

حكايات علمية

٢٨

## الإنسان والبيئة

التلوث يدمر الإنسان والحيوان والنبات

دكتور مهندس / سمير محمود والى



دارالمعارف

الناشر: دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة: ج. م. ع

---

إعداد الماكيت: أماني والى

## أمراض العصر

ارتفعت درجة حرارة محمد، وزادت الآلام في كل أجزاء جسمه: في رأسه وفي مفاصله وفي ظهره، وأخذ يئن ويتوجع من آلام صدره ومن شدة السعال وكذا كثرة الإفرازات من أنفه، وقف والده ووالدته وكذا أخته أمانى التي لم تبلغ بعد السادسة عشرة من عمرها، حوله وهم يتألمون لألمه، ويسعفونه بالأدوية المختلفة من أقراص وشراب واستنشاق وخلافه، عسى أن يخفف ذلك من مرضه.

وقال أبوه: إن أشد ما يؤلمنى أن محمداً على وشك التقدم لامتحان الثانوية العامة خلال عشرة أيام، وأخشى أن يطول مرضه فلا يتمكن من مراجعة واستذكار دروسه المراجعة النهائية قبل الامتحان، ويكون ذلك سبباً في عدم حصوله على مجموعٍ عالٍ يؤهله لدخول كلية الطب، التي يتوقف للالتحاق بها.

قاطعته الأم قائلة: هذا كل ما يعينك.. الامتحان والمجموع وكلية الطب! وماذا عن صحة ابنا التي هي أهم من كل امتحان وكل كلية!؟

قال أمانى مهدئة من روع أمها: أعتقد أن مرض أخى محمد مجرد أنفلونزا عادية، سيعانى منها بضعة أيام ثم تزول.

قالت الأم محتدة: إنك لست طبيبة حتى تقومى بتشخيص الأمراض، ثم إن الطبيب الذي عاده منذ يومين وصف له أدوية كثيرة، ولكنها كلها لم تأت بآثر طيب حتى في إزالة آلامه ودرجه حرارته، لابد من طبيب أستاذٍ متخصص في الأمراض الصدرية ليقرر فوراً ماذا نفعل؟

ساد الوجوم برهة على وجوه الأسرة الصغيرة ولكن الأب اندفع فجأة إلى الهاتف وحادث أستاذ كبيراً في كلية الطب متخصصاً في الأمراض الصدرية، كان زميله من أيام المدرسة، ورجاه بحرارة سرعة الحضور لحسم هذا الأمر.

لم تمض على هذه المحادثة التليفونية أكثر من نصف ساعة، حتى رن جرس الباب فأسرع الجميع لاستقبال الأستاذ الدكتور عبد الشافى الذى دخل في عجلة على حجرة محمد وعلامات الجدية والاهتمام تبدو واضحة على وجهه، وبعد حوالي نصف الساعة خرج الدكتور عبد الشافى من حجرة محمد وهو يبتسم فبادره الأب قائلاً: خيرًا يا دكتور هل حالة ابن خطيرة؟

أجاب الدكتور: أبدأ.. على الإطلاق.

قالت الأم: إذن ماذا أصابه!؟

قال الدكتور: إنها نوبة حساسية مفرطة في الجهاز التنفسى وفي الجسم.

قالت أماني: وما السبب في ذلك!؟

أجاب الدكتور: التلوث.. صاح الجميع: تلوث ماذا؟

رد للدكتور، دعوني أولاً أستريح على كرسى وأعدوا لي كوباً من الشاي وسأشرح لكم كل شيء، جلس الدكتور على الكرسى وشرع يكتب "الروشته" بينما ذهبت الأم وابنتها أماني لإعداد كوب من الشاي للدكتور، وما أن أعدت الأم الشاي للدكتور حتى قال موجهاً حديثه إلى أماني: لماذا لا تذهبين إلى أقرب صيدلية لصرف هذه الأدوية المدونة "بالروشته" ريثما أتناول كوب الشاي!؟ وما هي إلا فترة وجيزة حتى ذهبت أماني للصيدلية وأحضرت الأدوية.

وبدأ الدكتور في إعطائها لمحمد الذي أحس براحة فورية، وتحسن كبير في صحته.

دهشت الأسرة لهذا التحسن الفوري والسريع لآلام محمد، وقالت الأم: هذا طب أقرب إلى السحر. أرجوك يا دكتور أن تعطينا قليلاً من وقتك الثمين لتشرح لنا هذا الأمر بوضوح.

قال الدكتور: لا بأس.. ولا سيما أن محمداً قد عافاه الله الآن وقام من سريره وانضم إلينا ليستمع إلى الحديث.

بدأ الدكتور عبد الشافي حديثه قائلاً: مع بداية الألفية الثالثة وفي مستهل القرن الحادي والعشرين بلغ تعداد سكان الكرة الأرضية ستة مليارات نسمة أي ستة آلاف مليون إنسان، سوف يعانون أشد المعاناة خلال هذا القرن من الأمراض والآلام بل وربما - لا قدر الله - الموت من واحدة قط من الأعمال الضارة التي صنعها الإنسان بنفسه لنفسه، إن الكوارث الطبيعية التي تفتك بالبشر كالزلازل والبراكين والفيضانات والأعاصير وخلافه أمور إلهية لا دخل للبشر فيها، وقد تكون الحروب حتمية من حتميات التطور البشرى.. ولكن ماذا عن تلوث البيئة؟ إنه إهمال بشري ندفع له ثمناً غالياً من صحتنا لقاء تقدمنا، تلوث في كل مكان: تلوث الهواء، تلوث الماء وأخيراً تلوث التربة. إنه في كل عام وبصفة منتظمة يتم إطلاق مواد مختلفة ومتنوعة من الملوثات إلى البيئة بكميات هائلة إلى الجو وإلى الماء وإلى التربة، وتختلف هذه المواد ابتداءً من المعادن الثقيلة المسبب لأمراض السرطان إلى الكيماويات العضوية إلى المركبات المشعة وأيضاً المبيدات الحشرية.

واستطرد الدكتور عبد الشافي قائلاً: لقد قرأت حديثاً تقريراً علمياً نشره "اتحاد الحياة البرية" بالولايات المتحدة الأمريكية يفيد أن هناك ١.٥ مليون طن من الكيماويات السامة تتطلق سنوياً إلى الهواء في الولايات المتحدة الأمريكية فلقط بالإضافة إلى حوالي ٧٠٠ ألف طن من هذه المواد السامة تكس على تربة الأرض، وأكثر من ٣٠٠ ألف طن تصب في المياه الجارية وكذا ما يزيد عن حوالي ١.٦ مليون طن من المواد الملوثة تذهب إلى مجاري الصرف الصحي،

كل ذلك في الولايات المتحدة الأمريكية فقط، أما في أوروبا الشرقية (سابقًا) فالوضع أسوأ بكثير حيث إنه خلال ٤٥ عامًا من التصنيع في مصانع ذات كفاءة بيئية منخفضة، وانعدام التحكم في المخلفات الخطرة، فإن البيئة قد أصبحت مخنوقة بالملوثات.

