

و بين (Nijenhuis et al., 1998) توزيع المعادن النزرة في منطقة شرق البحر المتوسط و وجدوا أن تركيز المعادن في الرواسب يزداد بزيادة محتواها من الكربون العضوي. كما درس (Adekola and Eletta (2007) توزيع المعادن في رواسب نهر آسا في نيجيريا و كانت التراكيز الأعلى لعناصر الحديد و المنغنيز تليها عناصر الخارصين و النحاس و الكروم و قد عزيا ذلك إلى المخلفات الصناعية التي تطرح إلى النهر. لكن حتى التحليل الكامل لعينات الرواسب لا يعطي فكرة عن التركيز المتوفر للأحياء من المعادن النزرة، و إذا كان تركيز المعادن عالياً في الرواسب فهذا لا يعني أن كل التركيز متوفر للأحياء الموجودة فوق الرواسب في عمود الماء (Phillips, 1977 و El-Shaikh et al., 2005).

1-3-3: الكائنات الحية

أن وجود تراكيز معينة من المعادن النزرة أو أية ملوثات أخرى ضمن جسم الكائن الحي يؤهله للاستعمال كدليل حيوي Bioindicator لهذه الملوثات، إذ يمكن أن يوفر الكائن الحي دليلاً على نوعية بيئته، كما يمكن أن يستعمل مصطلح الدليل الحيوي بأكثر من شكل، مثلاً بعض الأنواع من الكائنات المائية تحتاج إلى متطلبات خاصة في معيشتها فضلاً عن المغذيات و الأوكسجين المذاب، لذلك عندما تتواجد هذه الكائنات في بيئة ما فهذا دليل على وجود تلك المواد في هذه البيئة ضمن الحدود التي يستطيع الكائن تحملها. يمكن أن يصبح مفهوم الدليل الحيوي أوسع من مجرد وجود أو اختفاء كائن من بيئة ما، فبعض الكائنات ممكن أن تتواجد في بيئة ملوثة لكن تعاني بعض الضغوطات الفسلجية و التي تتكشف من خلال تقليل نسبة النمو و ضعف القدرة على التكاثُر أو تحوير السلوك (Thomas, 1972).

هناك مفهوم آخر للدليل الحيوي و هو الكائن الذي يركز المواد أو الملوثات في أنسجته بطريقة تعكس مستوياتها في البيئة، لذلك عندما تجمع هذه الكائنات و تعرض أنسجتها للتحليل الكيميائي يصبح من الممكن تقدير التركيز لهذه المواد الملوثة في البيئة. هذه الكائنات تعد مراكمات



حيوية Bio-accumulators لهذه المواد و الملوثات و تتجلى أهميتها عندما تُركز مادة ذات مستوى منخفض في البيئة بحيث يصبح من السهل الكشف عنها (McGeoch, 1998 و Sekha, 2003 و (Hodkinson and Jackson, 2005).

1-3-3-1: مواصفات الدليل الحيوي

وضع العلماء و الباحثون صفاتاً عدّة للدليل الحيوي المثالي، لانتواجد جميع هذه الصفات في كائن واحد بالتأكيد لكن قد تلتقي صفتان أو أكثر في الكائن نفسه مما يجعله مرشح جيد للاستخدام كدليل حيوي، وهذه الصفات هي:

- 1- أن يكون تصنيف الكائن معروف و يمكن جمع عيناته بسهولة (Salazar, 1997).
 - 2- أن يكون الكائن ذا توزيع واسع في الطبيعة لأن غياب نوع معين ذي توزيع محدود أصلاً من منطقة ما قد لا يكون بسبب التلوث، كما يجب توافر معلومات بيئية عنه (Elder and Collins, 1991).
 - 3- أن تكون له القدرة على تركيز الملوثات في جسمه بطريقة تعبر عن مستوياتها في البيئة.
 - 4- سهولة تربيته في المختبر (Hodkinson and Jackson, 2005).
- كما أضاف Butler et al. (1971) عدة صفات أخرى للكائن الذي يعد الدليل المثالي هي أن يكون الكائن جالساً لكي يمثل منطقة الجمع، و ذا عمر طويل كفاية و حجم مناسب لكي يعطي نسيجاً كافياً للتحليل.

لكن الصفة الأكثر أهمية و الواجب توفرها في جميع الدلائل الحيوية هي أن تظهر جميع الكائنات المستخدمة في المسح العلاقة نفسها بين محتواها من الملوثات و تركيز هذه الملوثات في الماء المحيط في جميع المواقع و تحت كل الظروف (Phillips, 1977).



