المائي في الوقت والمكان الجزء النظام المائي الذي سيدرس محددا بأهداف ومجال الدراسة على سبيل المثال دراسة في البيئة المانية وهي:

- قد تجرى قرب حدود شاطئ نظام مائي (أرخبيل)
- دراسة بقعة زيت عائمة على سطح البحر
- قد تستهدف فوق سطح المياه الجوفية.

نتائج عينات مراقبة الجودة المطبقة على تحليلات مختبر العينات قد لا تمثل النتائج والبيانات المتحصل عليها من العينات لأنها مأخوذة بتحيز ولم تكن ممثلة للنظام المائي أو لأن العينات جمعت بشكل غير صحيح.

من الضروري التخطيط لتفاصيل الأتية

- الجولات الحقلية بشكل جيد مقدماً.
- ويجب أن يحدد الوقت في خطة العمل لمراجعة متطلبات البيانات وتحضيرات السفرة الميدانية

التحضيرات قبل اختيار المواقع:

- تحديد البيانات المهمة للنظام الماني.
- مراجعة خطة عمل الدراسة خصوصا أنواع المقاييس والعينات المطلوبة
- إجراء استطلاع حقلي قبل اختيار مواقع النمذجة.
- ملاحظة الشروط التي يمكن أن تؤثر على أخذ العينات (مثل التصريف واطئ أو عالي المستوى للجداول أو الأنهار، آبار متدفقة الخ)
- تحديد مصادر التلوث المحتملة في الموقع . قبل البدء بالعمل الميداني:
- مراجعة ملفات حفظ البيانات وتحديث المعلومات
- مراجعة خطة الأمان والتدريب.

قائمة معلومات تدقيق أخذ عينات المياه

أولاً:" وصف المحطة وتشمل

موقع محطة القياس	المستوى العالي او الواطي للتدفق.	اسم مالك الأراضي او المستأجر	رسم توضيحي للمقطع العرضي للجدول.
مواقع جمع العينات	المقاطع الهيدرولوجية والجيولوجية	صور لتوثيق ظروف الموقع	هندسة قاع الجدول.
خرائط لتحديد الموقع	قياسات فيزيائية وكيميائية.		

ثانياً: معلومات الأمان

أقرب وسائل طارئة وأرقام هواتف (بيت، مشرف الدراسة)	وموقع خطوط الكهرباء
وأخطار بيئية مثل الطقس والحيوانات	ومخطط وضوابط المرور والتوقف

ثالثاً: خطة أخذ العينات:

التحليلات المختبرية المطلوبة والرموز المرفقة بالنماذج	متى تجمع العينات (في وقت التدفق العالي أو المنخفض).	أنواع القناني المطلوبة لكل تحليل.
كتاب طلب الخدمات التحليلية	أجهزة أخذ العينات في مختلف أنواع التدفق	جداول ومنحنيات التصريف ومدة التدفق.

رابعاً: شحن العينات: :

كميـــة الـــثلج المطلـــوب استعماله.	تحديد و إرسال رموز العينات إلى ومن المختبر	موقـع اقـرب مكتـب بريـد أو وكيل شحن

خامساً: مخططات البيانات الحقلية (تسجيل 5 سنوات).

سادساً: بعض العلاقات البيئية:

توصـيلية كهربائيـة – مقابـل التصريف **(stream flow)**	توصـيلية كهربائيـة – مقابـل القلوية **(alkalinity)**	درجة حرارة مقابل الوقت.
الخلاصة الإحصائية لبيانات المياه.		

وفي الجدول أدناه البيانات لمساعدة تدقيق وتدعيم المعلومات

البيانـــــــات المساعدة	الوصف
القياســـــات الحقليـــــــة الأساسية	التصريف درجة حرارة الماء والهواء الأوكسجين الذائب في الماء التوصيل الكهربائي النوعي **pH** القلوية، قدرة معادلة الحامض العكرة
المعلومـــــات الموقعيـــــة والملاحظـــات البصرية	الطحالب لون الماء والشفافية تواجد الزبد السطحي شدة التدفق عدد الأيام الممطرة اخذ ثلاث صور على الأقل في كل موقع تعطي أفضل وجهة نظر عامة للموقع توثق أخذ عينات الموقع سجل في استمارة الحقل عدد الصور مع وصف مختصر؛ توثيق الصور مع استمارة الحقل في ملف.

تابع **الى جدول البيانات لمساعدة تدقيق وتدعيم المعلومات**

حالـــــة البيئـــــة الطبيعية	وصفت الطقس وحالة الضفة ونوع المنطقة على ضفاف النهر سرعة الريح وعرض وعمق الجسم المائي نسبة غطاء نباتات، ونسبة تآكل الضفاف عرض وتوع المناطق المطلة على ضفاف النهر
التراكيز المغذية	جمع العينات لتحليل المكونات الكلية الذائبة من المواد المغذية بضمنها الفسفور والنتروجين. الكربون محدد بتحليل الكربون العضوي الجزيئي.
التوافر الضوئي	إختيار طريقة القياس الملائمة: قرص سيكهي يقيس الشفافية؛ كثير الاستعمال في البحيرات وخزانات الماء استخدام جهاز **turbidity** ويتضمن متحسس عكرة في الآت متعددة المعاملات. مقياس ضوء بالمتحسس عكرة تحت الماء يعطي قياسات كمية لمعدل الطحالب المتوفر. استعمال مقياس ضوء موصى به يعطي قياس مباشر للطاقة المتوفرة لنمو الطحالب.
الكلوروفيل	– استعمال الفلورسنس والمتحسسات الأخرى موقعيا لقياس تركيز الكلوروفيل النسبي؛ هذه المقاييس يجب أن تدعم بتحليل المختبر الاستخلاصي.

الموقع المتعلق بمكان النمذجة **(Site-Related Sample Locations)**

الهدف من البحث الموقعي

- هو تحديد كل ما يتعلق بمكان أخذ عينات المسطحات المائية وهل الملوثات انتقلت او سوف تنتقل إلى الأراضي الرطبة والأجسام المائية المرتبطة بالموقع.
- البحث والتقصي عن طرق المعالجة وتحديد خصائص التلوث
- تقييم العلاقات بين الماء السطحي الملوث، الرواسب، المياه الجوفية والتربة.

شروط مواقع التقاط عينات المسطحات المائية والأراضي الرطبة تنحاز عموماً نحو مناطق الترسيب، نقاط التصريف وأين يتوقع تجمع الملوثات لكن شروط الموقع المعينة قد تملي الحاجة لمقاربة أخذ العينات الأخرى.

موقع النموذج الدال أو المرجعي(Reference Sample Location)

عند التحري عن الماء السطحي والرواسب و/أو تلوث تربة الأراضي الرطبة (الأهوار) ولتحديد إذا ما كان مرتبط بموقع العمليات، وجد من المهم تحديد التركيب الكيميائي لرواسب السطح. هذه البيانات تساعد في تقييم تلوث الموقع نسبة إلى النوعية الإقليمية لجسم الماء المتحرى عنه وأيضا في تطوير أهداف المعالجة.

العديد من المسطحات المائية خصوصاً في المناطق الحضرية أماكن صناعية، أصبحت ملوثة بالتصريف النقطي وغير النقطي والتي تؤذي إلى انتشار التلوث **anthropogenic** (ونقصد به التلوث الذي يكون مصدره الإنسان) وتركزه في الرواسب بشكل اكبر من الخلفية الطبيعية([1]). إضافة إلى ذلك الرواسب البنائية يمكن أن تتلوث بسبب التأثيرات المدية. بينما من الصعب التمييز بين التلوث الموقعي والتلوث المتعلق بموقع آخر.

إذا وجدت المصادر المحتملة للتلوث في مواقع أعالي النهر **(upstream)** فمن المعتقد بأن هذه المصادر ستساهم في التلوث المكتشف في الموقع اسفل النهر. تجمع كحد أدنى من ثلاثة (3) إلى خمسة (5) عينات دالة لتوضح مدى تركيز الملوث في موقع ماء العينات ستجمع من المناطق خارج تأثير الموقع المحتمل ولا تجمع من المواقع المتأثرة مباشرة أو في المنطقة القريبة من مصادر التلوث الواضحة (وبمعنى آخر، مواقع نقابات خطرة، بالوعة مصبات مياه العاصفة المطرية، روافد وتصريف غير نقطي المصدر، الخ).

النماذج المائية (Aqueous Samples)

تحدد في خطة أخذ العينات الحقلية المعينة عدد النماذج، المواقع، الأعماق، الأجهزة، الإجراءات، ومراقبة الجودة/نظام تأمين الجودة بعد تحديد ممرات حركة المياه السطحية المحتملة ونقاط التصريف. العينات المائية يجب أن تكون مضبوطة وتنحاز لكشفت التلوث من المصادر المشكوك فيها في موقع الدراسة (على سبيل المثال، إطلاقات المصادر النقطية وغير النقطية تدفق صفائحي، تصريف المياه الجوفية الملوثة للمسطحات المائية، موقع دفن نفايات والتسربات او النز الناجم عن خلب النفايات).

[1] **الخلفية الطبيعية background ونقصد به القيم المرجعية الجيوكيميائية للعناصر الأثرية والمسجلة في القشرة الأرضية أو القيم الأولية للعنصر**

خطة أخذ العينات الحقلية

اولاً: عينات المياه السطحية يجب أن تجمع مباشرة من فوق الرواسب، قرب الضفاف ومناطق الترسيب حيث أن تيار الماء أبطأ وهناك وقت للماء السطحي لجمع واحتفاظ الملوثات من الراسب. **خطة أخذ العينات يجب أن يحسب فيها:**

- تأثير المواسم المطرية/ التدفق قصير الأمد
- وتغيرات نوعية المياه (بمعنى آخر الجفاف مقابل أنماط الطقس الممطر)،
- الحاجة لتحديد التدفق وخصائص الملوثات (ومثال على ذلك الكثافة، قابلية الذوبان).
- حجم العينة أن يكون كافي لقياس وتحليل المعادن الذائبة والكلية.

ثانياً: المسطحات المائية غير المدية المتدفقة مطلوب استحصال حد أدنى من جمع المعلومات (أثناء التدفق الحرج بمستوى واطئ) من مواقع أعلى وأقل انحدار والمجاور لنقطة التصريف المعروفة.

ثالثاً: أما في المسطحات المائية الراكدة فيجب استهداف مداخل ومخارج المناطق المناسبة لاكتشاف أسوأ حالات التلوث.

رابعاً: وفي المسطحات المائية المدية: مطلوب أخذ عينات متحيزة مع حد أدنى من جمع معلومات (في مستوى المد العالي والجزر)، ما لم تحدد في خطة أخذ العينات الحقلية.

خامساً: تحديد نقاط تصريف المياه الجوفية الملوثة: إن تصريف المياه الجوفية الملوثة هو سبب محتمل من مصادر التلوث المستمر إلى الأجسام المائية السطحية. نمذجة مياه النصريف او النز من المواقع يمكن أن يجري باستعمال حقائب الانتشار .

اختيار الأجهزة (Equipment Selection)

- دراسة المواصفات الفيزيائية والكيميائية لكل جهاز لتلبية أهداف ومتطلبات البيانات المطلوبة
- التحقق من الأجهزة واختبارها .
- معرفة المدى التشغيلي لأجهزة أخذ العينات.

العوامل التي تساهم في اختيار أجهزة اخذ النماذج الصحيحة وتتضمن الوضع الطبيعي للموقع المراد نمذجته وتتضمن

- عرض، عمق، تدفق النهر او الجدول
- وخصائص قاع الجدول سواء جمعت العينة من الشاطئ أو من القارب.
- تنجز عملية جمع عينات الماء السطحية باستخدام الأجهزة التالية:

✓ قنينة العينات المختبرية (**Laboratory Cleaned Sample Battle**)
✓ جهاز نمذجة البرك (**Pand Sampler**)
✓ جهاز القنينة المثقل (**Weighted Bottle Sampler**)
✓ جهاز كمرير للأعماق (**Kemmerer Depth sampler**)
✓ جهاز السمكة (**Fish Sampler**)
✓ جهاز قنينة الماء (**Water Bottle Sampler**)
✓ الجهاز الآلي (**Automatic sampler**)

تعتمد معايير اختيار أجهزة نمذجة المياه على:

(1) المحددات الميكانيكية للأجهزة الأداء بشكل يؤمن الشروط البيئية.
(2) ملائمة تشغيل الأجهزة للحصول على عينات المياه ممثلة للشروط البيئية لمصدر العينة.
(3) ملائمة مواد صناعة الأجهزة للإبقاء على سلامة العينة وأن لا تكون مصدر خلب او امتصاص للتركيز المستهدف من المكونات.

ملاحظات

- تثبيت الأيونات بالحافظات: لمنع التغيرات بسبب تفاعلات الأكسدة والأختزال ،الترسيب، الأمتصاص والتبادل الأيوني قبل التحليل في المختبر
- اجراء التبريد للعينات: يقلل التغير الكيميائي الناجم عن النشاط الحيوي
- اضافة الحامض: يمنع ترسيب الأيونات الموجبة

التحاليل	نوع القنينة	غطاء القنينة	المعالجة
الأيونات السالبة	البلاستك الشفاف	اسود	مرشح – غير معالج
الأيونات الموجبة	البلاستك الشفاف	شفاف	مرشح – معالج بـ **HNO3**
المواد المغذية	البلاستك الفهوائي	اسود	خام او مرشح محفوظ بدرجة 4 م
عناصر نادرة	البلاستك الشفاف	شفاف	مرشح – معالج بـ **HNO3**
المركبات العضوية	الزجاج القهوائي	محكم بالتيفلون	مرشح ومحفوظ بدرجة 4 م

التعليمات العامة لاختيار الأجهزة على أساس مادة الصنع والتحليل المستهدف مدونة في الجدول أدناه:

مواد صنع أجهزة أخذ عينات	التحليل المطلوب (المستهدف للتحليل)		
المادة	الوصف	لا عضوي	عضوي
البلاستك			
بوليمرات فلوروكاربون	خامد كيمياويا	مصر محتمل للفلورايد	يمتص بعض العضويات
بولي بروبلين	خامد لا يتفاعل مع اللاعضويات	=	لا يستخدم
بولي أثيلين	خامد لا يتفاعل مع اللاعضويات	=	لا يستخدم
بولي فنيل كلورايد (**PVC**)	خامد لا يتفاعل مع اللاعضويات	=	لا يستخدم
سليكون	خامد لا يتفاعل مع اللاعضويات	مصدر محتمل للسليكون	لا يستخدم
نايلون	خامد لا يتفاعل مع اللاعضويات	مصدر محتمل للسليكون	لا يستخدم باستثناء **CFC**، **Chlorofluorocarbon**
المعدن			
الحديد	مقاومة عظمى للتآكل. وفي درجات المختلفة وتستعمل في علاف المضخة الغاطسة	مصدر محتمل لـ **Fe, Mn**، **Mo, Ni, C.**	
معادن أخرى مثل البراص، الحديد، نحاس، الألمنيوم والفولاذ المكربن	نحاس درجة تبريد أو أنابيب لا تستخدم الألمنيوم المستعملة لجمع عينات (**CFC, SF-6, Tritium**)		
الزجاج ، بوروسليكيت	خامد نسبيا	الزجاج مصدر محتمل لليورون و السليكون	

الأدوات وفرش التنظيف والمواد الأخرى المستعملة للتنظيف يجب أن تكون من مادة مناسبة غير معدنية وشفافة مثل **polypropylene, polyethylene**، أو بلاستيك آخر. ولا يجوز استعمال المنظفات المخدشة والتي لها قابلية للتفاعل.