وعلى سبيل المثال فإن مياه الشرب في إحدى دول الكتلة الشرقية السابقة وهي تشيكوسلوفاكيا قد تلوثت بنسبة ٥٠% بالكيماويات الصناعية والزراعية.

قال الأب: أعتقد أن ذلك صحيح، فإنى قرأت منذ فترة تقريرًا نشرته وكالة حماية البيئة الأمريكية يفيد أن هناك أكثر من ١.٥ مليون طن من المواد الفعالة الضارة بالبيئة الموجودة في منتجات المبيدات الحشرية والمواد الحافظة للأخشاب والبويات وماد التشحيم وغيرها قد تم استخدامها خلال عام واحد فقط، ومعظم هذه المواد لا تتحلل بسهولة، لذا فإنها تترسب في البيئة لسنوات عديدة.

قال محمد: وماذا عن الدول العربية؟

أجاب الدكتور: للأسف فإنه لا توجد بيانات كاملة ودقيقة عن معدلات تسرب أو انبعاث المواد الملوثة للبيئة.

قالت أماني: ولكنك لم تذكر لنا يا دكتور هل هناك علاقة بين هذه المواد الملوثة للبيئة وبين الأمراض؟

أجاب الدكتور قائلاً: نعم يا فتاتي تم التعرف خلال القرن السابع عشر الميلادي على العلاقة بين الأمراض وبين تلوث الماء أو الهواء، فقد ثبت علميًا أن المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكاديوم يمكن أن تتسبب في تدمير الكبد أو الكلى، كما ثبت أيضًا أن المواد العطرية المتعددة الهيدروكربونات ومثيلتها من مركبات الكلورين العضوية مثل "الفنيل الثنائي المتعدد الكلورين" تعتبر كلها مواد مسببة لأمراض السرطان، وكذا تدهور الرئة، هنا صاح محمد: إذن أنت السبب يا أماني في تلوث جو المنزل، لأنك دائمةً وأبدًا تتشرين رذاذ المواد العطرية في جو المنزل.

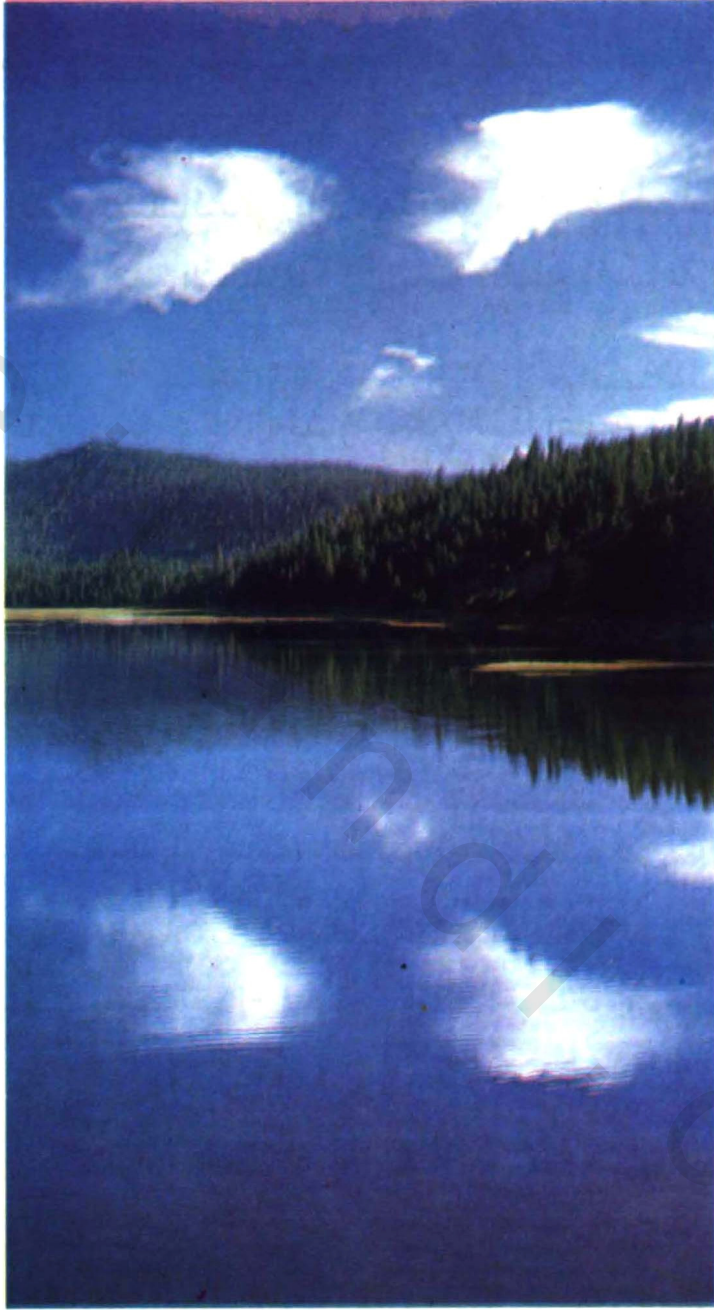
علق الدكتور عبد الشافي قائلاً: هل المواد العطرية التي تستخدمها أختك يا محمد بها مواد متعددة الهيدروكربونات؟

أجاب محمد: لست أدري.

قال الدكتور: إذن عليك التأكد قبل أن توجه الاتهام إلى أحد.

قالت الأم: ما الحل إذن يا دكتور!؟

أجاب الدكتور في ثقة: الآن يواجه علماء البيئة تحديًا حاسمًا وهو الاكتشاف المبكر للأخطار التي تهدد الصحة العامة عن طريق اكتشاف المواقع الملوثة للبيئة ومحاصرتها وتطهيرها وتنظيفها تمامًا، بالإضافة إلى المحافظة على البيئة الطبيعية والمحافظة على النباتات البرية، حيث إن البيئة الطبيعية النظيفة أمر هام للحفاظ على التنوع الطبيعي للنبات، وعلى أنواع الحيوانات المختلفة من الانقراض (شكل ١).



(شكل ١) صورة لبيئة نظيفة .

سأل محمد: ولكن كيف نكتشف المواقع الملوثة سواء في الهواء أو في الماء أو في

التربة؟

أجاب الدكتور عبد الشافي قائلاً: هذا هو موضوع المحاضرة التي سوف ألقاها في نقابة الأطباء يوم الأربعاء القادم الساعة السادسة مساءً.

سألت أماني: وهل يمكننا الحضور ونحن لسنا أعضاء في النقابة؟

أجاب الدكتور عبد الشافي: بكل تأكيد فهي محاضرة عامة.