* عامة يكون من الضروري أولاً تحديد المشكلة المراد الكشف عنها و الغرض من البحث عند إختيار الدليل الحيوي المناسب (McGeoch, 1998)، مثل دراسة Wu et al. (2006) حول إمكانية استعمال النباتات كدليل حيوي للتخلص من التلوث بالمعادن النزرة في التربة و من المجاميع الأخرى المستعملة كدلائل لدراسة الملوثات في البيئة المائية هي: البكتريا و البدائيات و الطحالب و الأسماك و اللاقريات الكبيرة (Phillips, 1977).

1-3-2: استعمال اللاقريات الكبيرة كأدلة حيوية

تساعد العديد من أفراد اللاقريات الكبيرة في الكشف عن المصدر الدقيق للتلوث كونها جالسة و بعضها يملك دورة حياة طويلة نسبياً تقدر بأعوام، و هذه تعطي سهولة لفحص التغيرات الدقيقة لمختلف التراكيز من الملوثات، و المفيد في هذه المجموعة هو أنتشارها الواسع. كما و تعد اللاقريات الكبيرة من أكثر الاحياء التي استعملت لتقييم نوعية المياه بشكل أفراد أو من خلال متابعة المجتمع كوحدة لمعرفة تأثير الملوثات على تركيبته (Park et al., 1999).

كما استعملت في تقييم نوعية المياه عند خزانات السدود، إذ أعطى تركيب المجتمع في تلك المنطقة دلالة واضحة حول نوعية البيئة بعد مقارنته بالبيئات الأخرى (Goodnight, 1973 و Burt et al., 1991 و Cao et al., 1996 و Poyer et al., 2004 و Beasley and Kneale, 2007).

يمكن استعمال النواع بصورة فعالة لدراسة تأثير الملوثات العضوية و اللاعضوية وفي دراسة قام بها Singh (1997) على تأثير الملوثات العضوية على الكائنات القاعية وجد أن نوعا القواقع *Bellamyra crassa* و *Melanoides tuberculata* هما من أكثر أنواع بطنية القدم مقاومة للتلوث العضوي. و إستعمل طلال (1999) و Farid (2003) و المالكي (2005) أنواعاً من القواقع و المحار لتقدير الملوثات النفطية و دراسة تأثيرها في هذه الكائنات و بينت نتائجهم أهمية استعمال هذه الكائنات كأدلة حيوية للتلوث.

بينت دراسة Hui (2002) قدرة القواقع على تركيز عنصر الرصاص اعلى 100 مرة من

قدرة النباتات في البيئة ذاتها على ذلك.

تركزت جميع الدراسات المحلية لتقدير المعادن النزرة في البيئة المائية على استعمال

الأسمك أو النباتات المائية كدلائل حيوية للتلوث ولم تركز على تقدير هذه الملوثات في البيئة

باستعمال القواقع المائية على الرغم من أهميتها كدلائل حيوية.

4-1: مصادر المعادن النزرة في البيئة المائية

تتعلق المعادن النزرة إلى البيئة المائية لأسباب طبيعية مثل تعرية الصخور و التربة أو

نوبان الأملاح في الماء فضلاً عن الدقائقات و الغبار المتساقط من الجو (Sweet, 1995)

و (Kubilay et al., 1995).

تعد الفعاليات الصناعية من المصادر الرئيسية لإنبعاث المعادن النزرة كالتعدين

و صهر المعادن و نواتج حرق وقود السيارات و الفضلات المنزلية، كما تدخل المعادن

النزرة أيضاً في صناعة الإصباغ و البطاريات و بعض المبيدات الفطرية و المخصبات

الزراعية (Adamson, 1971 و Nriagu, 1989 و Jordao et al., 2002).

يعد النفط الخام المنسكب مصدراً آخر للتلوث بالمعادن النزرة (الإمارة، 2001

و Awad et al., 2004) فضلاً عن كرات القار الناتجة عنه، إذ لاحظ (Asuquo et al., 1995)

وجود عناصر النحاس و الحديد و المنغنيز و النيكل و الرصاص و الفناديوم في كرات القار و كان

تركيز تلك المعادن عالي جداً فيها مقارنةً مع تركيزه في النفط الخام.

إن سرعة تسرب المعادن النزرة إلى البيئة تعود إلى وفرتها الطبيعية، و بالتالي تزداد

احتمالية تعرض الإنسان إلى التلوث عن طريق المصادر المتعددة مثل؛ الغذاء و الهواء و المياه أو

عن طريق المنتجات الصناعية أو بسبب ظروف العمل (MMWR, 1984).