الحديد المقاوم للصدأ يوصي به لاستعمال **methanol**. ولا يجوز استعمال المنظفات أو المواد التي تترك بقايا من المواد العضوية التي يمكن أن تدخل في التحليلي.

1 – إجراءات نمذجة المياه السطحية **(Surface Water Sampling)** يلخص هذا الفصل الطرق الموصى بها وخيارات الأجهزة لمجموعة العينات المانية الممثلة من البحيرات، البرك، الجداول المتدفقة، الأنهار، المصبات، المياه البحرية، القنوات، الخنادق المدية، البالوعات، مواقع خلب وتسرب محاليل دفن النفايات.

التقاط العينات من المصادر أعلاه تقدم تحدي وفي أغلب الأحيان أخذ العينات يمكن أن تكون عملية سهلة وروتينية ومثال على ذلك جمع ماء سطحي أو عينة راسب من جدول سهل الوصول وضحل ذو سرعة بطيئة جداً. في حين وفي موقع آخر أشد حركة قد تملي بضرورة توفر الأجهزة الخاصة أو خطط لأخذ العينات قبل جمعها. شروط الأمان الشخصي المرتبط بجمع عينات المياه السطحية دائماً يكون لها الأولوية الأولى عند اختيار الأجهزة الملائمة والمرتبطة بإجراءات الاستعمال. بينما تكون لأهداف وتموين الدراسة دور ثانوي.

تقديرات الأمان (Safety Considerations)

إشارة إلى خطة أخذ العينات والموقع أو برامج خطة الصحة والسلامة: هذه الخطة يجب أن تكون سهلة لوصول الباحث أثناء عملية أخذ العينات. نشاطات دخول الموقع يفرض اعتبارات إضافية خصوصا عند أخذ العينات في المواقع المرتبطة بمعالجة وبرنامج إدارة النفاية

س/ كيف تأخذ خطة عندما يكون الهدف جمع العينات من جدول؟

استخدم طريقة **USGS** المجربة: لا تخض بالماء المتدفق عند التصريف تساوي 10 قدم الثانية أو أعظم. تفاوت هذه القاعدة بين الأفراد طبقا لوزنهم وقوامهم وإلى حالة قاع الجدول.

س/ اذا خطة أخذ العينات تدعو إلى جمع العينات بين شاطي الجسم المائي

فالشخص الذي يجمع العينة يجب أن يجهز بحزام أمان مع حبل يربط إلى جسم ثابت على الشاطئ جهة إسناد يجب أن يكونوا جاهزين للمساعدة وقادرون على سحب جهاز اخذ النماذج إلى الأمان في حالة كون الضفة غير مستقرة. في حالة عدم ميلان الضفة فموظف أخذ العينات يكون قادر على جمع السائل مباشرة إلى قنينة العينة العينات قد تجمع بعيدة من خط الشاطئ عن طريق المركب أو جسر وفي أغلب الأحيان تكون من الأعماق المختلفة. إذا كانت القناة مشكوك بخطورتها فيجب دراسة الخطر حسب الحاجة لجمع العينة. وكل شخص على أو

في المركب يجب أن يكون مجهز سترة نجاة وأو حمل حياة. أخذ عينات من جسر أ بتطلب اعتبار لمرور العربات.

- أخذ عينات المياه القذرة لها مجموعة خاصة من قضايا الأمان
- الدخول الى مواقع معالجة عاملة أو مصباتها المرتبطة يتطلب الالتزام بشروط الأمان وتطبيق شروط العمل ضمن المناطق الصناعية.
- أخذ عينات المياه القذرة خصوصا في فتحات المجاري والفضاءات المغلقة قد يسبب التعرض إلى أبخرة الجو المستنفذ للأوكسجين ويتطلب إجراءات وقائية مناسبة.

برنامج مراقبة المياه السطحية **(Surface water Monitoring Program)**

من أهداف مراقبة المياه السطحية التي تحددها إجراءات أخذ العينات:

- تحديد نطاق الجداول والتي تقطع منطقة جيومورفية معينة أو منطقة استعمال الأرض.
- تحديد نقاط ومصادر التلوث المحتملة ومصادر التلوث غير النقطية.
- تقيم الجداول أو مقاطع الجداول الحساسة لتغيرات نوعية المياه أو التي تتجاوز معايير نوعية المياه القياسية
- تحديد نسب ترسيب المغذيات في مداخل او مخارج الخزانات و البحيرات
- اخذ عينة في ملتقى الرافد إلى النهر الرئيسي
- اخذ عينات في قطاعات النهر صممت لتكون ممثلة للقطاعات الأكبر.

قبل جمع العينات، يجب أن تدون خصائص المسطح المائي (مثل الحجم، العمق، والتدفق) في السجل الحقلي. تتضمن قياسات نوعية المياه درجة الحرارة، **pH**، العسرة الكلية، القلوية، الملوحة، التوصيلية الكهربائية **(cm/ μmhos)**[2] والأوكسجين الذائب **(mg/l)**. هذه القياسات يجب أن توثق بشكل صحيح، في حالات معينة البيانات غير المانية يجب أن تكون مصحوبة بتخليل مختبري للكربون العضوي الكلي وحجم الحبيبات لكل عينة.

تتابع النمذجة **(Sampling Sequence)**

او أخذ العينات يجب أن يمضي من مواقع أسفل إلى مواقع أعلى التيار لكي لا يؤثر الاضطراب المتعلق بأخذ العينات على جودة عملية نمذجة العينات.

- إذا جمعت عينات الماء والراسب في نفس الوقت فيجب أن تجمع العينات المائية أولاً.
- إذا جمعت عينات من موقع تسرب طمر نفايات، فعينة الراسب يجب ان تجمع أولاً وبعد ذلك تجمع محاليل الخلب **leachate**.

ما هو هدف جمع العينات النموذجية؟ أن الهدف هو لأغراض تقييم نوعية المياه وتحديد الملوث لذا من المهم أن يكون الهدف واضح دائماً قبل جمع العينات.

[2] **μmhos تلفظ مايكروسيمنز**

س/ في ظروف المياه السطحية المتدفقة (**Surface Water Flow Conditions**) قد يصادف المراقب حالات استثنائية؟

- زيادة معدل التدفق التي تؤثر في قدرته على جمع العينات ففي الأنهار والجداول سريعة التدفق قد تكون عملية جمع عينة في منتصف القناة مستحيلة في نقطة معينة.
- او قد يكون مستوى تدفق واطئ لجداول ضحلة

لذلك يجب أن يحاول إيجاد موقع لا يغرق فيه التدفق وفيه من العمق الذي يكون كافياً لتغطيس فناني العينة بشكل أفضل.

ظروف التأثيرات المدية (Tidal Influences)

س/ الملوحة والمد يمكن أن تكون عوامل مؤثرة في توزيع الملوثات وتوزيع الرواسب الملوثة قد يزول بعوامل الملوحة والمد؟

ج/ فزيادة غير متوقعة في الملوحة يمكن أن تسبب تغيير مفاجئ في قابلية ذوبان الملوث. عند أقل قابلية للذوبان، الملوث قد يترسب ويظهر في الراسب في تركيز أعلى من السابق. هذه العوامل يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار لتقييم قرار اختيار مواقع العينات وعلاقة الملوث بالموقع.

التأثيرات المدية المحتملة يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار في عملية جمع العينات و يجب أن توضح في خطة النمذجة كحد أدنى ومرحلة المد التي يجب أن تسجل في وقت جمع العينات.

الموقع وعند النماذج : (Sample Number and Location)

عدد العينات تتفاوت بمدى عرض الجدول ويحدد عدة تقسيمات الجدول باستعمال علامات الجسر أو أدوات قياس المساحة.

العينة قد تنقسم إلى عدة عينات جزئية؟ وضح ذلك

ج/ جمع العينات للتحليل العضوي، الكربون عضوي ومبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب لا تقسم بجهاز الفصل (**splitter**) ولا تجمع في أي أداة بلاستيكية بسبب إمكانية تلوثها اذ يتطلب تحليل هذه المعاملات أجهزة وحاويات زجاجية والعينات البكتريولوجية يمكن أن تجمع في حاويات بلاستيكية.

إجراءات تقسيم العينة

تتطلب حجم عينة كلي يتراوح من 3 إلى 8 لتر منها 1 إلى 6 لتر مناسبة لتقسيمها إلى مجموعة عينات للتحليل المباشر. أما البقية 2 لتر أو أكثر قد تستعمل كعينات مرشحة وخالية من الشوائب وحسب ما مطلوب بالجدول التحليلي. قبل جمع العينة الممثلة الجدول أو النهر، يحدد الحجم الكلي المطلوب. مضاف إلى هذا الحجم على الأقل 10% لتغطية خسائر الترشيح و الشطف بماء النموذج

جمع عينات المياه المتدفقة (Flowing Water) من الجداول، القنوات والأنهار من منتصف العمق؟

فعند التقاط العينات تحول مباشرة إلى قنينة العينة. إذا كان السائل متطبق[3] فعينة من كل طبقة يجب أن تجمع. وتسجل العينات الممثلة للأعماق المختلفة. الاستعمال الصحيح لأداة النمذجة يضمن استرجاع العينة والنقل الفوري من السائل إلى حاوية أخذ العينات ثم يدون عمق العينات التي جُمعت بسجلي. بعد جمع العينات تطير أداة أخذ العينات قبل أخذ العينة القادمة.

النمذجة المركبة (Composite Sampling)

طرق أخذ او نمذجة عينات محددة بانتظام من خزانات المياه، الأنابيب الناقلة أو القنوات الضيقة؟ يفضل استخدام أجهزة النمذجة الآلية أو أجهزة نمذجة التدفق الثقيلة.

خصائص نمذجة عمود الماء؟ تتطلب تحديد المقطع العرضي لجسم الماء وينجز في أغلب الأحيان بإجراءات أخذ العينة في المحطات. عينات الماء يمكن أن تجمع أما بالخوض في الجدول وباستعمال حاوية العينة المحمولة يدويا أو بإنزال جهاز النمذجة المصمم لتغطيس القنينة في الجدول من الجسر.

- يجب التأكد من استعمال الحامض لغسل حاويات العينة في حال جمعت العينات لغرض تحليل العناصر النادرة مثل الزنك السلينيوم والكادميوم وغيرها
- يجب أن يشطف جهاز تقسيم العينة ثلاث مرات باستعمال 1 لتر من ماء العينة لكل مرة قبل أخذ العينات. من المهم خزن جهاز تقسيم العينة في حقائب **polyethylene** بعد الإستعمال لخفض مستوى التلوث بالغبار.
- نمذجة القضم والخطف **(Grab Sampling)** تستعمل عملية أخذ عينات الخطف في:

1. الجداول الطبيعية (خلط وسرعة عالية).
2. عينات المياه ذات المكونات التي تتطلب معالجة خاصة.
   - مسبقا تشطف حاوية العينة بماء الموقع
   - ثم توضع حاوية العينة الملائمة عكس التيار تحت السطح والسماح للحاوية بالامتلاء كما يجب.

عينة الخطف لربما أيضاً تأخذ كعينة سطحية؟ عندما تكون سرعة الجدول عالية ولا تسمح باختراق الجهاز إلى أي عمق او عندما يكون هناك أجسام طافية وحطام مغمور بالمياه أو عندما يكون الجدول ضحل جدا.

[3] اي تأخذ من اعماق مختلفة

النمذجة النقطية (أخذ عينات النقطة–**Point Sampling**)

لأي غرض تستخدم النمذجة النقطية ؟

تستخدم للحصول على عينة ماء من عمق معين في عمود السائل. جهاز كيميرير أو الأدوات المماثلة تنزل إلى العمق الملائم ويرسل ثقل ، مع خط التعليق ليسبب آلية الإغلاق. العينة قد تمتزج بعينات النقطة الأخرى أو تدخل مباشرة إلى حاويات العينة قبل غسلها بماء نفس النقطة في عمود الماء. العينة النقطية لربما تأخذ من المياه الضحلة بإزالة الغطاء والسماح للحاوية بالامتلاء إلى الحجم المطلوب.

نمذجة المياه الراكدة و البحيرات (**Lake/Standing Water Sampling**)

إن أخذ عينات من مياه البحيرات / والماء الراكد تؤدى بالطرق المشابهة لأخذ عينات الجدول. عينات مياه سطح البحيرة تؤخذ بعمق متر واحد. لأجسام الماء الراكد الضحلة تجمع العينة من تحت السطح أو في منتصف العمق. إذا سجل اختلاف في درجة حرارة الأعماق فإنها تشير إلى تطبق البحيرة وعليه فعينات نقطية (منفصلة) تؤخذ في الطبقات المائية باستعمال:

- جهاز النمذجة كيميرير.
- جهاز (**APVC sampler**) قد يستعمل لإنزال القنينة خلال مقطع عمودي أو عدة أعمدة و التي قد تكون عينات ممتزجة اعتمادا على عرض البرنامج من أخذ العينات.

العناية يجب أن تؤخذ عند أخذ العينات من على سطح المركب وذلك بعدم السماح للماء بالاضطراب جهد الإمكان.

نمذجة مياه البحر و الخلجان (Estuarine and Marine Water Sampling)

إن أخذ عينات المصبات والمياه البحرية تجرى بالطرق المستعملة في أخذ عينات الجداول والبحيرات. ظاهرة التطبق في المصبات لوحظت بتسجيل:

1- التوصيل الكهربائي/ ملوحة على طول عمق المصب.

2- سجلات النمذجة يجب أن تتضمن المراحل والتيارات المدية.

أخذ عينات من على سطح مركب يجب أن يتم بعيدا عن رفاس المركب وتبدأ النمذجة من الموقع القريب لأسفل التيار.

عينات منظومات المياه السطحية (Surface Water)

جمع العينات من إمدادات المياه السطحية يتم قبل أن يعالج الماء ويجب أن يكون ممثل للماء الداخل الى المنظومة، موقع أخذ العينات الفعلي قد يكون قبل المضخات الرافعة. هذه العينة لا تجمع من ضفاف النهر، البحيرة، أو الخزان (**reservoir**) وتشمل

- **عينة إنتاج المحطة (الماء النهائي) (Plant Delivered Sample (Finished Water** هذه العينة تجمع من موقع نهاية محطة معالجة الماء ويجب أن تكون ممثلة

للمنتج التام الصنع الخارج من محطة المعالجة. حنفيات مناسبة فقط تستعمل و يجب أن تغسل قبل أخذ العينات.