صاح الجميع: إذن ميعادنا معك يا دكتور يوم الأربعاء القادم في تمام السادسة.



## التحاليل الكيميائية والمراقبة البيولوجية

في يوم الأربعاء الموعد، وفي تمام الساعة السادسة بنقابة المهن الطبيعية، وبالقاعة الكبيرة حيث احتشد عدد كبير من الأطباء والمتخصصين ومن العامة بدأ الدكتور عبد الشافي محاضرتة عن التحاليل الكيميائية والمراقبة البيولوجية لتلوث البيئة قائلاً:

عادة ما تتم عملية مراقبة التلوث البيئي للمواقع المستديمة، ذات التلوث البيئي الدائم عن طريق عمل تحليل كيميائية معقدة، ومكلفة لعينات من الهواء والماء والترية، حيث يتم قياس تركيز المواد الملوثة للبيئة، مقدرة بالجزء من المليون جزء من العينة، فيقال مثلاً أن هذه العينة بها ١٠ أجزاء من المواد الملوثة في كل مليون جزء من العينة، ويتم ذلك بصفة روتينية عن طريق أجهزة معقدة، لرسم الطيف الذري الممتص وخلافه، ولكن الأمر قد يكون صعباً بل قد يصبح مستحيلاً بالنسبة للمصادر غير الدائمة للتلوث البيئي، بل وقد يصير الأمر كله رهين الصدفة البحتة.

وتزداد الأمور تعقيداً إذا علمنا أن "سمية" مركب تجارى معين، على سبيل المثال لا تساوى مجموع سميات مكوناته كما يبدو لأول وهلة حيث إن سموم بعض هذه المكونات قد تكون ناتجة عن عمليات كيميائية تمت في الماضي، كما أن هذه المكونات قد تتفاعل مع بعضها البعض كيميائياً أو بيولوجياً لتنتج مواد جديدة ذات سموم مختلفة (شكل ٢).



(شكل ٢) اختباراً وقياساً سُمية المواد في المَعْمَل .

ويسوء الأمر بصورة أشد في حالة وجود بعض الكيماويات ذات السموم الشديدة التي تكفي مرة واحدة منها بجرعة ضئيلة لإحداث ضرر مستديم.

والنجاح في تحديد نوع وكمية السموم في ملوث ما بدقة عالية ليس هو المعيار على الرغم من التكاليف العالية والتكنولوجيات المتقدمة في أسلوب تحديد نوع وكم السموم بل المعيار الأساسي والحاكم هو مدى تأثير هذا السم أو ذلك على مختلف أنواع البشر صغارًا كانوا أو كبارًا ذكورًا كانوا أو إناثًا على المدى القصير أو على المدى الطويل.

من ذلك كله نستنتج أن التحليل الكيميائي فقط لا يمكنها تقييم النتائج البيولوجية على البشر مباشرة، أو حتى بطريقة غير مباشرة كتلك الملوثات على النباتات والحيوانات التي في النهاية يأكلها الإنسان.

وقد تكون التجارب المعملية على حيوانات الاختبار مفيدة في معرفة معظم التأثيرات البيولوجية لبعض الكيماويات وآثارها، ولكن على الرغم من المساهمة الفعالة هذه التجارب في فهم التأثيرات البيولوجية للكيماويات، إلا أنها لم توضح العلاقة المعقدة بين الكائن الحي وبين البيئة أو حتى تصف لنا بدقة مدى استجابة النوعيات المختلفة للبشر لمختلف أنواع الملوثات البيئية.

وهنا قام محمد مقاطعًا الحاضرة ليقول: الأمر إذن يا دكتور عبد الشافي معقد ومكلف وغير مضمون النتائج فما الحل حتى يمكن لإنسان القرن الحادي والعشرين أن يعيش في سلام بعيدًا عن الأورام وتدمير أعضاء جسمه عضوًا عضوًا نتيجة لتلوث الماء والهواء والتربة؟

هنا عم الوجوم على الحاضرين وتوجهوا بأنظارهم نحو الدكتور عبد الشافي يلتمسون منه طريق الحل، ولكن الدكتور عبد الشافي ابتسم كعادته وأخذ يكمل محاضرتة في ثقة قائلاً: لا تقلق يا محمد.. لا تقلقوا يا سادة.. الحل دائمًا موجود إذ تركنا الله وتذكرنا أن أسماءه الحسنی بها اسم "المانع" وبها اسم الشافي" نعم المانع الذي يمنع عنا كل ضرر، والشافي الذي يشفينا من الأمراض.

قال صوت أحد الحاضرين في الصفوف الخلفية: ولكن ما علاقة هذا بموضوعنا.

أجاب الدكتور عبد الشافي: لا تتسى يا زميلي أن الناس منذ خلق آدم اعتادوا مراقبة الحيوانات أو النباتات وتصرفاتها لمعرفة مدى تلوث البيئة وذلك قبل معرفة أو التوصل إلى وسائل التحليل الكيميائي أو البيولوجي بعدة قرون.

صاح محمد: مراقبة النباتات والحيوانات لمعرفة مدى تلوث البيئة؟

أجاب الدكتور عبد الشافي مؤكداً: نعم.. فقد ذكرت كل الكتب السماوية أن نوحاً عليه السلام قد فهم وقدّر هذه الوسائل الحيوية لمراقبة البيئة فقد أرسل نوح غراباً وبمأمة من سفينته ليحدد إذا ما كان الفيضان العظيم قد انحسر أم لا، كما أن عمال مناجم الفحم قد اعتادوا منذ قديم الزمان استخدام أقفاص بها طيور مثل طيور الكناريا" لاستخدامها كوسيلة إنذار مبكر لهم من خطر عديد من الغازات الخطرة التي تنطلق أثناء استخراج الفحم من مناجمه مثل غاز أول أكسيد الكربون حيث إن طيور "الكناريا" حساسة جداً لمثل هذه الغازات السامة، فإذا أصبحت هذه الطيور قلقة في أقفاصها أو نفقت فإن ذلك يعتبر إنذاراً للعمال بالخروج فوراً من المنجم (شكل ٣).



(شكل ٣) طيور «الكناريا» حساسة جداً للغازات السامة.

أما فى العصر الحديث وخلال الحرب العالمية الأولى، فقد عمد الجيش الألمانى عام ١٩٥١ إلى نشر سلاح جديد ومخيف وهو الغازات السامة، كما تم تجربة عدد كبير من الرؤوس الحربية الكيماوية فى ذلك الوقت ومنها غاز الكلورين وغاز الفوسجين وغاز الخردل.