- **عينة نقطة الدخول Point of Entry Sample** هذه العينة تجمع في نقطة الدخول إلى نظام توزيع الماء ممثلة لمصدر معين بعد تطبيق معالجة.
- **عينة منظومة التوزيع (System Sample)** هي عينة تجمع من نظام توزيع الماء، عينة ماء السحب الأولى الذي يخرج فوراً عند فتح الحنفية أولاً، هذا النوع من العينات مفيدة في تقيم مواد السباكة والمساهمة في التلوث الرئيسي لإمداد المياه.

س/ متى تكون العينات غير رصينة؟

- ج /عند أخذها من حنفيات الحريق، النافورات أو من الحنفيات التي تحتوي المهويات أو المصافي.
- لا تجمع العينات من الحنفيات المحاطة بالخضرة المفرطة (أوراق زهور) أو الحنفيات المتصدئة القذرة.
- أبدا لا تجمع عينة من خرطوم أو أي ربط آخر إلى حنفية، تأكد بأن حاوية العينة لا تمس الحنفية.

إجراءات نمذجة المياه الجوفية **(Ground Water Sampling Procedures)**

هذه الإجراءات تتم بالطرق الموصى بها بالإضافة إلى الطرق المقبولة بالحد الأدنى للحصول على عينات المياه الجوفية ممثلة للتحاليل اللاعضوية والعضوية، التحليلات الكيميائية العامة والبكتريولوجية والمغذيات.

المصادر المحتملة لنمذجة مياه الآبار:

آبار مراقبة المياه الجوفية ، أبار التجهيز الشخصية ، آبار التجهيز الصناعية أو البلدية

الأجهزة المستعملة لجمع عينات المياه الجوفية

س/ تتفاوت **الأجهزة المستعملة لجمع عينات المياه الجوفية** لأنها تعتمد كثيرا على العوامل التالية:

- نوع البئر (ومثال على ذلك: بئر مراقبة ، بئر تجهيز ، نقطة بئر مؤقتة)
- عمق البئر، قطر غلاف البئر، عمق الماء.
- الملوثات المحتملة، نوع التحليل
- حجم شق المصفى ونوع المصفى وطول المصفى
- مناطق التسرب، توقع معدل تغذية البئر.
- أهداف أخذ العينات (فحص حقلي، تحقيق معالجة، أخذ عينات فصلية).

ترتيب تحليل مكونات العينات يكون كالتالي:

1. المركبات العضوية القلقة (**Volatile organic compounds**)
2. مركبات التطهير العضوية (**Purgeable organic compounds**)
3. هالوجين التطهير العضوي (**Purgeable organic halogens**)
4. الهالوجين العضوي الكلي (**Total organic halogens**)
5. الكربون العضوي الكلي (**Total organic carbon**)
6. التعادل، القاعدية، الحمضية (**Base neutrals/acid extractable)**
7. النفط والدهن (**Oil & Grease**)
8. مبيدات الحشرات **pesticides**
9. المواد الصلبة الكلية **Total solids**
10. المعادن الذائبة **Dissolved metals**
11. الفينولات (**Phenols**)
12. السيانيد (**Cyanide**)
13. الكبريتات و الكلوريد **Sulfate and chloride**
14. العكرة **Turbidity**
15. النترات والأمونيا **Nitrate and ammonia**.
16. المواد اللاعضوية المحفوظة **Preserved inorganics** ([4])
17. المواد اللاعضوية غير المحفوظة. (**Non-preserved inorganics**
18. البكتيريا (**Bacteria**)

- عند نمذجة عدة أبار معروفة أو مشكوك في تلوثها، البئر الأقل تلوثا يجب أن ينمذج ويختبر أولا، وبعدها الآبار الأكثر تلوثاً.
- مراقبة قراءات البخار عند راس البئر بكاشفات تأين اللهب يمكن أن تساعد في تقدير تحليل العينة بتزويد المعلومات على مستويات التلوث في البئر
- الانتباه إلى إجراءات إزالة التلوث يجب أن تجري بصرامة والقفازات الجراحية يجب أن تغير بتغير مواقع عينة.
- تنظيف أجهزة أخذ العينات. أي جسم ادخل للبئر غير مسموح باتصاله بالأرض أو أي سطوح ملوثة (بمعنى أخر مولدات الغازولين). إذا حدث هذا فتلك المادة لا تدخل في البئر أو تستعمل لأخذ العينات إلا بعد تعقيمها.

[4] الملوثات غير العضوية الناشئة يدخل في البيئة من خلال أنشطة بشرية المنشأ المختلفة غير المنضبط إلى جانب المساهمة الجيولوجية. اذ أدى تصريف النفايات من الصناعات وشركات البناء والصرف الصحي المحتوي على الأحماض المعدنية والمعادن الثقيلة والعناصر النزرة (Cd، Hg، Pb، As، Cr إلخ) ، وما إلى ذلك ، إلى تدهور جودة موارد المياه. هذه الملوثات لها تأثير سلبي على النباتات والحيوانات المائية ، وتزعج النظام البيئي ، وتؤثر على مشاكل صحة الإنسان (تلف الكبد والكلى وزيادة خطر الإصابة بالسرطان).

الكائنات الممرضة في البيئة Pathogens in the Environment

C.P. Gerba

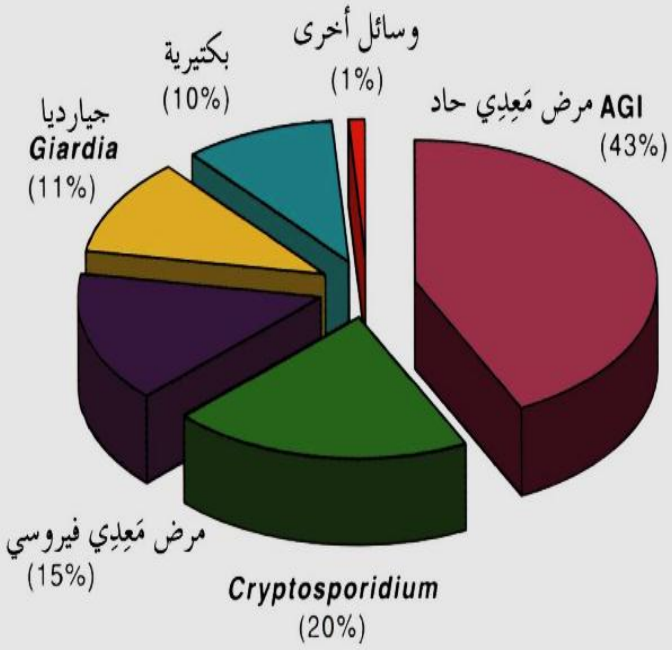
حويصلة للكائن **Giardia lamblia** وهو كائن حيواني أولي مسؤول عن داء الجيارديات، يرى عند أدنى الزاوية اليمنى للصورة وسط بقايا من مخلفات صرف وقد استخدم في إظهاره صبغة مضاد حيوي وميضي(**immune fluorescent**) (التكبير = 1900 ضعف).

1.19 أمراض ميكروبية مرتبطة بالماء

وفي الولايات المتحدة، كان مفهوم الأمراض المنقولة بالمياه أيضاً غير مفهوم بشكل جيد. وأثناء الحرب الأهلية (1860– 1865) كثيراً ما كان الجنود المخيمون يقومون بالتخلص من مخلفاتهم عند أعلى النهر (**priver**)، لكنهم يسحبون مياه الشرب عند أسفل النهر (**downriver**). وقد أدت هذه الممارسة إلى انتشار مرض الدسنتاريا. والحقيقة أن الدسنتاريا كانت جنباً إلى جنب مع المرض المصاحب لها وهو التيفود، السبب الرئيسي في الوفاة بين جنود جميع الجيوش حتى القرن العشرين. وقد ظل الحال على ذلك حتى نهاية القرن التاسع عشر عندما بدأت هذه الأمور في التغير. فعند ذلك الوقت، تم قبول نظرية الجراثيم بشكل عام واتخذت خطوات للتعامل مع المخلفات ولحماية موارد مياه الشرب بأسلوب صحيح.

في عام 1890 كانت حالات الوفاة تصل إلى أكثر من 30 شخصاً من كل (100000) نسمة في الولايات المتحدة بسبب مرض التيفود لكنه وبحلول عام 1907 **أصبح ترشيح المياه شائعاً في معظم المدن بالولايات المتحدة، وفى عام 1914 أدخلت عملية الكلورة.** ونتيجة لهذه الممارسات الجديدة، فإن معدل الموت بسبب مرض التيفود في الولايات المتحدة بين الأعوام 1900 و 1928 تراجع من 36 حالة إلى 5 حالات لكل (100,000) نسمة. ويعود السبب الرئيسي لانخفاض عدد الوفيات إلى انخفاض تفشى الأمراض المنقولة بالمياه. نتيجة **إدخال عمليتي الترسيب (sedimentation) والترشيح (filtration). وأدى إدخال الكلورة بعد عام 1910 إلى انخفاض معدل الإصابة بهذا المرض لمستويات أقل من ذلك. لكنه وعلى المستوى العالمي يظل عدم توفر مياه شرب آمنة، ومعالجة مناسبة للمخلفات، عاملين رئيسيين في تعرض البشر للمرض والموت.** فبالنظر للإحصائيات التالية، مثلاً: يقدر أن 25

ألف شخص يموتون يومياً في عام 1980 نتيجة لشربهم مياهاً ملوثة؛ وأن 4/1 الأسرة تقريباً في مستشفيات العالم مازال مشغولاً بشخص ما أصبح مريضاً نتيجة ربع عدد شرب ماء ملوث؛ وأن ما يقرب من خمسة بلايين إصابة منقولة بالمياه تحدث في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية سنوياً. إضافة لذلك، فإن الإسهال الناتج عن كائنات دقيقة توجد في المياه مازال واحداً من أهم أسباب الوفاة في الدول النامية. ويتعرض الأطفال بالدول النامية لما بين 12–10 إصابة بالإسهال في السنة الواحدة. وفى الغالب، فإن هذه الإحصائيات تنطبق على الدول النامية، حيث لا تكون جودة مياه الشرب ولا كمياتها مساوية لتلك المتاحة في الدول المتطورة بالعالم الصناعي إن مسببات الأمراض المنقولة بالمياه المسؤولة عن أمراض التيفود والكوليرا والوباء الكبدي المعدي أصبحت الآن غير شائعة نسبياً، أو أقل انتشاراً، في الولايات المتحدة مقارنة بالدول النامية. على الرغم من أن كثيراً من الأمراض قد تم القضاء عليها أو التحكم فيها في الدول المتطورة، تظل الكائنات الدقيقة السبب الرئيسي للأمراض المنقولة بالمياه في الوقت الحاضر. **إن معظم حالات تفشي مثل هذه الأمراض يمكن إرجاعها لاستخدام مياه غير معالجة أو مياه معالجة بدرجة غير كافية أو خاطئة (مثلاً) دون ترشيح أو تطهير، أو أنها تعرضت للتلوث بعد المعالجة. بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض الكائنات الممرضة مثل cryptosporidium ، تكون مقاومة جداً للإزالة بواسطة وسائل المعالجة والتطهير الاعتيادية لمياه الشرب وزيادة على ذلك، فإن نسباً متزايدة من تفشى الأمراض المنقولة بالمياه ترتبط بكائنات دقيقة غير بكتيرية مثل الفيروسات المعوية والبروتوزوا المتطفلة نتيجة لمقاومتها الناجحة لعمليات معالجة المياه (أنظر الشكل (119)**



شكل (19-1): العوامل الممرضة المرتبطة بالحالات المرضية المنقولة بالمياه

إن الحدوث الحقيقي للأمراض المنقولة بالمياه في الولايات المتحدة غير معروف ذلك أنه ليس مطلوباً التحري أو التوثيق لحالات تفشى الأمراض المنقولة بالمياه. وتكون التحريات صعبة لأن الأمراض المنقولة بالمياه يصعب التعرف عليها في التجمعات السكانية الكبيرة، وإن إجراء دراسات وبائية مكلف. ذلك، فإن ما بين 12 و 20 حالة تفشى الأمراض منقولة بالمياه قد تم توثيقها في الولايات المتحدة سنوياً، ويُحتمل أن الإصابات الفعلية قد تكون أعلى من ذلك بما يتراوح ما بين 10 إلى 100 مرة. كما يبدو أيضاً أن مياه الشرب التي تعالج بالطرق الاعتيادية وتستوفى جميع معايير وكالة حماية البيئة **(EPA)** قد تحتوي مع ذلك على كائنات دقيقة غير معروفة مسؤولة على نسبة 35% من التهابات المعدة والأمعاء **(gastroenteritis)**. وعلى الرغم من أن هذا المرض لا يهدد عادة حياة المصاب في الدول المتقدمة، إلا أن له تأثيراً اقتصادياً كبيراً حيث يقدر أن الولايات المتحدة تفقد ما يصل إلى 20 بليون دولار سنوياً بسبب الالتهاب المعدي المعوي.

2.19 فئات الأمراض وأنواع الممرضات

يمكن تصنيف الكائنات المسببة للأمراض أو الممرضات، التي ترتبط بالمياه إلى أربع مجموعات (كما هو موضح في الجدول 19-1).

جدول (119) تصنيف الأمراض المرتبطة بالمياه والناتجة عن كائنات دقيقة

القنة	أمثلة	المسبب
منقولة بالمياه **(waterbone)**	كائنات ممرضة مصدرها مادة برازية وتنتقل بتناول المياه الملوثة	الكوليرا، التيفود
تغسل بالمياه **Water washed**	كائنات مصدرها براز وتنتقل بالتلامس نتيجة لعدم كفاية النظافة أو الإجراءات الصحية	التراكوما
أصلاً بالمياه **Water-based**	كائنات تنشأ في الماء أو تقضي جزءاً من دورة حياتها في أحياء مائية وتصبح في تلامس مباشر مع البشر في الماء أو عن طريق الاستنشاق	البلهارسيا **(schistosomiasis)**
مرتبطة بالمياه **Water related**	كائنات دقيقة لها دورات حياة مصاحبة لحشرات تعيش أو تتكاثر في الماء	الحمى الصفراء

1. أمراض منقولة بواسطة المياه (waterborne diseases)

تلك التي تنتقل من خلال تناول مياه ملوثة التي تعمل كحامل سلبى للعامل الممرض أو الكيميائي، إن الأمراض الكلاسيكية المنقولة بالمياه، مثل الكوليرا والحمى التيفودية، التي طالما اجتاحت المناطق الآهلة بالسكان عبر التاريخ البشري، قد تم التحكم فيها بكفاءة عن طريق حماية مصادر المياه وكذلك معالجة موارد المياه الملوثة. وفي الحقيقة إن التحكم في هذه

الأمراض الكلاسيكية هو الذي أكسب معالجة موارد المياه سمعتها، ولعب دوراً هاماً في تخفيض الأمراض المعدية. وتوجد أيضاً أمراض أخرى تسببها بكتيريا أو فيروسات أو بروتوزا وديدان معوية قد تنقل عن طريق مياه شرب ملوثة. لكن من المهم أن نتذكر أن الأمراض المنقولة بواسطة المياه تمر عبر مسار البراز – الفم، من إنسان لإنسان أو حيوان لإنسان، لذلك فإن مياه الشرب تمثل واحداً فقط من بين مصادر أخرى ممكنة للإصابة.

2. أمراض تغسل بالمياه water - washed diseases

هي تلك التي ترتبط بسوء نظافة الفرد وعدم القيام بالتنظيف بشكل صحيح، وفى هذه الحالة، فإن توفر كمية كافية من المياه يعتبر عموماً أكثر أهمية من جودة المياه، إن شح المياه اللازمة للغسل والاستحمام تسهم في تطور أمراض تؤثر على العيون والجلد، بما في ذلك أمراض معدية مثل التهاب الملتحمة المعدي **(conjunctivitis)** والتراكوما، بالإضافة لأمراض الإسهال، التي تعتبر سبباً رئيسياً لموت الرضع، وسوء أحوالهم الصحية في الدول النامية. وقد تنتقل أمراض الإسهال مباشرة من خلال ملامسة شخص لآخر، أو بشكل غير مباشر من خلال ملامسة أغذية ملوثة وأدوات استخدمت بواسطة أفراد تكون أيديهم ملوثة ببقايا البراز. وعندما توجد وفرة من المياه لغسل اليدين وجد بأن الإصابة بأمراض الإسهال قد نقصت وكذلك انتشار الكائنات المعوية الممرضة مثل الشيقللا **(shigella)**.

3. أمراض منشؤها الماء (water - based diseases)

هي أمراض تسببها كائنات ممرضة إما تقضى كل أو فترات مهمة من حياتها في الماء أو تعتمد على كائنات مالية لاستكمال دورات حياتها. ومن أمثلة هذه الكائنات الديدان الطفيلية **(Schistosoma)** وبكتيريا **(Legionella)** التي تسبب مرض البلهارسيا **(Schistosomiasis)** ومرض المحاربين القدامى **(Legionnaires)**، على التوالي.

وتمثل أنواع **Schistosome** الثلاثة الأساسية التي تتطور إلى مرحلة البلوغ في داخل الإنسان في **S.mamsoni** و **Schistosoma japonicum** و **Shaematobium** ولكل من هذه الأنواع قوقع عائل خاص به وانتشار جغرافي مختلف ويقدر بأن ما يزيد على 200 مليون شخص في آسيا وأفريقيا وأمريكا الجنوبية والدول الكاريبية مصابون حالياً بواحد أو ربما أثنين، من أنواع .**schistosome** وعلى الرغم من أن مرض البلهارسيا غير مستوطن في أمريكا الشمالية، إلا أن **Schistosomiasis dermtis** قد تم توثيقه في الولايات المتحدة، إذ أن بعض المهاجرين للولايات المتحدة قد وجدوا مصابين بهذا المرض، إضافة لنحو 300 ألف شخص ربما يكونون مصابين في بورتوريكو. وقد قدرت الأثار الاقتصادية لمرض البلهارسيا بنحو 642 مليون دولاراً سنوياً – ويشمل هذا الرقم فقط فقدان في الموارد يعود إلى انخفاض الإنتاجية، ولا يشمل تكاليف برامج الصحة العامة والرعاية الصحية، أو التعويض عن المرض.

تم وصف **Legionella pneumophila** المسبب المرض المحاربين القدامى أول مرة عام 1976 في مدينة فيلادلفيا، بولاية بنسلفانيا. وتنتشر هذه البكتيريا في البيئات المائية وهى قادرة على النمو عند درجات حرارة تزيد على 40م وتستطيع أن تتكاثر في أبراج التبريد، سخانات المياه، ونافورات المياه. وإذا ما حدث نمو عند درجات حرارة عالية، تصبح هذه البكتريا قادرة على احداث التهاب رئوي (**pneumonia**) في الإنسان إذا ما تم استنشاقها على هيئة قطرات مائية أو في رذاذ الايروسول.

4. أمراض مرتبطة بالماء Water - related diseases

إن أمراضاً مثل الحمى الصفراء، وحمى الضنك (أبو الركب) (**dengue**) وداء الخيطيات (**filariasis**) والملاريا وداء كلابية الذنب (**Onchocerciasis**) ومرض النوم تنقل بواسطة حشرات تتكاثر في المياه مثل البعوض الذى يحمل الملاريا) أو تعيش بالقرب من المياه (مثل الذباب الذى ينقل عدوى كلابية الذنب وتعرف هذه الحشرات بناقلات العدوى (**Vectors**)

3.19 أنواع الكائنات الممرضة

تضم الكائنات الممرضة المعروفة بقدرتها على التسبب في مرض عندما توجد في المياه كائنات دقيقة مثل الفيروسات والبكتيريا والبروتوزوا المتطفلة والطحالب الخضراء المزرقة إضافة لكائنات كبيرة مثل الديدان المعوية أو الدود التي يمكنها أن تنمو بأحجام كبيرة. إن بعض خصائص هذه الكائنات مدونة في الجدول (19−2).

جدول (19−2) خصائص بعض الكائنات الممرضة المنقولة بالمياه (**waterborne**) وتلك

الكائن	الحجم **mm**	الشكل	المرحلة المقاومة للمناخ
الفيروسات	(0.1− 0.01)	متباين	فيريون (**virion**)
البكتريا	10−0.1	عصوية ، كروية، حلزونية، واوية	(**spores**) أو خلايا ساكنة حويصلات (**oocysts**)
بروتزوا	100−1	متباين	حويصلات (**cysts**) حويصلات مبيضة
ديدان	10^9− 1	متباين	بيض
طحالب حضراء مزرقة	100− 1	كروية، خيطية	حويصلات (**cysts**)

جدول (3-19) كائنات ممرضة محمولة بالمياه أو منشؤها مائي تصيب الإنسان

المجموعة	الكائن الممرض	المرض أو الحالة
الفيروسات	**Enteroviruses (polio, echo, coxsackie)**	**التهابات السحايا، الشلل، طفح جلدي، التهاب العضلة القلبية أمراض تنفس، إسهال**
	Hepatitis and E	**الوباء الكبدي**
	Norwalk virus	**إسهال**
	Rotavirus	**إسهال**
	Astovirus	**إسهال**
	Calicivirus	**إسهال**
	Adenovinas	**إسهال، التهابات العين، أمرض تنفس**
	Reovirus	**أمراض تنفس، التهاب الأمعاء**
البكتريا	**Salmonella**	**التيفود، الإسهال**
	Shigella	**إسهال**
	Campylobacter	**إسهال**
	Vibrio cholerae	**إسهال**
	Yersinia entrecolitice	**إسهال**
	Eschenichir coli (سلالات معينه)	**إسهال**
	Legionella	**إصابة الرئة، التهابات تنفسية أخرى**
البروتوزوا	**Naegleria**	التهابات السحايا؟ **Meningoenoepgalitis**
	Entomoeba hinolyrica	دسنتاريا أميبية
	Giardia lamblia	إسهال
الطحالب الخضراء	**Microcystis**	إسهال وإمكانية إنتاج مواد مسببة للسرطان
	Giardia lamblia	
	Anabaena	
	Aphantomenon	
	Cryptosporidium	إسهال
الديدان	**Ascaris lambricoides**	الإسكارس
	Trichuris trichiora	مرض أمعاء الديدان السوطية **trichuriasis whipwrm**
	Necuter americanus	الدودة الخطافية (الانكلوستومات)
	Taenia saginaka	الدودة الشريطية للأبقار
	Schistosoma mansoni	تعقيدات تؤثر على الكبد، والمثانة، والامعاء الغليظة

1.3.19 الفيروسات

يعرف أكثر من 140 نوعاً من الفيروسات التي تصيب القناة المعوية للإنسان لتخرج منها لاحقاً مع البراز وتسمى الفيروسات التي تصيب الأمعاء وتتكاثر فيها الفيروسات المعوية (**enteric viruses** وتستطيع بعض الفيروسات المعوية التكاثر في أعضاء أخرى مثل الكبد والقلب، وكذلك في العين والجلد والأنسجة العصبية. فمثلاً، يصيب فيروس الالتهاب الكبدي **hepatitis** الكبد، مسبباً مرض الالتهاب الكبدي. وتتميز الفيروسات المعوية بأن لها عموماً عائل محدد جداً؛ لذلك، فإن الفيروسات المعوية للإنسان تسبب مرضاً للبشر وفى بعض الأحيان لثدييات أخرى. وقد تفرز مع البراز أثناء فترة الإصابة أعداداً كبيرة من الفيروسات تصل إلى ما بين $10^{8} - 10^{12}$ جسيمة فيروسية في الجرام الواحد، حيث تحمل الشبكات المجاري.

إن الفيروسات المعوية **(Enteroviruses)** التي تعتبر أول فيروسات تم عزلها من مياه الصرف والمياه العادية قد تم دراستها بكثافة أكثر من أي فيروس آخر. وتضم أكثر الفيروسات المعوية شيوعاً كل من **polioviruses** (3) أنماط و **coxsackievinuses** (30 نمطاً) و **echovinuses** (34) نمطاً. وعلى الرغم من أن هذه الكائنات الممرضة قادرة على التسبب في مدى واسع من الأمراض الخطيرة، إلا أن معظم العدوى تكون خفيفة. وعادة، فإن نحو 50% فقط من الذين يتعرضون للعدوى تصل حالتهم فعلاً لدرجة الإيواء السريري. لكن الفيروسات الكوكساكية **coxsackieviruses** يمكنها أن تسبب أمراضاً مهددة للحياة، بما في ذلك مرض القلب والالتهاب السحائي والشلل كما أنها أيضاً قد تلعب دوراً في التسبب في مرض السكري.

ينتج مرض الالتهاب الكبدي الفيروسي المعدي عن فيروس **hepatitis A (HV)** وفيروس **hepatitis E (HV)**. إن هذين النوعين من مرض الالتهاب الكبدي الفيروسي ينتشران عن طريق الماء والغذاء الملوثين بالبراز، بينما تنتشر أنواع أخرى من هذا المرض الفيروسي، مثل فيروس : **hepatitis (HB)** نتيجة للتعرض لدم ملوث. وتعتبر العدوى بمرض **Hepatitis A and B** شائعة جداً في العالم النامي، حيث قد يظهر نحو 98% من السكان أجساماً مضادة ضد فيروس **HAV** إن فيروس **HAV** لا يرتبط فقط بتفشي المرض الذي يكون مصدره المياه، لكنه كثيراً ما يرتبط أيضاً بحالات تفشى المرض التي يكون مصدرها الغذاء، خاصة الأصداف أو المحارات .**(shellfish)**. وقد ارتبط الفيروس **E** المسبب للالتهاب الكبدي **HEV** في كل من آسيا وأفريقيا بحالات وباء واسعة منقولة بواسطة المياه **(waterborne outbreaks)**، لكنه لم توثق حالات انتشار لهذا المرض في الدول المتقدمة. ويعتبر الفيروس **HAV** واحداً من الفيروسات المعوية المقاومة جداً للتعقيم بالحرارة.

تم التعرف على فيروسات الروتا **Rotaviruses** وهي خمسة أنماط كمسبب رئيسي المرض التهاب المعدة والأمعاء في الأطفال الذين يقل عمرهم عن سنتين. إن هذا المرض هو السبب الأول في موت الأطفال وهو المسؤول عن ملايين الوفيات من الأطفال سنوياً في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. كما أن هذه الفيروسات مسؤولة عن تفشي الالتهاب المعدي المعوي بين السكان البالغين خاصة بين كبار السن، كما يمكنها أيضاً أن تحدث حالات الإسهال عند المسافرين إن العديد من الأوبئة المنقولة بالمياه ترتبط مع فيروسات **Rotavinuses**

اكتشف فيروس نوروك **(Norwalk virus)** للمرة الأولى عام 1968 بعد أنتشار التهاب المعدة والأمعاء بشكل وبائي في مدينة نوروك بولاية أوهايو، مما نتج عنه مرض تميز بالتقيؤ والإسهال اللذان يستمران لبضعة أيام إن هذا الفيروس هو العامل الأكثر تواجداً أثناء حدوث أوبئة التهاب المعدة الفيروسي الناتج عن المياه والغذاء بالولايات المتحدة (انظر الشكل (1-2). وعلى الرغم من أنه لم يتم تنميته في المعمل، فإن فيروس نوروك يبدو أنه ينتمي المجموعة فيروسية أخرى **(Calicivirus)** إضافة لذلك، يبدو أن عدداً كبيراً من الفيروسات المعوية التي تشبه في الحجم فيروس نوروك يمكن أن تسبب مرض الالتهاب المعدي المعوي، ويطلق على هذه الفيروسات عادة اسم الفيروسات الشبيهة بالنوروك **(Norwalk - like viruses)**

إن ابتلاع عدد قليل من الفيروسات كاف ليسبب عدوى (انظر الجزء 4.22) لكن، ولأن هذه الفيروسات المعوية توجد في البيئة عادة بأعداد منخفضة نسبياً، فانه يتعين جمع أحجام كبيرة من العينات البيئية قبل التمكن من اكتشاف وجود هذه الفيروسات. فمثلاً، يتعين جمع ما بين 10-1000 لتر من الماء حتى يمكن معاينة هذه الكائنات الممرضة في عينة مياه سطحية أو مياه الشرب ويلزم أولاً تخفيض حجم العينة من أجل تركيز أعداد الكائن الممرض. لذلك، تمرر عينة الماء خلال مرشحات ذات مسام دقيقة تدمص عليها الفيروسات؛ يتم بعدها غسل الفيروسات المدمصة من المرشح. ويتبع هذه العملية مزيد من التركيز، حتى يصبح حجم العينة بضعة ملليمترات تاركة تركيزاً مرتفعاً من أعداد الكائن الممرض، بعد ذلك يتم فحص العينة المركزة إما باستخدام أسلوب المزرعة الخلوية أو التقنيات الجزيئية الحديثة. وتعتبر أساليب المزرعة الخلوية التي تتضمن استخدام خلايا حيوانية من الأساليب الفعالة انظر الشكل (19-3) لكنها قد تحتاج إلى عدة أسابيع قبل الحصول على نتائج، لذلك، قد تستخدم ملتهمات البكتيريا **(bacteriophages)** كبديل فعال أحياناً لتوفير الوقت والتكلفة شكل (1-4). فعلى سبيل المثال، تستخدم ملتهمات البكتريا القولونية **(coliphages)** كثيراً كنماذج لدراسة مصير فيروس أثناء معالجة المياه والمياه العادمة وفي المياه الطبيعية.

1.2.3.19 البكتيريا المعوية

عرف وجود بعض الكائنات الممرضة البكتيرية المعوية منذ أكثر من مائة عام. وقد تبين عند بداية القرن العشرين أن المعالجة الاعتيادية الحديثة لمياه الشرب التي تشمل الترشيح والتعقيم كانت فعالة جداً في التحكم في الأمراض البكتيرية المعوية مثل حمى التيفود والكوليرا. واليوم فإن الأوبئة الناتجة عن أمراض بكتيرية ترتبط بالمياه أصبحت نادرة نسبياً في الولايات المتحدة وتحدث فقط عندما تتعطل عملية معالجة المياه، أو عندما تتلوث المياه بعد المعالجة، أو عندما تستهلك مياه شرب غير معقمة إن أنواع البكتيريا التي تلقى [illegible] **Salmonella** و **Shigella** و **Campylobacter** و **Escherichia**.