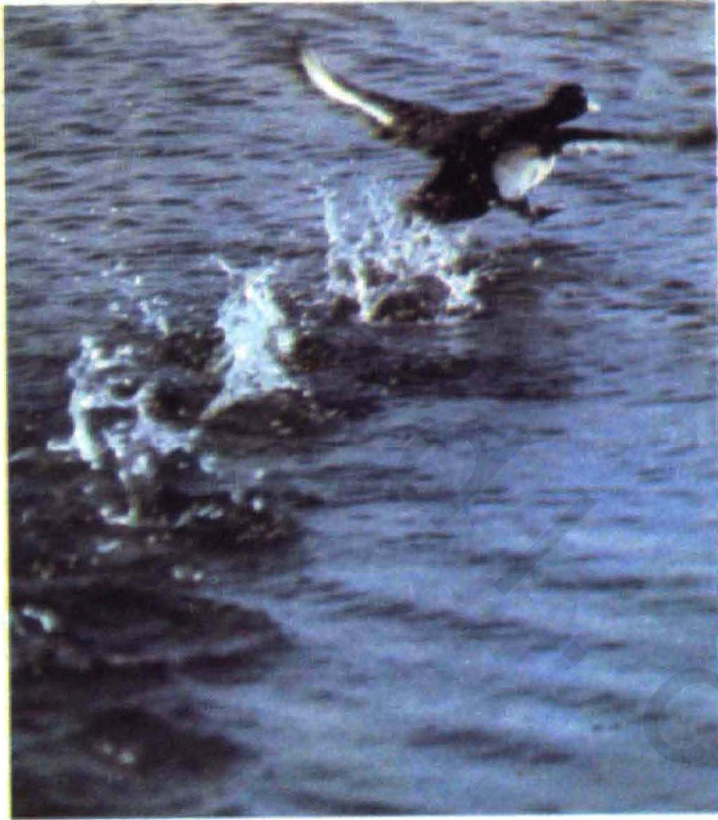


(شكل ٤ - أ) اليوم أفضل مؤشر لبيان اقتراب سحابة الغازات السامة.



(شكل ٤ - ب) الققطُ أفضلُ مؤشر لبيان اقتراب سخابة الغازات السامة.

وفي البداية أصيب الجنود بالدهشة والهلع ولكن مع مرور الوقت والخبرة تعلموا ن يستخدموا المراقبة الحيوية بواسطة الطيور والحيوانات لتقوم بتحذيرهم من أى هجوم مرتقب بالغازات السامة، وقد كانت القطط والبوم والبط وبعض القوارض التي تعيش فى أمريكا الجنوبية وتشبه الأرانب وتسمى "خنزير غينيا" هى بعض نماذج من وسائل المراقبة الحيوية لهذه الجنود، حيث إن هذه الحيوانات تصبح فى حالة هيجان عند اقتراب سحابة الغاز السام (شكل ٤).



(شكل ٤ - ج) البط أفضل مؤشر لبيان اقتراب سحابة الغازات السامة.

أما في الخمسينيات من القرن العشرين، وفي إحدى القرى الصغيرة التي تعيش على صيد الأسماك في خليج "ميناماتا" جنوب جزيرة "كيوشو" اليابانية، لاحظ سكان هذه الجزيرة حالات وفيات عديدة في الأسماك وفي أنواع متعددة من المحار، وقد صاحب هذه الظاهرة سقوط أعداد كبيرة من الطيور إلى البحر، بالإضافة إلى تصرفات غريبة للقطط في القرية، حيث كانت هذه القطط تتمايل أثناء سيرها وتضطرب وتدور حول نفسها في حركات لا إرادية وغير متحكم فيها، يعقب ذلك حالات نفوق جماعية لهذه القطط بسبب سقوطها في البحر أو بسبب غير معلوم (شكل ٥).



(شكل ٥) مرض أو نفوق القطط هو مؤشر إلهي لوجود تلوث في البيئة.



وقد سمي أهالي تلك القرية هذه الظاهرة باسم "المرض الراقص للقطط" وبمرور الوقت اختفت القطط تمامًا من بعض مناطق القرية، وبعد ذلك بفترة وجيزة بدأ أهالي القرية أنفسهم يعانون من مشاكل عصبية وحالات تشوهات وعيوب خلقية للمواليد سببت بعض حالات وفيات للأهالي.

وقد اهتمت الحكومة اليابانية -في ذلك الوقت- بهذا الأمر وخصصت مجموعات من الباحثين والعلماء لدراسة هذه الظاهرة، وقد أسفرت نتيجة الأبحاث عن اكتشاف أحد مصانع الكيماويات بالقرية، يوم بتصريف كميات كبيرة من مادة "ميثيل الزئبق" (شكل ٦) في مياه الخليج، وهذه المادة تعتبر أحد الملوثات السُمومية وقد أثرت هذه المادة على أسماك ومحار الخليج، وقد استهلك سكان هذه القرية وقططهم كميات كبيرة من الأسماك والمحار على مدى عام كامل، حيث ظهرت عليهم التأثيرات البيولوجية لتراكم مادة "ميثيل الزئبق" لدرجة أن هذه الظاهرة عرفت علمياً بعد ذلك باسم "مرض ميناماتا" نسبة لاسم هذه القرية والآن.. وفي هذه الأيام قام العلماء بنشر تحذير علمي رسمي بعد اكتشافهم لبدء اندثار بعض أنواع من الضفادع البحرية والضفادع البرية والسحالي وبعض أنواع أخرى من "البرمائيات" وذلك بمعدلات عالية ولأسباب غير معلومة في جميع أنحاء العالم.



(شكل ٦ - أ) تلوثُ الهواء.



(شكل ٦ - ب) تلوثُ النهر.

(شكل ٦) مصنعُ يلوُثُ الهواءَ بعدامِ غازاته ويلوُثُ الماءَ بتصريفِ ملوثاته الكيميائية في النهر.

قام محمد من مقعده وهو يصيح بأعلى صوته: هل يعني ذلك وجود تلوث من نوع ما

غير معلوم ومنتشر؟

أجاب الدكتور عبد الشافي في حرص وباقتضاب: هذا السؤال يحتاج إلى متخصصين

كثيرين للإجابة عليه.. ثم أنهى الدكتور عبد الشافي محاضراته، خرج محمد وأسرته من

المحاضرة، وهناك ألف سؤال وسؤال يدور في فكرة، كيف نحمي أنفسنا من أخطار التلوث هواء

وماء وتربة؟ إلا من مجيب؟

## مؤشرات تلوث التربة والهواء

في فجر اليوم التالي استيقظت العائلة على رنين التليفون فهبت الأسرة من نومها منزعجة، فقد كانت الساعة حوالي الرابعة بعد منتصف الليل، صاحت الأم: ترى من يكون المتحدث فى مثل هذا الوقت؟ اللهم أجعله خيرًا، وتناول الأب سماعة التليفون وهو يخفى قلقه، فإذا به أخوه المقيم في أمريكا يخبره أنه سوف يحضر للقاهرة مساء الجمعة ويسأل عنهم وعن أحوالهم، فهتمت الأسرة سر هذه المكالمة في ذلك الوقت، حيث إن هناك فرق في التوقيت بين القاهرة وبين أمريكا حوالى تسع ساعات.