السالمونيلا (Salmonella)

تشمل السالمونيلا مجموعة كبيرة من البكتيريا تزيد على 2000 نمط سيرولوجي معروف. إن جميع هذه الأنماط السيرولوجية ممرضة للإنسان ويمكنها أن تسبب مجموعة من الأعراض تتراوح من التهاب معدي معوي خفيف إلى مرض شديد أو حتى الموت. وتستطيع السالمونيلا أن تصيب أنواعاً عديدة من ذوات الدم الحار والبارد إن كلاً من:

- حمى التيفود **(typhoid fever)**، التي تسببها **S.typhi**،
- وحمى الباراتيفود **(paratyphoid - fever)** التي يسببها **S.typhoid**

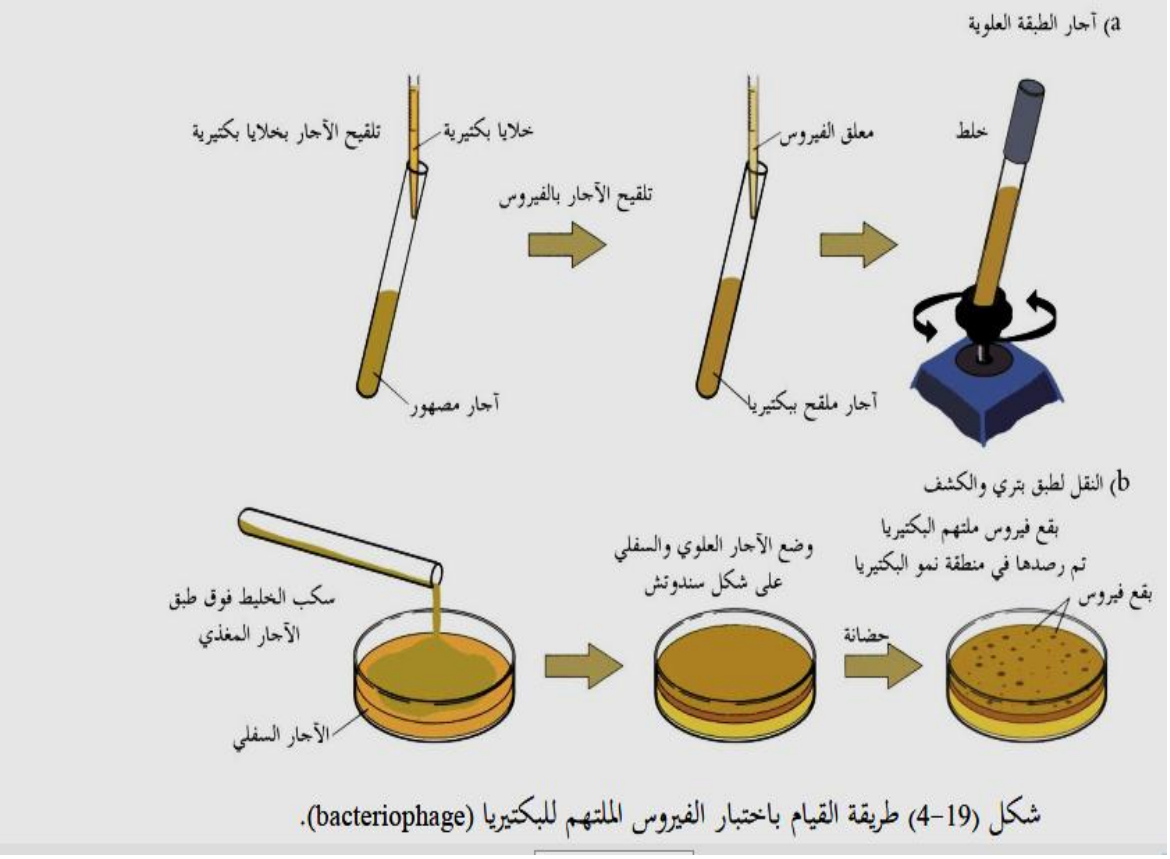
هي من أنواع الحمى المعوية التي تصيب الإنسان والثدييات دون غيرها. وفي الولايات المتحدة، يعود مرض السالمونيلات **(Salmonellosis)** بالدرجة الأولى إلى الانتقال عن طريق الأغذية الملوثة بهذه البكتيريا، إذ أن البكتريا تصيب لحوم البقر والدواجن وتكون قادرة على التكاثر في الغذاء. وينتج الكائن الممرض سما **(toxin)** يسبب الحمى والغثيان والإسهال، وقد يكون مميتاً إذا لم تتم معالجته بطريقة صحيحة.

الشيقيلا [5] Shigella spp

تصيب الشاقيلا البشر فقط، مسببة له التهابات معوية وحمى ولا يبدو أنها تعيش طويلا في البيئة، لكن حدوث إصابات في الولايات المتحدة نتيجة للشرب أو السباحة في مياه غير معالجة مازال مستمراً. أما بكتيريا **Yersina sp. Campylobacter spp.** فإنها توجد في المياه والأغذية الملوثة بالبراز، ويعتقد بأنها تنتج بالدرجة الأولى من براز حيوانات. إن بكتيريا **Campylobacter** التي تصيب الدواجن وتلوث الأغذية، كثيراً ما تلام على أنها مصدر للأوبئة المحمولة بالأغذية؛ وفى الولايات المتحدة فإنها ترتبط أيضاً باستهلاك مياه شرب غير معالجة. وتوجد بكتريا إيشيريشيا كولاي **Escherichia (coli)** في القناة المعدية المعوية

[5] **Spp = species رمز يستعمل كمختصر لمرتبة النوع في حالة الجمع**

للحيوانات ذات الدم الحار، وتعتبر عادة كائناً غير ضار لكن سلالات عدة منها تكون قادرة على التسبب في مرض الالتهاب المعوي (**gastroenteritis**)؛ ويشار إليها على أنها أنواع سامة من الايشيريشيا كولاي **enterotoxigenic** أو ممرضة **enteropathogenic** (**EPEC**) أو مسببة للنزيف **enterohemorrhagic** (**EHEC**) وتسبب البكتيريا المعوية السامة من الايشيريشيا كولاي **Enterotoxigenic E.coli** مرض التهاب المعدة الأمعاء مصحوباً بإسهال حاد جداً وغثيان ومغص في البطن وتقيل. وتعتبر هذه البكتيريا سبباً شائعاً للإسهال الذى يتعرض له المسافرون إن النوع **EPEC** يشبه عزلات **ETEC** لكنه يحتوي على توكسينات تشبه تلك الموجودة في الشيقيلا من ناحية أخرى، فإن نوع البكتريا المعوية المسببة للنزيف من الايشيريشيا كولاي (**Enterohemorrhagic E.coli**) فإنها غالباً ما تنتمي لنمط سيرولوجي واحد هو (**o157:H7**)، وتكوّن هذه السلالة مجموعة توكسينات قوية تتسبب في إسهال مصحوب بالدم يمكن أن يكون مميتاً في حالة الرضع والمسنين، إن مثل هذا الكائن يمكن أن يلوث كلا من الغذاء والماء



شكل (19-4) طريقة القيام باختبار الفيروس الملتهم للبكتيريا (bacteriophage).

يضم الجنس **Vibrio** عدداً كبيراً من الأنواع، لكن قليلاً منها فقط يصيب البشر. أحد هذه الأنواع هو **V.cholera** ، الذي يسبب الكوليرا للإنسان دون غيره. ويمكن أن تسبب الكوليرا إسهالاً حاداً جداً مع فقد سريع للسوائل والأملاح وتفوق نسبة الموت من هذا المرض 60% % في الحالات التي لا تتلقى علاجاً، لكنه يمكن تفادى الوفاة عن طريق تعويض السوائل. ولم

يعرف وباء للكوليرا في العالم الغربي في القرن المنصرم حتى عام 1990، عندما انتشر وباء في البيرو ومنه الجنوب ووسط أمريكا وتنحصر الحالات التي سجلت الولايات المتحدة في كونها إما وافدة أو نتيجة لاستهلاك سرطان بحري غير مطهى بشكل جيد أو جمبري **(shrimp)** تم صيده في مياه شواطئ خليج المكسيك. إن بكتيريا **Vibrio cholera** كائناً دقيقاً بحريا مستوطناً يتواجد في تركيزات منخفضة في مياه الشواطئ الدافئة.

يكون معدل مقاومة البكتريا المعوية الممرضة للحياة في البيئة بضعة أيام فقط، وهو ما يعتبر أقل من معدلات بقائية الفيروسات المعوية والبروتوزوا المتطفلة. كما أنه يمكن القضاء على البكتيريا المعوية بسهولة أيضاً بواسطة المطهرات التي يشيع استخدامها في معالجة مياه الشرب. إن تحليل عينات بيئية للكشف عن البكتريا المعوية لا يجرى في العادة وذلك بسبب صعوبة عزلها وبدلاً عن ذلك تستخدم بكتريا دليلية **indicator bacteria)** لتشير إلى إمكانية وجودها (انظر الجزء 4.2.3.19)

2.2.3.19 الليجنيللا (Legionella)

إن الكائن الممرض **Legionella pneumophila** لم يكن معروفاً حتى عام 1976، عندما توفي 34 شخصاً بعد وباء حدث في المؤتمر السنوي لرابطة ولاية بنسلفانيا للمحاربين الأمريكيين القدامى الذي عقد بمدينة فيلادلفيا وينتج مرض **Legionellosis**. وهي عدوى حادة عن الكائن الممرض **L.pneumophila**، الذي يرتبط حالياً بمرضين مختلفين هما: حمى بونتياك **Pontiac fever** ومرض المحاربين القدامى **Legionnaire** ومنذ عام 1976 سجلت العديد من الوفيات نتيجة مرض **Legionnaire**. وتعتبر حمى بونتياك نوعاً معتدلاً من مرض المحاربين القدامى. إن كلا المرضين ليسا من الأمراض السارية **(no communicable)**، أي أنهما لا ينتقلان من شخص إلى آخر. ويقدر مركز التحكم في الأمراض أن ما بين 50 ألف و 100 ألف حالة من مرض **Legionellosis**. تحدث سنوياً في الولايات المتحدة، وأن عدداً غير محدد من بينها ناتج عن مياه شرب ملوثة.

قام العلماء بلفت النظر إلى الخطأ في الإشارة إلى الكائن الممرض **Lpneumophila** كأنه ملوث تقليدي. فعلى الرغم من أن هذا الكائن يشغل موقعاً بيئياً محدداً (كما هو حال الكائنات الدقيقة الأخرى في بيئة (المياه إلا أنه لم يتم ربط أي وباء المرض المئات من **Legionellosis** مباشرة مع مجرى مائي طبيعي مثل بحيرة أو جدول أو بركة. إن البيئات الوحيدة التي تم توثيقها علمياً الخاصة بالكائن **Legionella pneumophila** هي البيئات الندية أو الرطبة ومن الواضح أنه يلزم وجود نشاط بشرى – وأنظمة معينة مثل أبراج التبريد أو مكونات السباكة، أو حتى خطوط مياه طبيب الأسنان – وذلك لإيواء هذه الكائنات أو تكاثرها. ولذلك، فإنه بينما قد يكون الكائن **L. pneumophila** شائعاً في المياه الطبيعية، إلا أنه

يمكنه التكاثر فقط عندما ينقل إلى نظم التوزيع حيث يسمح للماء ليكون راكداً وتكون درجات الحرارة ملائمة. يستطيع الكائن **Legionella pneumophia** النمو إلى مستوى قد يسبب مرضاً في المناطق التي يحدث فيها إعاقة لتدفق المياه، مما يسبب تراكماً للمادة العضوية. إضافة لذلك، فإن درجة الحرارة المثالية لنمو الكائن **L. pneumophila** هي 37م°، لذلك، فقد اكتشف وجوده في خزانات المياه الساخنة للمستشفيات والفنادق والمصانع ونوادي ملاعب الجولف والمنازل. ومن المؤسف أن تحفظ بعض المستشفيات والفنادق درجات حرارة سخانات المياه منخفضة لتوفير المال وتفادي الدعاوى القضائية، وهم بذلك يجعلون أنفسهم عرضة لنمو الكائن **L. egionella** وإذا ما ترسخ وجودها فإن **L.egionella** تكون قادرة على البقاء . وقد أظهر مسح لنظام مياه أحد المستشفيات أن **L. pneumophila** يمكنها أن تتواجد في النظام لفترات طويلة تحت هذه الظروف، متجمعة في دش الحمام **(Showerheads)** والحنفيات **(faucets)**. ويعتقد أن دش الحمامات والحنفيات يمكنها إطلاق رذاذ **(aerosols)** مكون من حبيبات صغيرة جداً تأوي الكائن **L.pneumophila** إن هذا الرذاذ، وبسبب صغر حجمه، يمكنه الوصول إلى قناة تنفس الإنسان الدنيا.

إن وجود ربط بين وجود الكائن **L.pneumophila** في شبكة المياه وداء المحاربين القدامى **Legionnaire** في مرضي المستشفى المعرضين للإصابة قد تم ترسيخه بواسطة المجتمع الطبي.

ويعزى تفشي المرض بشكل خاص في المستشفيات إلى تواجد العديد من الأشخاص القابلين للإصابة، وكذلك طبيعة شبكة المياه في هذه الأماكن إن معظم الأشخاص الذين أصيبوا بمرض **Legionnaire** يعانون من نظام مناعي غير نشط أو ضعيف بسبب المرض أو التقدم في السن أو إدمان الكحول أو التدخين الشديد. وعلى الرغم من أن بعض الأشخاص الأصحاء قد أصيبوا بمرض **Legionnaire**، إلا أن تفشي المرض الذي شمل الأفراد الأصحاء قد نتج عنه عادة مرض حمى بونتياك **Pontiac fever** الأقل حدة. إن ثبوت وجود الكائن **Lpneumophila** في نظام مياه لا يعني بالضرورة أن الإصابة بالمرض حتمية. فقد عثر على بكتيريا **Legionella** في نظم حيث لم يعثر على المرض تماماً أو أنه اقتصر فقط على بضعة حالات عشوائية، لذلك، فإن حالة أو مدى عرضة العائل أو المريض تعتبر العامل الأكثر أهمية في تحديد مدى إمكانية تطور العدوى. يتميز الكائن **Legionella** بقدرته على مقاومة عمليات المعالجة التقليدية للمياه. أنه أكثر مقاومة للكلورة مقارنة بالبكتريا القولونية **(Coliform bacteria)**، ويمكنه العيش لفترة طويلة في مياه ذات مستويات منخفضة من الكلور. إضافة لذلك، فإن هذا الكائن يمكنه أن يدخل لنظم المياه البلدية من خلال الأنابيب المكسورة أو الصدئة، وأعمال صيانة الأنابيب الرئيسية وعبر نقاط التوصيلات.

المصدر: علم التلوث ترجمة ا.د فوزي محمد الدومي ، منشورات جامعة المختار، 2022.

الممرضات البكتيرية الانتهازية

تشمل هذه المجموعة بكتيريا موجبة لصبغة جرام ذاتية التغذية **heterotrophic** تنتمي إلى الأجناس **Pseudomonas** و **Aeromonas** و **Klebsiella** و **Flavobacterium** و **Enterobacter** و **Citrobacter** و **Serratia** و **Acinetbacter** و **Proteus** و **Providencia**. **وان اهم شرائح السكان المعرضين بشكل خاص للكائنات الممرضة الانتهازية كلا من** حديثي الولادة وكبار السن والمرضى. وقد تم توثيق وجود هذه الكائنات بأعداد كبيرة في مياه الشرب بالمستشفيات، حيث قد تلتصق بأنابيب توزيع المياه أو تتكاثر في المياه المعالجة.

وتجدر الإشارة إلى أن أهمية تأثيرها على الصحة العامة للبشر عموماً غير مفهوم بشكل جيد. ومن الممرضات الانتهازية الأخرى البكتيريا اللا درنية (**nontubercular mycobacteria**) التي تسبب أمراضاً رئوية بالإضافة إلى أمراض أخرى إن أكثر أنواع البكتيريا اللا درنية التي تم عزلها تنتمى إلى نوع (**Mycobacterium avium intercellular**) وتعتبر مياه الشرب. خاصة تلك الموجودة في خزانات مياه المستشفى، ملائمة لدعم تكاثر هذا النوع من البكتيريا، وهو ما يمكن ربطه بحالات العدوى التي يتعرض لها مرضى المستشفيات.

البكتيريا الدالة (Indicator bacteria)

يعتبر الاختبار الروتيني الحالي للمياه الخاص بوجود الكائنات الممرضة المعوية عملاً مضنياً وصعباً ويستغرق وقتا طويلاً. لذلك، فإن المختصين يقومون بهذه الاختبارات عادة بالبحث أولاً عن البكتريا الدالة التي يشير وجودها أيضاً إلى احتمال وجود بكتريا أخرى. ويعتمد مفهوم الدليل (الكاشف) الذي تم تطويره عند بداية القرن التاسع عشر على حقيقة أن بكتيريا غير ممرضة معينة توجد في براز جميع الحيوانات ذاوت الدم الحار. ويمكن عزل هذه البكتيريا بسهولة وتحديد أعدادها بطرق بكتريولوجية سهلة. **إن العثور على هذه البكتيريا يعني أن تلوثاً بالبراز قد حدث ومن ثم فإن كائنات معوية ممرضة ربما تكون موجودة أيضاً**. وعلى سبيل المثال، فإن البكتيريا القولونية **(Coliform bacteria)** التي توجد طبيعياً في أمعاء جميع الحيوانات ذوات الدم الحار، يتم إفرازها بأعداد هائلة في البراز. ويعثر على البكتيريا القولونية في المياه الملوثة بكثافات تتناسب تقريباً مع درجة التلوث بالبراز. **ونظراً لأن البكتيريا القولونية تكون بشكل عام أكثر تحملاً من البكتيريا المسببة للمرض**، فإن عدم وجودها في الماء يعتبر مؤشراً على أن الماء آمن بكتيرياً للاستهلاك البشرى. وعلى العكس، فإن وجود مجموعة

البكتيريا القولونية يعتبر مؤشراً أن كائنات دقيقة أخرى قادرة على التسبب في مرض معين قد تكون موجودة أيضاً، وأن الماء غير آمن للشرب.

ويعتبر الكشف عن مجموعة البكتيريا القولونية التي تشمل الأنواع **Escherichia** و **Citrobacter** و **Enterobacter** و **Klebsiella** سهلاً نسبياً وتحديداً، فإن هذه المجموعة تضم أنواع بكتيريا هوائية ولا هوائية اختيارية **(Facultatively anaerobic)**، سالبة لصبغة جرام **(Gram-negative)**، غير متجرثمة عصوية الشكل وتنتج غازاً عند تخمر اللاكتوز في بيئة نمو خاصة خلال 48 ساعة عند درجة حرارة 35م وباختصار، فإنه يسهل جداً ملاحظة وجودها.

ويستخدم الباحثون عادة ثلاث طرق للتعرف على العدد الإجمالي للبكتيريا القولونية في المياه وهي:

- اختبار العدد الأكثر احتمالاً **(MPN) most probable number**،
- واختبار غشاء الترشيح **(membrane filter) (MF)**
- واختبار وجود أو عدم وجود **(presence - absence; PA)**.

أختبار العدد الأكثر احتمالاً (MPN)

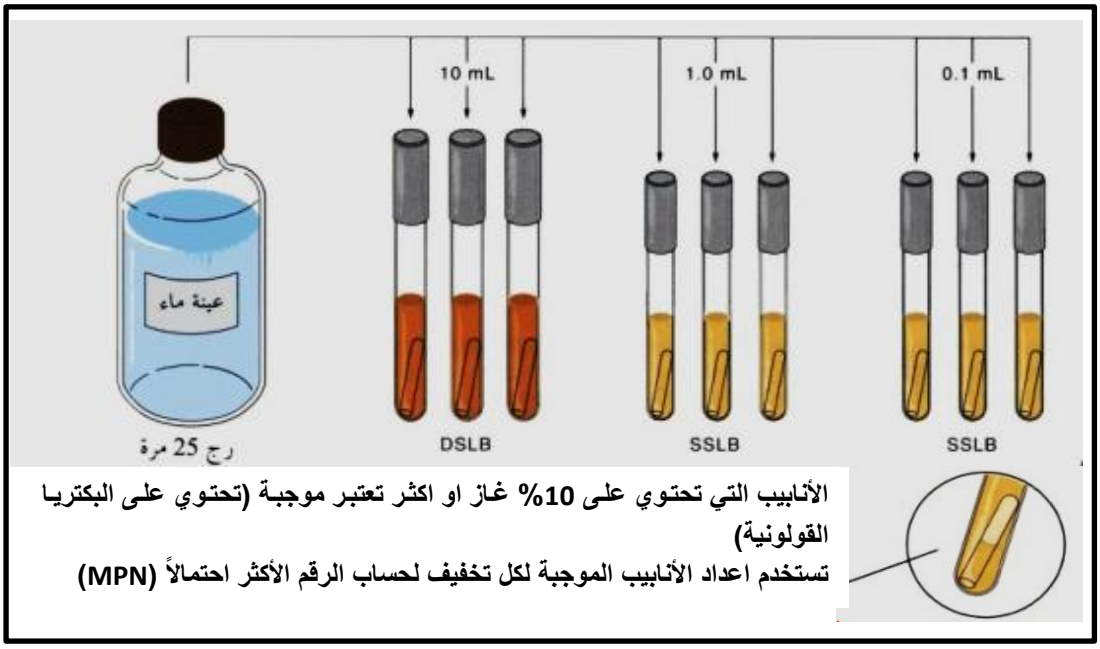
يسمح اختبار العدد الأكثر احتمالاً للباحثين بتأكيد وجود البكتيريا القولونية في عينة معينة وتقدير عددها ويتكون هذا الاختبار من ثلاث خطوات:

- اختبار افتراضي أو احتمالي **Presumptive test**
- واختبار مؤكد **confirmation test**
- واختبار كامل **Completed test**

ففي الاختبار الافتراضي (الشكل 19–**a5**)، يضاف وسط غذائي سائل (مرق) يعرف باسم **(L.s.t.L) Lauryl sulfate try to see a lactose.** لمجموعة من أنابيب الاختبار تحتوي على تخفيفات مختلفة من الماء الذي سيتم اختباره. ويتم عادة إعداد ثلاثة إلى خمسة أنابيب اختبار لكل تخفيف. وتُحضّن أنابيب الاختبار هذه عند درجة حرارة 35م لمدة 24 – 48 ساعة، ثم تفحص للبحث عن البكتيريا القولونية، التي يستدل على وجودها عن طريق إنتاج غاز وحامض. وبمجرد تحديد الأنابيب التي تحتوي على هذه البكتيريا وتسجيلها ممكناً يصبح تقدير العدد الإجمالي للبكتيريا القولونية في العينة الأصلية باستخدام جدول العدد الأكثر احتمالاً **(MPN)** الذي يعطى عدد البكتيريا القولونية في حجم 100مل.

a) الأختبار الأفتراضي

تنقل الأحجام المحدد من العينة الى كل أنبوب ثم تحضن لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 35م°



الأنابيب التي تحتوي على 10% غاز او اكثر تعتبر موجبة (تحتوي على البكتريا القولونية)
تستخدم اعداد الأنابيب الموجبة لكل تخفيف لحساب الرقم الأكثر احتمالاً (MPN)

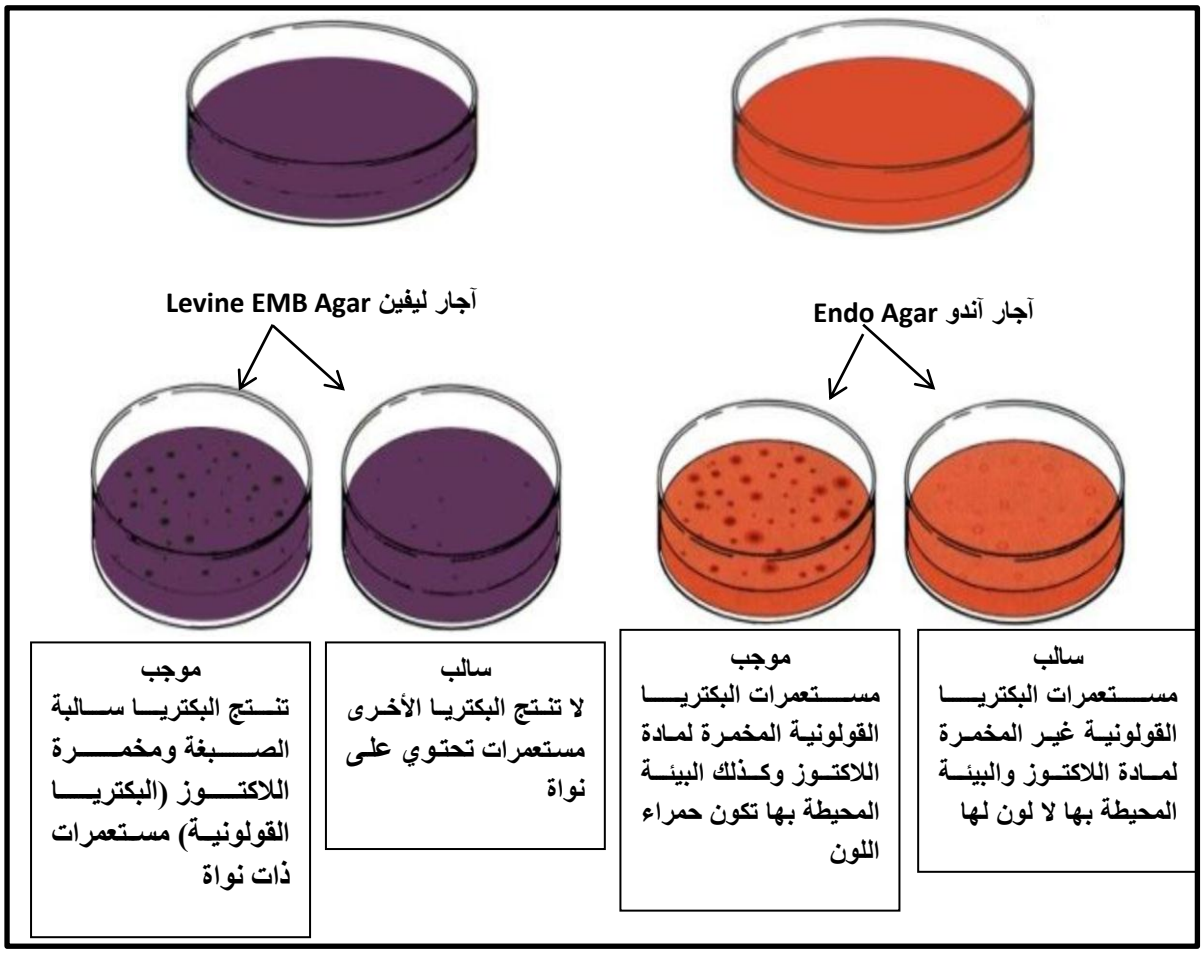
الاختبار الافتراضي تنقل الأحجام المحددة من العينة إلى كل أنبوب، ثم تحضن لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 35°م الأنابيب التي تحتوي على 10% غاز أو أكثر تعتبر موجبة تحتوي على البكتيريا القولونية، تستخدم أعداد الأنابيب الموجبة لكل تخفيف الحساب الرقم الأكثر احتمالاً **(MPN)**.

اختبار التأكيد (confirmation test) كما هو مبين في الشكل (5-19)، يتم التحقق من وجود البكتيريا القولونية عن طريق تلقيح أنواع آجار خاصة مثل آجار إندو **Levine's Eosin Methylene Blue (EMB)** أو آجار **Endo agar** بإضافة قليل من المزرعة بالأنابيب التي تحتوي على البكتيريا القولونية.

ويستدل على وجود البكتيريا المخمرة لمادة اللاكتوز (**Lactose - Fermenting bacteria)** في البيئات عن طريق إنتاج مستعمرات خضراء لامعة أو مستعمرات ذات مركز غامق. ويجرى في بعض الحالات اختبار كامل غير مبين في الشكل (19-5 يتم فيه تحضين مستعمرات من الآجار مرة ثانية في البيئة الغذائية السائلة من أجل استعراض تكون حمض و غاز.

b) اختبار التأكيد

يتم اختيار إحدى من الأنابيب الموجبة، كما يتبين من وجود غاز محجوز في الأنبوب الداخلي ويستخدم لتلقيح طبق محتوى على آجار **Levine** وأجار **EMB** واجار **Endo**. يتم تحضين الأطباق مدة 24 ساعة عند درجة حرارة 35°م وتراقب الرصد مستعمرات نموذجية للبكتيريا القولونية. شكل (519) خطوات القيام باختبار العدد الأكثر احتمالاً (**MPN**) للبكتيريا القولونية في عينات مياه:



أختبار المرشح الغشائي

يسمح اختبار المرشح الغشائي (**MF**) أيضاً للأخصائيين تأكيد وجود البكتيريا القولونية وتقدير عددها في عينة معينة، لكنها أسهل في القيام بذلك مقارنة باختبار العدد الأكثر احتمالاً (**MPN**) لأنها تتطلب عدداً أقل من أنابيب الاختبار وخطوات العمل (انظر الشكل 19–6).