وأن التوقيت في ذلك الوقت حوالى الساعة السابعة مساءً بتوقيت الولايات المتحدة الأمريكية، وكان الدكتور أحمد أخو الأب، يدرس شئون البيئة في أمريكا ولكنه قرر زيارة أهله في القاهرة لمدة عشرة أيام من الإجازة التى حصل عليها، لذا غمرت الأسرة فرحة لا توصف لخبر حضور عم الأولاد الدكتور أحمد.

وفي مساء الجمعة اجتمعت الأسرة ومعهم الدكتور أحمد فى جلسة عائلية للاحتفاء بالضيف ومعرفة أخباره.

وبدأت أمانى الحديث قائلة: كل إنسان منا معرض لأخطار تلوث الهواء والماء والتربة، ولكى نستطيع حماية أنفسنا من هذه الأخطار يجب أولاً أن نكتشفها، هل هناك تلوث في الهواء الذي نستنشقه؟!

هل هناك تلوث في المياه التي نشرب بها؟! هل هناك تلوث في التربة التي ينبت فيها غذاؤنا؟ ولكن كيف نكتشف هذه الملوثات لا يعقل أن نأخذ عينات يومية من الهواء والماء والتربة، ونذهب بها إلى معامل التحليل الكيميائية والبيولوجية، لمعرفة نسبة التلوث بها، وبعد ذلك نذهب إلى متخصصين في الصحة العامة ليحددوا لنا إن كانت هذه النسبة تسبب أضراراً أم لا، وفى حالة إذا كانت تسبب أضراراً ما مدى تأثير هذه الأضرار على المدى القصير وعلى المدى الطويل؟! غير معقول أن نبذل المال والجهد والوقت لحماية أنفسنا وذوينا من الأضرار التي خلقها الإنسان بنفسه لنفسه.

ضحك الدكتور قائلاً: لقد وجده علماء البيئة في مختلف جهات البحث العلمى في العالم، فبعد أن قاموا بتجارب عديدة تتضمن المراقبة البيولوجية لتأثير مختلف الملوثات على مختلف الكائنات سواء داخل المعامل أو فى المواقع التجارب العالمية التي تعاني من تلوث بيئى، توصل

العلماء إلى مجموعة من الكائنات الحية التي يمكن اعتبارها تعطي مؤشرات للتلوث البيئي، بمعنى وسيلة لتحديد وجود تلوث من عدمه ومدى هذا التلوث، ويمكن لأي إنسان استخدام هذه المؤشرات أو الوسائل لمعرفة وجود تلوث من عدمه، وبالتالي يمكنه حماية نفسه منه.

صاح محمد: أخبرنا بها يا عمى بسرعة.

قال الدكتور أحمد: دعونا نبدأ أولاً بمؤشرات أو وسائل تلوث التربة، فقد توصل العالم الأمريكي "جون توماس" أستاذ الكيمياء الحيوية في معامل "باتل الأمريكية" إلى إنبات بذور الخس الذي يعتبر وسيلة هامة لتحديد مدى التلوث في التربة وذلك من خلال أبحاثه في موقع قرب مدينة "دنفر" بولاية "كولورادو" الأمريكية حيث تصنع هناك المبيدات الحشرية والرعوس الحربية الكيميائية.

وقد حدث أنه في المواقع كان يتم تجميع المخلفات الكيميائية السائلة في أحواض كبيرة، وقد قام العالم جون بدراسة حركة هذه المخلفات ومدى امتصاص التربة المحيطة لها فقام بزراعة الخس في عينات من التربة المحيطة بالأحواض، حيث قام بأخذ عينة من أماكن مختلفة من كل نواحي الحوض، وقام بمراقبة نتائج إنبات الخس وقد كانت النتيجة مثيرة للاهتمام ففي عينات التربة التي كان يعتقد أنها خالية تماماً من التلوث، كان نسبة الإنبات ٨٠% من إجمالي البذور، وفي عينات أخرى كانت نسبة الإنبات صفراً، ولكن المثير أن نسبة الإنبات على عمق ٣٠ سنتيمتراً من سطح الأرض، كانت أقل بكثير من نسبة الإنبات على عمق ١٥ سنتيمتراً من سطح الأرض، وذلك يعني أن لتربة تزداد تلوثاً كلما كان العمق أكبر.

أستاذ الدكتور أحمد حديثه قائلاً: أما العالم البيولوجي "دونالد ستيفك" الأستاذ بهيئة خدمة الحياة البرية والأسماك بالحكومة الأمريكية، فلقد لجأ إلى أسلوب آخر وهو تحديد مستويات الملوثات في الحيوانات التي تعيش في منطقة "ثرى جارى" بولاية "أنديانا" الأمريكية حيث تحتوى هذه المنطقة على مخلفات خطيرة من الكيماويات العضوية وغير العضوية السامة. وقد أولى العالم "دونالد ستيفك" اهتمامه بالمناطق الأخرى التي يمكن أن تنتقل هذه المواد الكيميائية إليها سواء عن طريق الرياح أو عن طريق سريان المياه الجوفية، هذا وقد اختار هذا العالم مجموعة من أنواع الحيوانات المائية كالأسماك والسلاحف، ومجموعة أخرى من الحيوانات البرية مثل دودة الأرض والفئران لتكون تحت الاختبار (شكل ٧).

وقد تلاحظ أنه عند تواجد مستويات عالية للمواد الملوثة سواء على سطح الأرض، أو في المياه الجوفية أو المياه السطحية، فإن حيوانات التجارب تحتوى هي الأخرى على نفس المستويات العالية من الملوثات، وقد اعتبر العلماء أن هذا البحث هام للغاية لأسباب عديدة:

أولاً: كان الاعتقاد السائد من قبل أن بعض هذه الملوثات يتطاير في الهواء ولا يتراكم في أجساد الكائنات الحية، وقد أثبت هذا البحث عكس ذلك.



(شكل ٧ - أ) السلحفاة.



(شكل ٧ - ب) دودة الأرض.



(شكل ٧ - ج) الفأر.

(شكل ٧) السلحفاة ودودة الأرض والفئران كلها مؤشرات توضح مدى تلوث التربة أو المياه الجوفية.

ثانيًا: أصبحت هذه الحيوانات وسيلة فعالة لمعرفة تركيز هذه الكيماويات في التربة أو في الماء وذلك عن طريق أخذ عينات من هذه الحيوانات ومعرفة مدى تركيز الملوثات بها، فتكون هي نفس النسبة الموجودة في التربة أو في الماء والتي عادة لا نستطيع الحصول عليها إما لجهلنا بمكان التربة أو المياه الملوثة، أو لعدم استطاعتنا الوصول إلى هذا المكان.