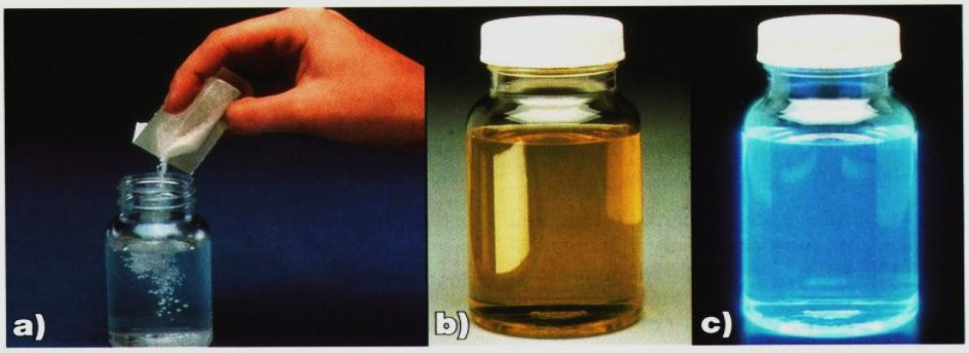
وفى هذه الطريقة يمرر مقداراً مقاساً من الماء (عادة 100 مل في حالة مياه الشرب خلال غشاء ترشيح حجم مسامه 0.45 ميكرومتر يقوم بحجز البكتيريا فوق السطح. يتم بعدها وضع هذا الغشاء فوق وسادة رقيقة ماصة تم تشبيعها بمادة محددة معدة لتسمح بنمو وتمايز الكائنات المستهدفة. فمثلاً إذا ما كان العدد الكلى للبكتيريا القولونية هو المستهدف، تستخدم بيئة محورة من آجار **Endo**. وفي حالة البكتيريا القولونية يتم تحضين غشاء الترشيح عند درجة حرارة

35°م مدة 24 ساعة. ويعتمد نجاح الطريقة على استخدام بيئات تمييزية فعالة أو انتقائية يمكنها تسهيل التعرف على المستعمرات البكتيرية التي تنمو فوق سطح غشاء الترشيح (أنظر الشكل 86–19). ولتحديد أعداد البكتيريا القولونية في عينة مياه معينة، يتم إحصاء المستعمرات ذات اللون الأخضر اللامع.

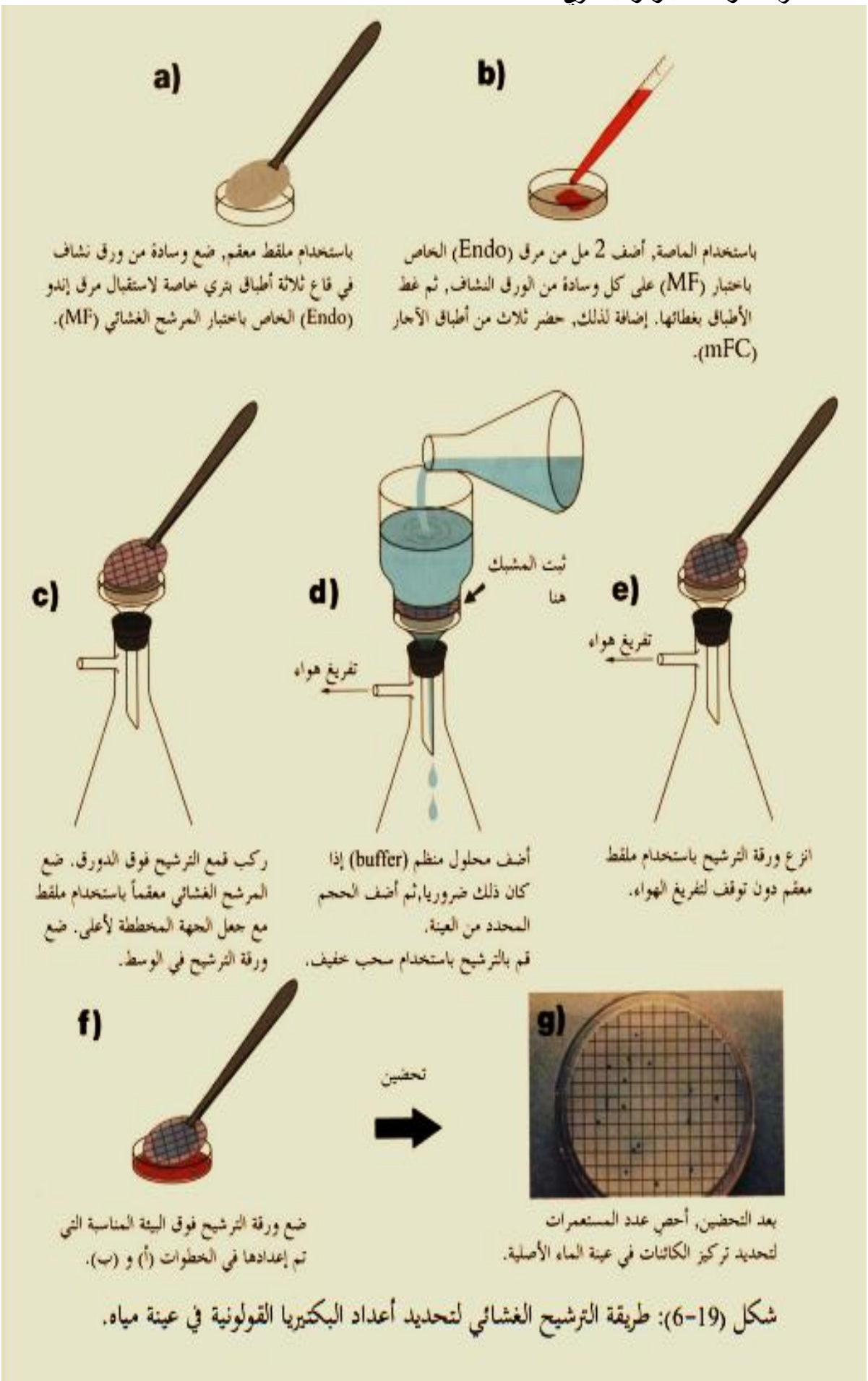
اختبار وجود أو عدم وجود البكتيريا القولونية

إن اختبارات وجود أو عدم وجود كائن معين ليست اختبارات كمية، بل إنها تجيب على سؤال بسيط يتمثل فيما إذا كان الكائن المستهدف موجوداً في عينة معينة أم لا. ويستخدم في هذا الاختبار أنبوب واحد يحتوي مرق **Lauryl sulfate tryptose lactose** مثلما يتم في اختبار العدد الأكثر احتمالاً **(MPN)** ، ولكن دون تخفيفات. وفي السنوات الأخيرة، تم تطوير اختبار أنزيمي يسمح باكتشاف البكتيريا القولونية الكلية وبكتيريا **E.coli** معاً في المياه والمياه العادمة في ذات الوقت. ويمكن أن تكون هذه الاختبارات إما اختبار وجود – عدم وجود **(P-A)** أو اختبار العدد الأكثر احتمالاً **(MPA)**. إن أحد الاختبارات شائعة الاستخدام هو اختبار **Colilert**، الذي يسمى أيضاً اختبار **ONPG-MUG** التي تعني:

O-nitrophenyl-B-D-galactopyranoside 4-methylumbelliferyl -ß-D-) glucronide) ويجري الاختبار عن طريق إضافة العينة لأنبوب واحد من أنابيب اختبار وجود – عدم وجود **(P-A test)** أو أنابيب اختبار **(MPN)** التي تحتوي على مواد في صورة مساحيق تشمل أملاحاً ومواداً تعمل كركائز غذائية لإنزيمات معينة وتمثل مصدراً وحيداً للكربون الذي تحتاجه الكائنات أنظر الشكل (197–17). إن ركيزة الأنزيم المستخدم لكشف إجمالي البكتيريا القولونية هي **ONPG**، أما التي تستخدم لكشف البكتريا **E.coli** فهي **MUG**. وبعد مضى 24 ساعة من التحضين يتحول لون العينات الموجبة لإجمالي البكتيريا القولونية إلى الأصفر (شكل (719ب) بينما تومض العينات التي تحتوي على **E.coli** تحت الأشعة فوق البنفسجية طويلة الموجة (19 –7ج).



شكل (19–7) الكشف عن البكتيريا الدالة باستخدام الكاشف Colilert. (أ) إضافة الأملاح والركيزة الغذائية للأنزيم لعينة الماء؛ (ب) يشير اللون الأصفر لوجود البكتيريا القولونية؛ (ج) وميض تحت الضوء فوق البنفسجي طويل الموجة يشير لوجود بكتريا E.coli.



شكل (19-6): طريقة الترشيح الغشائي لتحديد أعداد البكتيريا القولونية في عينة مياه.

على الرغم من أن مجمل مجموعة البكتيريا القولونية قد استخدم كمؤشر رئيسي لتلوث المياه لسنوات كثيرة، إلا أن الكثير من الكائنات في هذه المجموعة غير مقتصر على المصادر البرازية، لذلك فإن طرقاً قد تم تطويرها ليقتصر العد فقط على تلك البكتريا القولونية التي تكون من مصدر برازي بشكل واضح – أي البكتيريا القولونية البرازية (**Fecal coliforms**)، (انظر الشكل 19–3ب. إن هذه الكائنات التي تضم الجنسين **Escherichia lebsiella** يتم تمييزها في المعمل بقدرتهما على تخمير اللاكتوز مع إنتاج حمض وغاز عند درجة حرارة 44.5 م خلال 24 ساعة. وعموماً، فإن هذا الاختبار يشير إلى وجود بكتيريا قولونية ، لكنه لا يفرق بين التلوث البشرى والحيواني.

وعلى الرغم من أن البكتيريا القولونية والبكتيريا القولونية البرازية استخدمتا بنجاح لتقييم الجودة الصحية لمياه الشرب، إلا أنها لم تكن تعمل كمؤشرات مفيدة لوجود الفيروسات والبرتوزوا المعوية. وبينما تم تقريباً القضاء على الأوبئة البكتيرية الناشئة عن المياه في الولايات المتحدة الأمريكية، إلا أنه سجل حديثاً نوعاً ما، مرض ناشئ عن مياه لم يعثر فيها على البكتيريا القولونية. ومن الحقائق المعروفة أن الكائنات الممرضة الفيروسية والبروتوزوا المعوية أكثر مقاومة لفقد نشاطها بمبيدات الجراثيم والترشيح مقارنة بالبكتيريا البرازية الدالة. ولهذا السبب تم اختبار والبحث عن مؤشرات أخرى ممكنة. ويشمل ذلك ما ملتهمات البكتيريا **bacteriophages** (أي فيروسات بكتيرية) للبكتيريا القولونية (تعرف **coliphages**) يسمي **Streptococcus** أو **enterococci** أو **Clostridium perfringens** البرازية. إن المعيار لاختبار كائن يستخدم كدليل مثالي موضحة بالجدول (19– 4). إن أي من هذه الكائنات الكاشفة الممكنة لم يتم حتى الآن إثبات مثاليتها.

جدول (19–4) معايير كائن يمكن استخدامه ككاشف مثالي.

- يجب أن يكون الكائن صالحاً أو ملائماً الجميع أنواع المياه
- يجب أن يكون الكائن موجوداً عندما توجد كائنات ممرضة معوية
- يجب أن يكون للكائن قدرة مقاومة على الحياة لفترة أطول مقارنة بأقدر كائن معوي ممرض
- يجب ألا ينمو أو يتكاثر الكائن في الماء
- يجب أن تكون طريقة الاختبار سهلة التطبيق
- يجب أن يكون لكثافة الكائن الدليل علاقة مباشرة بمستوى التلوث البرازي

9 البروتوزوا

1.9 الجيارديا **(Giardia)**

كان العالم أنتون فان ليفنهوك (1632–1723، **Anton van Leeuwenhoek**) مخترع الميكروسكوب هو الشخص الأول الذى تعرف على الجيارديا البروتوزوية عام 1681. من ناحية أخرى فإن **Giardia lamblia** الكائن الدقيق النوعي والمسؤول عن داء الجيارديات **(giardiasis)** لم يكن معروفاً في الولايات المتحدة حتى عام 1965، عندما أبلغ عن أول حالة لهذا المرض في مدينة أسين بولاية كولورادو. ويعتبر داء الجيارديات خطيراً بشكل خاص إذ تشمل أعراضه الحادة غازات بالمعدة وانتفاخ البطن وإسهال مائي كريه، إضافة للتقيؤ وفقد للوزن وتستمر هذه الأعراض عند معظم الناس من أسبوع واحد إلى أربعة أسابيع، لكنها تعرف أيضاً باستمرارها فترة قصيرة لا تزيد على ثلاثة أو أربعة أيام أو لمدة طويلة قد تصل بضعة أشهر وتتفاوت فترة الحضانة للكائن المسبب لهذا المرض ما بين واحد إلى ثلاثة أسابيع.

يوجد الكائن **Giardia Lamblia** في البيئة – عادة المياه – على شكل حويصلة **(cyst)**، تستطيع الحياة في مياه شديدة البرودة لعدة أشهر كما أنها تتميز بدرجة عالية من المقاومة للتعقيم بالكلور. وعندما يتم ابتلاعها يستطيع هذا الكائن أن يدخل طوره معدياً إن نصف إجمالي تفشى الأمراض التي يكون مصدرها المياه في نظم توزيعها بالمناطق السكنية يعود للكائن **Giardia lamblia** مما يجعله الكائن الممرض المعروف الأكثر انتشاراً في الولايات المتحدة إضافة لذلك فإن عدد الحالات الموثقة من المحتمل أن تمثل فقط جزءاً من الرقم الفعلي من الإصابات.

حدث تفشى لداء الجيارديات في أنحاء الولايات المتحدة، لكن انتشاره كان أكثر شيوعاً في المناطق الجبلية في جبال الروكي والولايات الشمالية الغربية الباسيفيكية، حيث يتوقع عادة توفر مياه عالية الجودة. وقد كان يعتقد خطأ أن هذه المناطق خالية من التلوث بمياه الصرف الصحي والميكروبي. وتميل المجتمعات في هذه المناطق لاستخدام محطات معالجة صغيرة غير متكاملة. إن معظم حوادث تفشي هذا الداء كان نتيجة لاستهلاك أو الاحتكاك بمياه سطحية تكون إما غير معالجة كلية أو تمت معاملتها فقط بالكلور. وفي الحقيقة، فإن تفشي هذا الداء عن طريق أحواض السباحة التي يستخدمها أطفال صغار السن قد تم توثيقها أيضاً. ونظراً لأن بعض التجمعات السكانية تستخدم الكلورة كوسيلة وحيدة المعاملة المياه السطحية، فقد يصبحون عرضة لتفشى داء الجيارديات الذي يعتبر مقاوماً للكلورة. وعلى سبيل المثال فإن واحدة من حالات التفشي كانت في مدينة روما بولاية نيويورك عام 1941 نتج عنها 4800

حالة مرضية. كما سجل أيضاً تفشى لهذا المرض في شهر أغسطس 1983 في مدينة ريد لودج بولاية مونتانا حيث تعرض للعدوى به نحو 780 شخصاً.

حدد البُحاث ثلاثة عوامل تسهم بدرجة كبيرة في التعرض للجيارديا وهي:

1. شرب مياه غير معالجة.
2. ملامسة مياه سطحية ملوثة.
3. وترك الأطفال في دور الرعاية اليومية.