ثالثًا: مراقبة هذه الملوثات على هذه الكائنات الحية، وهل وصلت نسبة التركيز إلى الحد المضر أم إلى الحد القاتل، أما ما زالت تحت خط الأمان. باختصار أصبحت هذه الحيوانات عنصرًا للمراقبة البيولوجية لهذه المواد الملوثة أو بعبارة أخرى مؤشرًا بيولوجيًا لمقدار التلوث.

هنا قاطع محمد الحديث قائلًا: أعتقد أننا أغفلنا في الحديث جزءًا أهم من التربة وهو الهواء.

قال الدكتور أحمد: لم نغفله يا محمد وأنا كنت أنوى أن أخبرك باعتقاد الطبيب البيطري "لورنس جليمان" الأستاذ في جامعة "بردو" بمدينة "وست لافاييت" بولاية "أنديانا" الأمريكية.

قال الأب: ماذا يعتقد هذا الطبيب؟

قال الدكتور أحمد: إنه يعتقد أن الحيوانات المنزلية الأليفة لا تستخدم بالقدر الكافي كرقب أو منبه أو مؤشر أو حساس للأخطار البيئية التي يمكن أن تؤثر على العامة.

وقد قدر اتحاد الطب البيطري الأمريكي أن هناك أكثر من ١٠٠ مليون قطة وكلب (شكل ٨) يعيشون في المنازل الأمريكية ويشاركون أصحاب هذه المنازل في البيئة المحيطة بهم، وبذلك فهم يتعرضون لنفس المواد الملوثة للبيئة وبنفس الرجعة التي يتعرض لها أفراد هذه المنازل. وحيث إن فترة وجود مرض كامن في الجسم قبل ظهور أعراضه، تعتبر أقصر بكثير في الحيوانات عنها في البشر، لذا فإن ظهور أمراض معينة على هذه الحيوانات الأليفة هو بمثابة تنبؤ مبكر لهذه الأمراض قبل ظهورها على أصحاب هذه الحيوانات. وحيث أن هذه الحيوانات الأليفة لا تعمل ولا تدخن السجائر، فإن ذلك يعتبر بمثابة عوامل يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند إجراء أى دراسة لانتشار الأمراض بين البشر مقارنة بالحيوانات الأليفة.





(شكل ٨) القطط والكلاب تتعرض لنفس المواد الملوثة للبيئة وبنفس الجرعة التي يتعرض لها أفراد المنزل.

قالت الأم: لماذا لا تعطينا مثلاً لذلك إنني أقتني قطة بالمنزل؟

قال الدكتور أحمد: من المعلوم أن ألياف مادة "الأسبستوس" يمكن أن تسبب سرطان الرئة للأدميين والكلاب أيضاً، وقد استنتج العالم "جليكمان" أن سرطان الرئة للكلاب نتيجة تعرض هذه الكلاب وأيضاً أصحاب هذه الكلاب لجرعات من غبار "الأسبستوس" خلال عملهم، ولا تظهر آثار ذلك على الفور حيث إن هذا المرض يكمن في صدر البشر فترة تتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ عام، لكنه يكمن في صدور الكلاب فترة ٨ سنوات فقط، لذا إذا ظهرت أعراض هذا المرض على الكلاب فلا بد من اتخاذ الإجراءات الوقائية لإزالة مصدر هذا المرض قبل أن تظهر أعراضه على أصحاب هذه الكلاب، وعادة ما يتم ذلك عن طريق الكشف الدوري بواسطة أشعة إكس.

وهنا توقف الدكتور أحمد عن الحديث لبرهنة كآنه يستجمع أفكاره، ثم استطرده يقول: أما العالم البيولوجي "جيرري برومنشك" من جامعة "لونتانا" بالولايات المتحدة الأمريكية، فقد أمكنه التوصل إلى استنباط نموذج على الحاسب الإلكتروني مبني على دراسة عملية ميدانية لمملكة النحل يمكنه من معرفة نوع وكمية الكيماويات السامة بالجو، فقد اختار هذا العالم خلايا نحل بها حوالي ٥٠ ألف نحلة معظمها في مستهل حياته، ويمكنها الطيران في مساحات تبلغ حوالي ٦.٥ كيلو مترا مربعا، لجمع الرحيق وحبوب اللقاح اللازمة لغذائها، وللماء اللازم لتبريد الخلايا عن طريق التبخر، وأيضا للأصماغ اللازمة لربط الخلايا بعضها ببعض (شكل ٩) ومن المعلوم أن الشعر الموجود على أجسام هذا النحل يتم شحنه بشحنات كهربائية ساكنة "استاتيكية" نتيجة احتكاكها بالهواء أثناء الطيران مما يجعل هذا الشعر يجذب كهربائيا ذرات الأتربة، وبالتالي أي عناصر ملوثة أو ماء أو حبوب لقاح.



(شكل ٩) النحل هو أفضل مؤشر إلهي لتلوث الهواء.

وقد تمكن برنامج الحاسب الإلكتروني الذي وضعه العالم "برومنشك" من وصف ديناميكية حركة النحل: كيف تنمو الخلايا؟ وكيف تتدهور كمية الملوثات التي يحملها.. إلخ؟ وذلك بدلالة عوامل عديدة مؤثرة على النمو والتدهور مثل عدد النحل في كل خلية. والظروف الجوية بفرض وجود غذاء كاف، وعدم وجود أي أمراض بالخلية.

وقد توصل هذا العالم إلى أن أهم عامل "بخلاف وضع الملكة للبيض ومدى عمر النحل الشغالة" هو الظروف الجوية، ذلك أن كل نحلة في الخلية تأتي من الملكة، تزيد أو تقل من وضعها للبيض طبقاً للأحوال الجوية ودرجة الحرارة وكمية الضوء.

وعلى الجانب الآخر، فإن عمر النحل الشاب يرتبط بعدد الرحلات التي يقوم بها، حيث يصل عمره إلى ١٠ أيام طيران فقط نظراً لأن النحل يفضل الطيران في الأيام الدافئة والهادئة، فإذا كان الجو به رياح أو ممطراً أو بارداً للغاية، فإن النحل لن يقوم برحلات طيران.. وبالتالي سيزداد عمره.

وإذا ما عرف تأثير الظروف الجوية على تعداد مستعمرة النحل فإن ذلك يعتبر مؤشراً إلهياً على تواجد العوامل الضارة كالمبيدات الحشرية، وبواسطة برنامج العالم "برومنشك" يمكن تحديد مدى تأثير مختلف أنواع الكيماويات السامة على النحل، وبذلك نستطيع عمل تقديرات للتأثيرات الدائمة، والتي تسبب الأمراض أو الموت المتقدم، نتيجة لتلوث الهواء بالملوثات.

وهذا البرنامج يمكنه أيضاً تحديد نوع الكيماويات السامة، والجرعات والمعدلات التي تعرض لها النحل بناء على معرفة معدل وفيات النحل.

قال محمد: إذن فمعدل وفيات النحل هو مؤشر إلهي لتلوث الهواء.

قال الدكتور: أحمد: نعم.

قال الأب: ولكن ما هي المؤشرات الإلهية لتلوث الماء؟ إن الماء يشرب منه الإنسان والحيوان والنبات، وفي تقديري أنه أخطر شيء في الحياة، وصدق الله حين قال في كتابه الكريم: ﴿وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون﴾ [الآية ٣٠ سورة الأنبياء].

قال الدكتور أحمد: صدقت يا أخی.. ولكن الوقت قد تأخر، فلنرجئ حديث مؤشرات تلوث الماء إلى الغد إن شاء الله تعالى.  
صاح الجميع: نحن موافقون.

## مؤشرات تلوث الماء

في مساء الغد اجتمعت الأسرة ومعهم الدكتور أحمد حول أكواب الشاي، وبينما الجميع يتناولون الشاي بدأ الدكتور أحمد حديثه الشيق عن المؤشرات الإلهية لتلوث الماء قائلاً: تتعدد وتتوسع المؤشرات الإلهية لتلوث الماء: فمياه الشرب لها مؤشراتها، ومياه الأنهار لها مؤشرات أخرى. ومياه المجارى أيضاً لها مؤشراتها، ولا أعتقد أنكم تريدون أن تتوسعوا في هذا الشأن، لذا سأكتفي بمثال واحد لكل نوع من الأنواع:

- حدث في عام ١٩٩١ أن بدأت مجموعات كبيرة من أسماك الحوت في النفوق عند مصب نهر "سانت لورانس" في كندا، وقد أبدى العلماء الكنديون اهتماماً بالغاً بهذه الظاهرة، حيث قاموا بتشريح جثث هذه الأسماك، فاكتشفوا أنها جميعاً تعاني من مرض سرطان المثانة، وبالمصادفة البحتة تم تشخيص أورام سرطانية بالمثانة لعدد كبير من الأدميين بنفس المنطقة، وتحليل بول الأسماك في نفس المنطقة لاحظوا وجود حامض "الديوكسير بونيو كليك" DNA المعدل بمركبات الفسفور والباريوم في بول الأسماك.

وقد تمكن العلماء من تحديد مصدر هذا التلوث، ووجدوا أن السبب هو مسبك لصهر معدن الألمونيوم بهذه المنطقة يطلق عادمه المحتوى على مركب للفسفور والباريوم في مصب النهر المجاور للمسبك، وكان طبيعياً أن تمتص أجسام الأسماك وكذا الأفراد العاملين في المسبك ذلك المركب الكيميائي الملوث.

وهكذا كان نفوق أسماك الحوت ومرض الأسماك العادية بسرطان المثانة، هي المؤشر الإلهي الذي قاد العلماء، ومكنهم من التوصل إلى مصدر التلوث وهو مسبك الألمنيوم وإلى أن جرعات المادة الملوثة قد وصلت إلى حد التسبب في سرطانات المثانة للأسماك ثم البشر ثم الوفاة.

- وكما كانت أسماك الحوت في المثال السابق مؤشراً إلهياً كشف عن مصدر تلوث يسبب سرطان المثانة، فإن أنواعاً أخرى من الأسماك يمكن أن تؤدي إلى غرض مشابه، ففي جامعة "ألاباما" بالولايات المتحدة الأمريكية تمكن "جون جرزيل" عالم باثولوجيا الأسماك "علم أمراض الأسماك" والعالم "رالف مستر سن" أستاذ الكيمياء الحيوية بنفس الجامعة من وضع نوعين من الأسماك الأمريكية وهما سمك رأس الثور وسمك القطة (شكل ١٠) في داخل أقفاص ووضعا في هذه الأقفاص داخل بركة في مدينة "تسوكجي" بولاية

الألاباما" وكانت هذه البركة خاصة بهذه المدينة، وكانت مياه هذه البركة بها كمية كبيرة من عنصر الكلور، وكذا عدد من المركبات العضوية الناتجة عن عمليات تطهير وتنقية مياه المدينة.



(شكل ١٠) حيوية سمكة القطة هي وسيلة فائقة الجودة للمراقبة البيولوجية لعدم تلوث المياه في الأنهار.

وبعد مدة تم فحص هذه الأسماك فاتضح أنها أصيبت بسرطان في الجهاز التنفسي العلوى، والتهاب في الخياشيم وتضخم في الكبد، وكذا قابلية للعدوى البكتيرية ونقص فى معدلات النمو، مما أدى إلى نفوق بعض هذه الأسماك خلال فترة وجيزة! والغريب في الأمر أن التحليل الكيميائى لمياه البركة، وللمواد المترسبة في قاعها، لم يثبت وجود أى مركبات عضوية ملوثة.

وبذلك اعتبرت المؤشرات الإلهية "الأسماك" وسيلة فائقة الجودة للمراقبة البيولوجية.

إن ذلك يؤكد نفوق المؤشرات الإلهية لمدى نقاء الماء وعدم تلوثه على التحاليل الكيميائية.

قد يؤدى التلوث إلى انتشار الأمراض والأوبئة بطريقة غير مباشرة كما حدث فى الولايات المتحدة الأمريكية، فمن المعلوم أن الطيور المائية أكثر قابلية للإصابة بالأمراض، وخاصة أمراض كوليرا الطيور والتسمم الغذائى وطاعون البط، وانتشار مثل هذه الأمراض يتأثر كثيراً بوجود بعض الكيماويات فى البيئة المحيطة، فقد أثبتت التجارب العلمية العملية وجود علاقة وثيقة بين انخفاض مستوى المناعة للإصابة فى الطيور ووجود بعض الكيماويات مثل مادة السيلينيوم أو مادة الـ د.د.ت أو حتى البترول الخام.. فى الولايات المتحدة الأمريكية ونتيجة للتطور العمرانى تناقصت مساحة البحيرات إلى حوالى ٥٠% من المساحة الأصلية، وقد أدى ذلك بالتبعية إلى تزايد كثافة هذه الطيور المائية داخل البحيرات، مما تسبب فى انتشار مخالفات هذه الطيور، وزاد الأمر سوءاً إلقاء المخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المناطق العمرانية من قمامة وخلافه، فى هذه المساحة المتبقية من البحيرات وبذا أصبحت العلاقة الوثيقة والمعقدة بين الملوثات فى هذه البحيرات وبين انتشار الأمراض أكثر عن ذى قبل (شكل ١١).