وتشير الإحصائيات الحالية أن 60% من حالات العدوى بالجيارديا بالولايات المتحدة تأتى عن طريق شرب مياه أو ملامسة مياه سطحية من ناحية أخرى، فإن أصل الجيارديا الذي يوجد بالمياه في معظم حالات تفشى المرض تظل غير معروفة. وقد خلصت إحدى الدراسات الحديثة أنه خلافاً للنظريات السابقة، فإن حويصلات الجيارديا ربما توجد باستمرار بتراكيز منخفضة، حتى في مستجمعات المياه المعزولة والنقية. إضافة لذلك فإن الحيوانات البرية قد تم اعتبارها سبباً في تفشى داء الجيارديات، فمثلاً يلام حيوان القندس على أنه المصدر الذي نقل هذا المرض أصلاً للإنسان. وقد أظهرت دراسة أخرى، أنه على الرغم من أن تفشى داء الجيارديات يحدث غالباً في نظم المياه السطحية، إلا أن حويصلات الجيارديا قد توجد أيضاً في موارد المياه الجوفية، لكن محصلة مؤكدة لم يتم التوصل إليها بعد. فمثلاً، تتعرض المياه الجوفية عادة للتلوث عن طريق المياه السطحية كالعيون والآبار. وفي حالات تفشى فيها هذا المرض في ولايتي واشنطن ونيوهامبشاير، وجد أن المخلفات البشرية والمخالفات الصحية لنظم التخلص من الصرف الصحي في بعض الأحيان هي التي أدت إلى نقل العدوى أولاً لحيوان القندس، بمعنى أن القندس قد اكتسب الكائن الممرض الجيادريا من البشر وعمل هذا الحيوان فقط كمستودع أو عائل لانتشار المرض.

ومهما كان المصدر الأصلي، فإننا نعرف ازدياد الحالات شبه الوبائية لهذا الداء تحدث في أشهر الصيف، وبشكل خاص بين زوار المناطق الترفيهية. وقد يعود ذلك إما الزيادة التلوث عند هذا الوقت أو أن المصدر يكون دائماً ملوثاً، وأن مدى اتساع تفشى المرض يتحدد بواسطة الأعداد الكبيرة من الأفراد الذين يستخدمون المصدر.

2.3.3.19 الكريبتوسبوريديوم **(Cryptosporidium)**

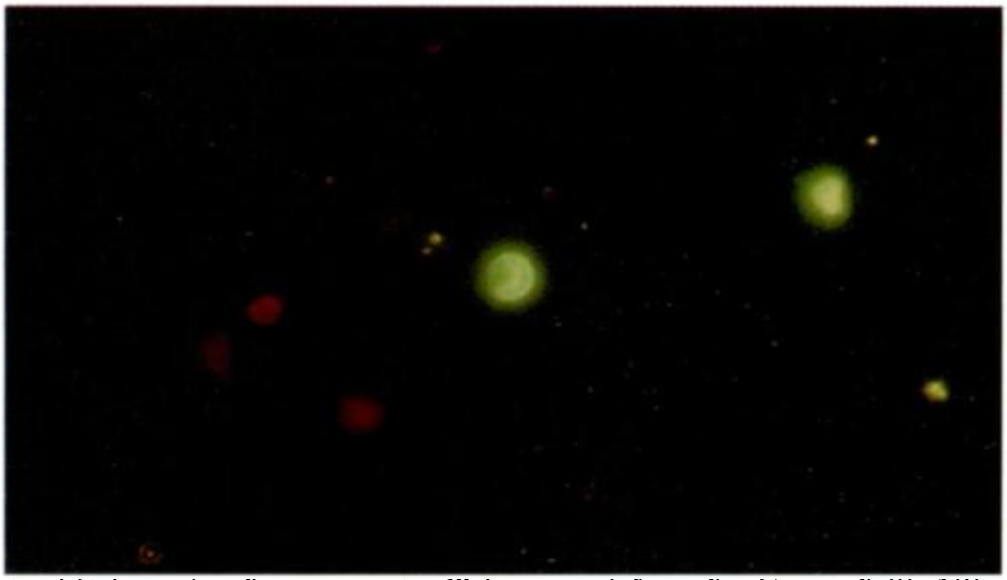
الكريبتوسبوريديوم هو حيوان أولى معوي وصف أول مرة في عام 1907، وقد عرف كمسبب المرض معوي في الإنسان ونقل بواسطة الماء منذ عام 1980. وخلال خمس سنوات من اكتشافه ككائن ممرض للإنسان، ثم وصف أول حادثة وباء للمرض مرتبطة بالكريبتوسبوريديوم في الولايات المتحدة. ومنذ ذلك الوقت، تم التبليغ عن الكثير من الحالات الوبائية بهذا المرض. كما أكدت عدة دراسات أن **Cryptosporidium parvum** واسع الانتشار في المياه

السطحية بالولايات المتحدة. إضافة لذلك، فإن هذا النوع مسؤول عن العدوى لكل من البشر والحيوانات الأليفة، فمثلاً يصيب هذا النوع الأبقار، التي تعمل بدورها كمصدر رئيسي لهذا الكائن الممرض بالمياه السطحية.

إن تفشى عدوى الكريبتوسبوريديوم تعود أساساً لطبيعة دورة حياته، إذ ينتج هذا الكائن حويصلات بيضية مقاومة للظروف البيئية يطلقها مع براز الأفراد المصابين. ويتراوح قطر الحويصلات البيضية الكروية الشكل للكائن كريبتوسبوريديوم بارفوم **Cryptosporidium parvum** من 3–6 ميكرومتر، وبعد بلع الطعام تبدأ الحويصلات البيضية في الانفجار **(excystation)** محررة أبواغ متحركة **(sporozoites)**، التي تسبب عدوى للغشاء الخلوي داخل الخلايا الإيبيثيلية **(epithelialcells)** للقناة المعدية المعوية وبمجرد وصولها للقناة المعدية المعوية، يسبب الكريبتوسبورديوم في الإنسان داء **(Cryptosporidiosis)** الذي يتميز بإسهال مائي حاد، يقود إلى فقد للسوائل بمتوسط ثلاثة لترات أو أكثر يومياً. وقد تشمل الأعراض الأخرى المرض **Cryptosporidiosis** آلاما في المعدة وغثيان وتقيؤ وحمى. إن هذه الأعراض التي تبدأ في الظهور عادة خلال ثلاثة إلى ستة أيام بعد التعرض للعدوى، يمكن أن تصبح حادة بدرجة كافية تؤدي للوفاة. أشارت دراسات أن الحويصلات البيضية الكريبتوسبوريديوم توجد في 55 إلى 87% من المياه السطحية بالعالم. وبذلك فإن الحويصلات البيضية للكريبتوسبوريديوم تكون عموماً أكثر انتشاراً في المياه السطحية من حويصلات **(Cysts)** الجيارديا . لكن، ومثل حويصلات الجيارديا فإن حويصلاتها البيضية تكون مقاومة جداً للظروف المناخية، خاصة درجات الحرارة المنخفضة، وقد تعيش لأسابيع كثيرة. وتكون المستويات أقل ما يمكن في المياه المحتفظة بنقاوتها ومستجمعات المياه المحمية حيث يكون النشاط البشرى عند حده الأدنى وتكون الحيوانات الأليفة نادرة.

إن حدوث تفشى للكريبتوسبوريديوم بمياه الشرب المعاملة بالطرق الاعتيادية يشير إلى أن الكائن مقاوم بدرجة غير عادية للإزالة بواسطة هذه العملية. وحتى الآن، ثبت أن الحويصلات البيضية الكريبتوسبوريديوم هي الأكثر مقاومة من بين الممرضات المعوية لتثبيط نشاطها بواسطة مطهرات المياه الشائعة. إن تراكيز الكلور المستخدمة عادة في معاملة مياه الشرب (21 مجم / لتر) غير كافية لقتل هذا الكائن. ونتيجة لذلك، فإن ترشيح الماء هي الخطوة الأساسية المستخدمة لحماية موارد المياه من التلوث بهذا الكائن لكنه وفى دراسة أجريت بالولايات المتحدة عثر على الحويصلات البيضية للكريبتوسبوريديوم في 27 من موارد مياه الشرب التي تم ترشيحها. إضافة لذلك فإن التفشي المتكرر والواسع لهذا المرض المرتبط بالمياه في كل من الولايات المتحدة وأوروبا يؤكد حقيقة أن المعالجات التقليدية لمياه الشرب والتي تشمل الترشيح والتطهير قد لا تكون كافية لمنع تفشى المرض عندما توجد تراكيز عالية من

هذا الكائن في المياه السطحية. وعلى سبيل المثال، شملت حادثة وباء واحدة في كارولين، بولاية جورجيا بالولايات المتحدة مرض 13 ألف شخص – وهو ما يعادل الخمس سكان المقاطعة. وفي هذه الحالة، عثر على الحويصلات البيضية في مياه الشرب والمجرى المائي الذي تسحب منه المحطة التقليدية لمعالجة مياه الشرب وهناك تفشي آخر للكريبتوسبوريديوم، حدث في مالواكي بولاية ويسكانسن والذي يعتبر أكبر حالة وباء لمرض مرتبط بالمياه تم توثيقة بالولايات المتحدة (انظر حالة للدراسة مرض **Cryptosporidiosis** في مدينة ملواكي). وفي حالات أخرى انتقلت عدوى الكريبتوسبوريديوم عن طريق الملامسة مع، أو السباحة في مياه ملوثة. ويظل هناك الكثير الذى يجب معرفته حول قدرة هذا الكائن على الحياة، والتواجد ومدى قدرة عمليات معالجة المياه على إزالته. وكما هو الحال مع الكائنات المعوية الأخرى، فإنه يلزم فقط بلع أعداد قليلة من حويصلات الجيارديا والحويصلات البيضية للكريبتوسبورديوم لتسبب عدوى، لذلك فإن عينات بأحجام كبيرة من المياه يتم جمعها (100 إلى 1000 لتر) لإجراء التحاليل عليها. ويتم حجز الكائنات على مرشحات ذات مسام أصغر من قطر الحويصلات **(cysts)** و الحويصلات البيضية **oocysts**. وبعد استخلاصها من المرشح يمكن تركيزها والكشف عنها باستخدام المجهر. وتستخدم أجسام مضادة حاملة **(tagged)** لمادة تصدر وميضاً يساعد على التعرف على الكائنات (انظر الشكل (819).



شكل (19–8) الحويصلات البيضية **(oocysts)** للكريبتوسبوريديوم (لون اخضر) تشاهد تحت ضوء فوق بنفسجي بعد صباغتها بمضادات حيوية وميضة مناعية (التكبير 800 مرة).

حالة للدراسة مرض **Cryptosporidiosis** في ملواكي

في بداية ربيع عام 1993 غمرت أمطار غزيرة السهول الزراعية الخصبة بولاية ويسكانسن، وقد أنتجت هذه الأمطار جرياناً سطحياً غير معتاد وصل أحمد الأنهار التي تصرف مياهها في بحيرة ميشحان التي تزود مدينة ملواكي بمياه الشرب. وقد بدا أن محطة المدينة لمعالجة

المياه قادرة على التعامل مع زيادة الحمل: فهي لم تفشل من قبل، وأن جميع معايير جودة المياه والخاصة تحديداً بمياه الشرب تم استيفاؤها. ومع ذلك، وبحلول الأول من شهر أبريل أصيب الآلاف من سكان مدينة ملواكي بإسهال مائي حاد، مصحوب غالباً بآلام في المعدة، وغثيان وقيء وحمى وفى فترة زمنية قصيرة، أصيب أكثر 400 ألف شخص بمرض معوي (**gastroenteritis**) وأن أكثر من 100 شخص هم غالباً من المسنين وأفراداً غير معافين قد ماتوا في نهاية المطاف، على الرغم من بذل أفضل الجهود من الرعاية الطبية الحديثة وأخيراً، وبعد إجراء الكثير من الاختبارات ، اكتشف أن الحويصلات البيضية للكريبتوسبوريديوم كانت موجودة في مياه الشرب بعد المعالجة. إن هذه الحقائق أشارت إلى أن مورد المياه هو المصدر الأكثر احتمالاً للعدوى؛ وفي مساء يوم 7 أبريل، أصدرت المدينة بلاغاً مستعجلاً لسكان المدينة بغلي مياههم. وقد أدى هذا الإجراء بإنهاء تفشي هذا المرض بفعالية. ويعتقد أن التكاليف المباشرة وفقد الأرواح قد فاقت (150) مليون دولاراً. إن حادثة مدينة ملواكي كانت تمثل الحالة الأكبر تفشياً لمرض ينتقل بواسطة الماء ثم توثيقة بالولايات المتحدة الأمريكية. ولكن ما الذي حدث؟ كيف يمكن أن يحدث تفشياً المرض على نطاق واسع في مدينة حديثة بالولايات المتحدة الأمريكية في التسعينيات من لقرن الماضي؟ وكيف يمكن أن يحدث هذا العدد الكبير من الوفيات؟ ويبدو أن التراكيز العالية من المواد العالقة والحويصلات البيضية (**oocysts**) في المياه قبل معالجتها أدت إلى فشل عملية معالجة المياه – وهو الفشل الذي أدى إلى مرور حويصلات الكريبتوسبوريديوم مباشرة خلال نظام الترشيح في واحدة من محطات المدينة لمعالجة المياه، مما أدى إلى إصابة شريحة كبيرة من السكان ومن بين عموم السكان كان هناك الكثير ممن لم تتحمل أنظمتهم المناعية المرض. وفى حالة الأفراد من ذوى المناعة الجيدة، يعتبر **Cryptosporidiosis** مرضاً محدوداً؛ صحيح أنه غير مريح ولكنه ينتهي بعد فترة وجيزة من ناحية أخرى، فإن مرض **Cryptosporidiosis**، بالنسبة للأفراد من ذوى المناعة الضعيفة يمكن أن يكون قاسياً ومميتاً.

مسائل وأسئلة

1. ما هي الكائنات الممرضة ؟ ما هو الكائن المعوي الممرض؟
2. ما هو الفرق بين كائن ممرض منقول بالماء (**Water borne**) وآخر منشأ الماء (**Water based**)؟
3. أي مجموعة من الكائنات الممرضة المعوية يعيش لفترة أطول في البيئة، ولماذا؟
4. صف بعض الطرق التي يمكن استخدامها للكشف عن البكتيريا الدليلية في الماء؟
5. ما هي بعض المواصفات القياسية الخاصة بالبكتريا الدليلية؟

6. تعتبر البروتوزوا المتطفلة السبب الرئيسي في تفشى الأمراض المنقولة بالماء بالولايات المتحدة الأمريكية عندما يكون ممكناً التعرف على الناقل. لماذا؟
7. ما هي بعض العوامل التي تتحكم في حياة الكائنات المعوية الممرضة في البيئة؟
8. لماذا تظل الأمراض المنقولة بالماء مشكلة في الولايات المتحدة الأمريكية؟
9. ما هي بعض البيئات التي يمكن للبكتيريا **Legionella** التكاثر فيها بأعداد عالية؟
10. ما هي العوامل التي تحدد تركيز الكائنات المعوية الممرضة في الصرف الصحي؟
11. بواسطة أي من المسارات الأخرى، إضافة لمياه الشرب، يمكن أن تنقل الكائنات المعوية الممرضة.