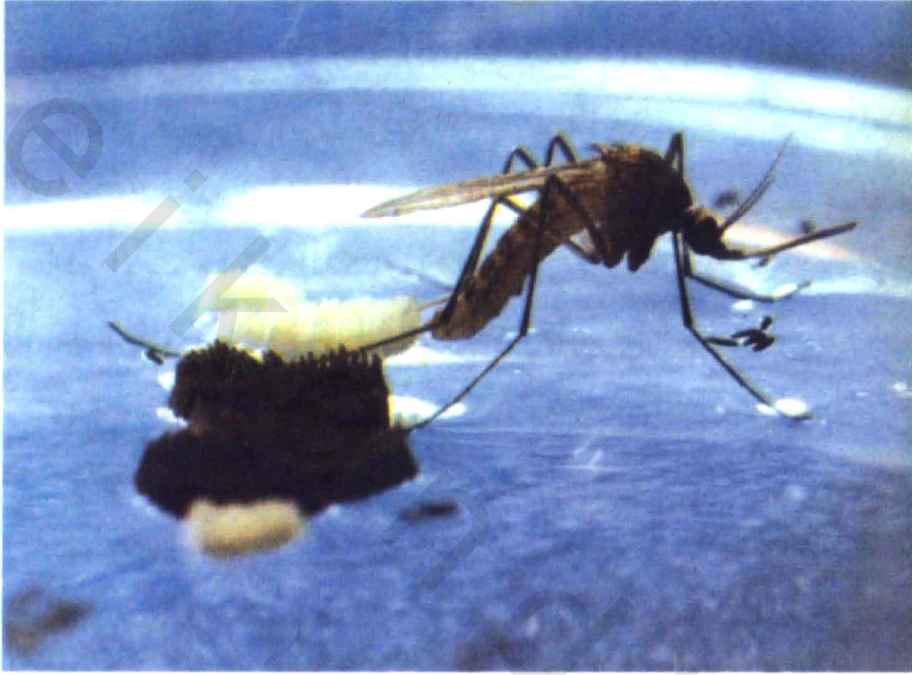
فى دراسة مثيرة لأحد الأنهار - وما أحوجا نحن إلى دراسة مثلها لنهر النيل - قام الكيمياءى الأمريكى "كارل بوب" وزميلة أخصائى المواد السامة السائلة "توب لينش" الباحثان فى معهد "نيومكسيكو" للتعددين والتكنولوجيا يصاحبهم العالم "جيرالد جاكوبى" عالم بيولوجيا المائيات بدراسة "النهر الأحمر" وهو أحد روافد نهر "ريو جراند" بولاية "نيو مكسيكو" الأمريكية.



(شكل ١١) الطيور المائية أكثر قابلية للإصابة بالأمراض من الإنسان، لذا فهي مؤشر إلهى.



وقد ركز هؤلاء العلماء دراستهم على مخلفات بعض اللاقريات - ولا سيما الحشرات - فقاموا بتحليل مخلفات أنواع عديدة من الذباب المائي وبيرقاته، وهذه اليرقات تعتبر كائنات قاعية بمعنى أنها تستقر دائماً في قاع النهر (شكل ١٢).



(شكل ١٢) تواجد دبابه الماء على سطح الماء وبيرقاتها تحت سطح الماء دليل خلو النهر من التلوث.

وقد توصل هؤلاء العلماء إلى أن اليرقات التي كانت موجودة في أسفل مجرى النهر، كانت هي ومخلفاتها تحتوى على نسب عالية للغاية من عناصر الموليبدنم والمنجنيز والنحاس مقارنة بتلك اليرقات التي وجدت في أعالي مجرى النهر، وباستطلاع جميع ضفاف النهر وجد منجم لاستخراج عنصر الموليبدنم، وحفاظاً على حياة الأفراد الذين يستخدمون النهر لأغراض الشرب والرى والاستحمام، صدر قرار بإغلاق المنجم.

ولكن الغريب في الأمر أنه بعد مرور عام كامل من إغلاق المنجم، وبعد أن أكدت جميع التقارير انعدام آثار هذه المعادن في قاع النهر، وفي صخوره الرسوبية، إلا أن نسبة عالية من هذه المعادن ما زالت متواجدة في اليرقات!

قاطع الأب حديث الدكتور أحمد قائلًا: من الملاحظ يا دكتور أنه كلما تطورت المدنية الحديثة كلما ظهرت مواد ملوثة جديدة تستوجب مزيدًا من الأبحاث وعلى الرغم من أن الولايات المتحدة الأمريكية قد بدأت برنامجًا قوميًا كبيرًا للمراقبة البيولوجية عام ١٩٦٠، وقامت جمهورية مصر العربية بإصدار قانون للبيئة إلا أنه ما زالت هناك في عالمنا العربي عديد من الملوثات الغازية والسائلة والصلبة.

قال محمد: ولكننا نستطيع بمراقبتنا للأسماك والطيور والحيوانات الأليفة - بعدما ذكر عمي الدكتور أحمد- نراقب حيويتها، نراقب معدلات نموها، نراقب أمراضها، نراقب تصرفاتها لأن أى تغيير في تصرفاتها هو مؤشر إلهى على وجود مرض بهذه الكائنات الحية نتيجة لتلوث في الهواء أو الماء أو التربة.

قالت الأم: إن نباح الكلاب ومواء القطط والاضطراب والتصرفات الهستيرية للطيور عامة، ونفوق أسماك الزينة والأسماك عمومًا هي مؤشرات إلهية لتلوث البيئة سواء هواء أو ماء أو تربة، ويجب أن نوليها عناية وأهمية خاصة من أجل حياة صحية لنا ولدوننا.

قالت أمانى: وأيضًا اختفاء بعض الجزر من البحار والمحيطات وزحف المياه على شواطئ اليابسة لمسافات كبيرة، هو دليل على زيادة منسوب هذه البحار نتيجة لذوبان جليد القطب المتجمد الشمالى والجنوبى نتيجة لتقرب الأوزون ما هو إلا مؤشر إلهى لتلوث جو الكرة الأرضية بالغازات الضارة.

قال الأب: في النهاية ما هو رأيكم؟

قال الدكتور أحمد: العودة إلى الله والتبصر والتأمل في مخلوقات الله، فذلك خير معين وحافظ لنا ولصحتنا.

صاح الجميع: ونعم بالله حافظاً ومعيباً.

قال تعالى في كتابه الكريم: ﴿وَمَنْ يَتَّوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ إِنَّ اللَّهَ بَالِغُ أَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا﴾ [سورة الطلاق الآية ٣].

## المراجع

- 1- J.F.Mc Carthy and L.R Shugart – "Bioremarks of environmental contamination" – Lewis publishers. 1990.
- 2- M. Root – "Nature detevtive".
- 3- S.S. Sandhog et al, eds "In sita evaluation of biological hazrds of environmental pollutants – plenum press 1990.

## الفهرس

٣	أمراض العصر .....
٩	التحاليل الكيمائية والمراقبة البيولوجية .....
٢٠	مؤشرات تلوث التربة والهواء .....
٢٩	مؤشرات تلوث الماء .....
٣٧	المراجع .....

رقم الإيداع ٢٠٠١ / ١٦١٧٩

الترقيم الدولي I.S.B.N 977-02-6214-5

٧/٢٠٠١/٩٦

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع)