دليل تمهيدى خاص لصانعى السياسات ومتخذى القرار

أجمعت التصريحات العلمية التى صدرت فى الأونة الأخيرة والمتعلقة بحمضية مياه البحار والمحيطات" تحمض المحيطات" على أنه هناك تغيرات سريعة وغير مشهودة من قبل.

تم إعداد هذا الدليل التمهيدى بصفة خاصة لصانعى السياسات ومتخذى القرار فى العالم، وهو بمثابة إشارة تنبيه للتأثير المزدوج على بحارنا من التغير المناخى وتحمض المحيطات والناجين عن إرتفاع معدلات ثانى أكسيد الكربون فى الجو. يحدد الدليل الحقائق الأساسية لخطورة وتطور تحمض المحيطات والتى تهدد النظم البيئية البحرية. تشير التسجيلات الجيولوجية لكوكب الأرض أن السلسلة الماضية لظاهرة تحمض المحيطات كانت مرتبطة بإنقراض جماعى لبعض الكائنات، وأنه من المنطقى إفتراض أن السلسلة الحالية يمكن أن تؤدى إلى نفس العواقب. قد يكون هناك بعض الشك فى أن المحيطات تتعرض لتغيرات مفاجئة شديدة ستؤثر على حياة الإنسان الحالية وعلى الأجيال القادمة، إلا إذا تم إتخاذ إجراءات عاجلة وحاسمة.

حقائق ثابتة

- تمتص المحيطات حاليا حوالى 25% من غاز ثانى أكسيد الكربون الذى نبعثه.
- هذه "الخدمة" المستترة من المحيطات قدرت بأنها إعانة سنوية للإقتصاد العالمى تقدر بنحو 60 - 400 بليون دولار سنويا[1].
- إرتفاع حجم ومعدل إنبعاثاتنا من ثانى أكسيد الكربون يؤثر إضطراديا فى نظم المحيطات، ويتسبب فى إرتفاع حمضية مياه البحر – وتسمى هذه الظاهرة "تحمض المحيطات".
- إرتفعت حمضية مياه المحيطات بنسبة 30% منذ بداية النهضة الصناعية وسيكون معدل الإرتفاع متسارع خلال العقود الزمنية القادمة. وعلى أحسن تقديراتنا سيكون ذلك المعدل أسرع عدة مرات من أى معدلات حدثت على مدار ال 55 مليون سنة الماضية.
- العديد من النباتات والحيوانات البحرية لها هياكل أو أصداف من مادة كربونات الكالسيوم، بعضها يكون سريع التأثر بأى زيادة ضئيلة فى الحمضية وهناك دلائل على أن البعض منها قد تأثر بالفعل. والعديد من تلك الكائنات سريعة التأثر لها أهمية إجتماعية وإقتصادية كبيرة مباشرة أو غير مباشرة، أو أهمية بيولوجية حيث أنها كائنات إنتاجية أولية أو بانية للشعاب.
- تأثير تحمض المحيطات على الكائنات البحرية والسلسلة الغذائية سيؤدى إلى أضرار كبيرة فى العوائد الإقتصادية وربما يعرض الأمن الغذائى لتهديدات عظيمة وخصوصا فى البلدان التى تعتمد فى غذائها أساسا على البروتين البحرى.
- نظم بيئية مهمة ربما دمرت أو تدهورت نتيجة تحمض المحيطات – ومن المتوقع إذا ما ظلت معدلات ثانى أكسيد الكربون فى الإرتفاع كما هو منتظر، فبحلول عام 2050 ستصل الظروف البيئية للحدود القصوى بالنسبة للشعاب المرجانية فى المناطق الدافئة ونتوقع إختفاء بعض الأنواع منها. وبحلول عام 2100 حوالى 70% من مرجانيات المياه الباردة يمكن أن تتعرض لمياه حمضية تسبب تآكلها.
- تأثير تحمض المحيطات على الشعاب المرجانية سيعرض أمن المجتمعات الساحلية التى تعيش فى المناطق المنخفضة للخطر لأن الشعاب المرجانية تحميها من أخطار النحر والغمر.
- الخفض الحاد والسريع لإنبعاثات ثانى أكسيد الكربون سيقود إلى الإستقرار، والإختزال المثالى لمعدلات ثانى أكسيد الكربون سيكون ضروريا لإبطاء تطور تحمض المحيطات، والتغير المناخى العالمى أيضا.

1 هذا إفتراض نظرى لسعر تعويضى مبنى على أن تكلفة فصل 2 جيجا طن من الكربون سنويا وبالسعر المستقبلى المتوقع للكربون 30 – 200 دولار/ طن ثانى أكسيد الكربون.

تحمض المحيطات الحقائق

الحقائق البسيطة – ماذا يجب أن تعرف عن تحمض المحيطات

ما هو تحمض المحيطات؟

تمتص المحيطات نحو 25% من غاز ثانى أكسيد الكربون الجوى، والناتج عن حرق الوقود الأحفورى وتغير إستخدام الأراضى. ويذوب هذا الغاز فى مياه البحر ليكون حمض الكربونيك. نتيجة لإزدياد إنبعاثاتنا من ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى، إمتصت المحيطات كميات أكبر وبمعدلات مضطردة. وأدى ذلك إلى محاولة النظام البيئى إلى التأقلم مع التغير فى المعدلات المعتادة من ثانى أكسيد الكربون والموجودة منذ آلاف السنين. وحدث تغير ملحوظ فى كيميائية مياه البحار والمحيطات أدى إلى إرتفاع متوالى للحمضية.

منذ 250 سنة مضت ومع بداية النهضة الصناعية إرتفعت حمضية مياه البحار بنحو 30%. ويجب ملاحظة أن إرتفاع حمضية مياه البحار يخفض من الحالة القاعدية للمحيطات ويدفع بالتوازن القاعدى-الحمضى لمياه البحار إلى حيود غير طبيعى إلى الحمضية. إذا ما تسارع ذلك فى غضون الأربعة عقود زمنية القادمة وكما هو منتظر، سيكون الإرتفاع الناتج فى حمضية المحيطات أكبر بكثير مما شوهد خلال ال 21 مليون سنة الماضية. وتظهر التوقعات المستقبلية أنه بحلول عام 2060 يمكن أن ترتفع حمضية مياه البحار إلى نحو 120%. وعلى أحسن تقديراتنا، فإن معدل الإرتفاع الحالى أسرع عدة مرات من أى معدلات حدثت على مدار ال 55 مليون سنة الماضية.

لماذا هو مهم؟

العديد من النباتات والحيوانات البحرية لها هياكل أو أصداف من مادة كربونات الكالسيوم. البعض منها مثل الهائمات الدقيقة فى قاعدة السلسلة الغذائية، المحار والرخويات التى نتناولها بصفة يومية كغذاء، وحتى النباتات التى تنمو على شكل قشرى على سطح القاع وتؤدى إلى تماسك الشعاب المرجانية ببعضها، تفرز مادة كربونات الكالسيوم والتى ستذوب سريعا إذا ما واصلت حمضية البحار فى الإرتفاع. الحيود إلى نمط أكثر حمضية سيقلل من قدرة تلك الكائنات على بناء أصدافها. نحن توارثنا تلك الحيوانات والنباتات حتى الآن، ولكن تحمض المحيطات يمكن أن يهدد بقائها الدائم.

لا تمدنا المحيطات بالغذاء فقط بل بفوائد أخرى غير مباشرة: الهواء الذى نستنشقه يعتمد إلى حد كبير على صحة المحيطات من حيث إنتاجها للأوكسجين، والطبقات السطحية من مياه البحار التى تغذى تكوين السحب والذى يساعد فى حجب أشعة الشمس عن كوكب الأرض. كما توفر المحيطات نحو نصف إنتاجية كوكب الأرض ويستفيد منها الإنسان بصورة مباشرة من خلال مصايد الأسماك والرخويات. وسيأخذنا تحمض المحيطات إلى رحلة مجهولة المسار ونحن لا نملك إلا بعض التصورات الأولية عن كم تلك الموارد الأساسية التى ستتضرر.

الطحالب الدقيقة المتكلسة من نوع *Calcidiscus leptoporus* – هذه الخلايا الدقيقة جدا يصل قطر كلا منها إلى 0.01 مم وهى تعتبر مكون رئيسى فى قاعدة السلسلة الغذائية. الصورة الأصغر: الطحلب بعد تعريضه فى المختبرات المعملية لمعدلات تصل إلى 700 جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكربون وكما هو متوقع فى عام 2100

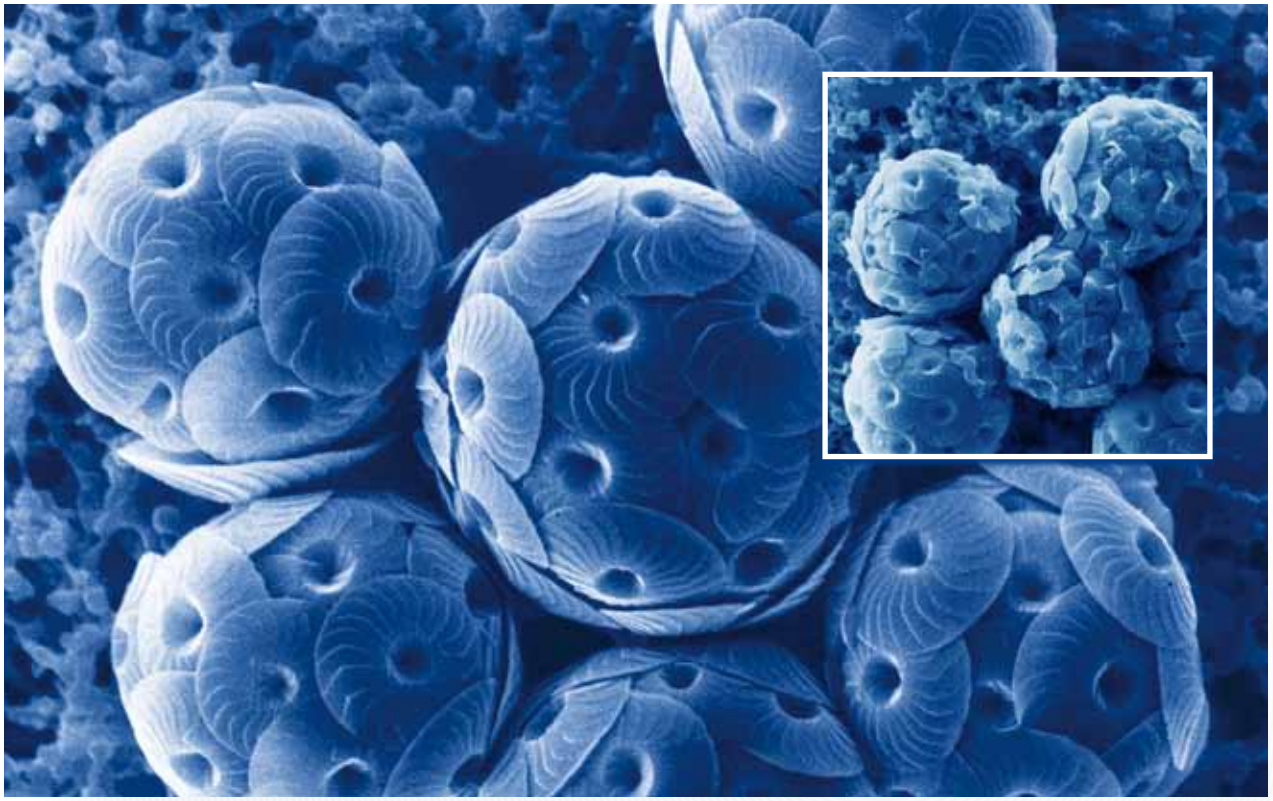


Photo © Ulf Riebesell, IFM-GEOMAR

التأثيرات الإقتصادية؟

عادة ما تكون المياه العميقة فى البحار أكثر حمضية من المياه القريبة من السطح. وأحد تلك المؤثرات التى يمكن أن تنجم هو إتحاد تأثير تيارات المياه الصاعدة الشديدة مع إرتفاع حمضية مياه المحيطات على طول الساحل الغربى لأمريكا الشمالية والذى يمكن أن يسرع من معدل تحرك المياه الحمضية ذات التأثير التآكلى والتى ستؤثر على البيئات والكائنات البحرية فى المناطق الضحلة والقريبة من الساحل.

فى عام 2007، وعلى الساحل الغربى للولايات المتحدة، لوحظ أن تلك المياه الطبيعية ذات الحمضية العالية قد إجتاحت المياه الساحلية وعرضت مناطق مصايد المحار للخطر على طول خط الساحل.

وعلى ضوء هذا الإكتشاف ومنذ عام 2005، هناك إنخفاض متوالى فى إستثمارات صناعة المحار والتى تبلغ 111 مليون دولار سنويا فى منطقة شمال-غرب المحيط الهادى الأمريكى، نتيجة الإنخفاض السنوى المتتالى لنسب نجاح يرقات المحار فى البقاء حية. والآن مع دخول صناعة المحار لموسمها الصيفى الخامس فى ظل أكبر الكوارث التى شهدتها خلال العقود الزمنية الماضية، يقلق العلماء نظرية مزعجة، وهى أن المياه ذات الحمضية العالية والتى تتصاعد من أعماق المحيط الهادى تجتاح حاليا مناطق التفريخ المتواجدة على جوانب البحار ويمكن أن يكون لها تأثير تآكلى شديد يقضى على يرقات المحار.

Photo © Dan Lafoley

قدرت عوائد مصايد الرخويات على المستوى المحلى فى الولايات المتحدة خلال عام 2007 بنحو 748 مليون دولار (19%). خسائر المصايد الناجمة عن تحمض المحيطات يمكن أن تقود إلى تزايد فقدان العديد من الوظائف نتيجة خسائر الشركات العاملة فى المجال والتى تربطها تعاملات إقتصادية يصعب حاليا حصرها. ومن الواضح أن الخسارة الإقتصادية الثانوية التى تلى إنخفاض المصيد ستتركز فى مناطق محددة ليس للكثير منها القدرة الإقتصادية على التكيف لمواجهة إنخفاض العوائد من المصايد.

Ref: http://oceanacidification.wordpress.com/2009/06/15/oysters-in-deep-trouble/

http://www.iop.org/EJ/abstract/1748-9326/4/2/024007/

ماذا يحدث الآن:

على مدار ال 250 سنة الماضية كان هناك نمط ثابت لإرتفاع حمضية سطح مياه المحيطات. تحمض المحيطات ليس قضية نظرية عن كيميائية البحار. إرتفاع الظروف الحمضية أصبح ملموسا فى قياسات مياه البحار المفتوحة، وتم تسجيل ذلك بصورة دقيقة خلال الأعوام القليلة الماضية. من المتوقع أن أعلى معدلات إرتفاع فى الحمضية خلال العقدين أو الثلاثة القادمين ستكون فى مياه المحيطات للمناطق التى تقع على خطوط العرض القصوى. وكذلك الحمضية الطبيعية لمياه التيارات الصاعدة فى بعض المناطق ستزيد خطورتها بزيادة تحمض المحيطات، ولهذا تؤثر الآن مياه التيارات الصاعدة ذات الحمضية العالية على البيئات والكائنات البحرية الموجودة فى طبقات المياه الضحلة القريبة من الساحل.

ماذا يمكن أن يحدث فى المستقبل؟

تحمض المحيطات لن يتسبب فقط فى توالى فقد العديد من الكائنات القدرة على بناء محاراتها، بل سيؤثر تدريجيا على بنية وكفاءة النظم البيئية. ويمكن لتحمض المحيطات أن يحفز سلسلة من التأثيرات من خلال السلسلة الغذائية البحرية، بداية من يرقات الأسماك والمحار والتى لها حساسية عالية. وسيؤثر هذا على الإستثمارات -ذات بلايين الدولارات- فى صناعة الأسماك ويهدد الأمن الغذائى للعديد من مجتمعات العالم الفقيرة. ستصبح معظم مناطق المحيطات بلا شعاب مرجانية مما سيؤثر ذلك على الأمن الغذائى والسياحة وحماية الشواطئ والتنوع الحيوى.

مع إرتفاع حمضية ودرجة حرارة مياه البحار، تنخفض قدرة المحيطات على إمتصاص ثانى أكسيد الكربون الجوى، وهذا يؤدى إلى تسارع معدل تغير المناخ. ويعتمد المعدل الحالى لإرتفاع حمضية المحيطات على مدى سرعة إنبعاثاتنا من ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى. كلما كان الحد من تلك

مرجان المياه الباردة من نوع *Lophelia pertusa* ومعه روبيان يعيش بين أفرعه.

Photo © Amin Form, IFM-GEOMAR

الإنبعاثات بمعدلات كبيرة وسريع. كلما زاد إحتمال أن يستقر الوضع وربما ينعكس فى النهاية. ولكن هناك بعض التغيرات التى لا يمكن تجنبها. وستظهر تأثيراتها أولا فى المحيطات القطبية والجنوبية والتى ستكون الأعظم. وذلك طبقا لما تشير له قياسات وتوقعات التغير فى كيميائية المحيطات مقارنة بما كانت عليه قبل عصر النهضة الصناعية.

كيف يختلف تحمض المحيطات عن التغير المناخى:

التغير المناخى ناتج عن محصلة تأثير مجموعة من غازات الإحتباس الحرارى والتى تؤدى إلى إمتصاص كوكب الأرض لكمية أكبر من أشعة الشمس. بينما تحمض المحيطات ناتج عن إرتفاع معدلات ثانى أكسيد الكربون الجوى فقط وذوبانه فى المحيطات. فى الوقت الذى مازالت هناك شكوك حول التأثيرات التى ستحدث بسبب التغير المناخى. أصبحت التغيرات الكيميائية الموجودة فى المحيطات مؤكدة ومتوقعة. ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى مياه البحر وتكوينه لحمض الكربونيك هو عملية مستقلة إلى حد كبير عن التغير المناخى. مع أن إرتفاع درجة حرارة مياه البحار يقلل من قدرة ذوبان ثانى أكسيد الكربون. ولهذا فخفض تركيزات غازات الإحتباس الحرارى الأخرى لن يكون له تأثير على تحمض المحيطات. التغلب على تحمض المحيطات ربما يحتاج إلى أهداف تختلف عن تلك التى يحتاجها التغير المناخى. حيث أن التأثيرات تحدث على مستويات مختلفة عنه فى الغلاف الجوى. وكذلك فإن الحلول الهندسية-الجيولوجية المقترحة لتغيير مخزون الأشعة فى الغلاف الجوى. يجعل ذلك واضحا حيث أن نثر جزيئات الكبريتات فى الطبقات العلوية من الغلاف الجوى لن يكون له تأثير على تركيز ثانى أكسيد الكربون الجوى ولن يساعد فى تخفيف تحمض المحيطات.

ماذا يمكن أن نفعل؟

حان الوقت الآن للعمل على الحد من تحمض المحيطات ويجب أن يكون الهدف العلاجى هو خفض الزيادة السريعة لثانى أكسيد الكربون الجوى. والحد من معدلاته فى المستقبل. فتحمض المحيطات سيستمر فى التزايد. اليوم ما تزال التأثيرات ضئيلة نسبية. ولكن معدل التغير فى تزايد. بالإضافة إلى ذلك. هناك فجوة زمنية تبدأ منذ إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون وحتى الوصول إلى حالة التوازن - مع إفتراض أننا يمكن أن ننجح فى خفض وليس وقف (وهو ما لا يصدق) الإنبعاثات. فحمضية المحيطات ستظل فى إزدياد لبضعة سنوات أخرى. وتلك الخاصية للنظام البيئى تضع مكافأة لسرعة خفض الإنبعاثات وغرامة لتأخير التوصل إلى خفض واضح فى الإنبعاثات. لذلك بينما كلا من تحمض المحيطات والتغير المناخى يؤثرا على كل حياتنا. فإن الأول يضيف ثقل كبير إلى البراهين المؤيدة للعمل على خفض سريع وحاد لإنبعاثات ثانى أكسيد الكربون.

إزدياد الضوضاء؟

هناك إحتمال أن المحيطات ستكون فى المستقبل ونتيجة لزيادة تحمض المحيطات مكانا أكثر ضوضاءا بالنسبة للثدييات البحرية مثل الحيتان والدرافيل. فقد عرف علماء الكيمياء البحرية ولعقود زمنية طويلة أن إمتصاص الأصوات فى مياه البحار يتغير بتغير كيميائية المياه نفسها. فعند مرور الأصوات فى مياه البحر. تتسبب فى تذبذب مجموعات من الذرات. ممتصة بذلك مجموعة من الأصوات ذات ترددات معينة. ويسفر ذلك عن العديد من التفاعلات الكيميائية الغير مفهومة جيدا بعد. وعموما فإن التأثير الإجمالى يتوقف بصورة كبيرة على درجة تحمض مياه البحار. فكلما زاد التحمض إنخفضت معه القدرة على إمتصاص الأصوات ذات الترددات المنخفضة والمتوسطة.

على هذا. فكلما أصبحت المحيطات أكثر حمضية. كلما إستطاعت الأصوات أن تنتقل لمسافات أبعد تحت الماء. وخصوصا الأصوات ذات الترددات الأقل من 3.000 دورة فى الثانية. هذه الطبقة من الأصوات تشمل معظم الأصوات ذات الترددات المنخفضة التى تستخدمها الثدييات البحرية فى العثور على الغذاء أو العثور على الرفيق أثناء موسم التكاثر. وتشمل كذلك معظم الأصوات الصادرة تحت الماء من الأنشطة الصناعية والعسكرية. وكذلك من السفن والقوارب. مثل هذه الضوضاء تحت الماء والناتجة عن الإنسان زادت بطريقة مضطردة خلال الخمسين عاما الماضية بزيادة الأنشطة الإنسانية فى المحيطات.

ويدعى البحث العلمى أن إنتقال الأصوات تحت الماء فى المحيطات ربما زاد بمعدل 10% عما كان عليه خلال البضع

Photo © Reinhard Dirscherl/FLPA

مئات من السنين الماضية. وعلى ذلك. فمن المتوقع أنه بحلول عام 2050. وبناءا على أكثر التوقعات تحفظا لإرتفاع تحمض المحيطات. فإن الأصوات سيمكنها الإنتقال بنحو 70% أبعد فى بعض مناطق من المحيطات (وعلى وجه الخصوص فى المحيط الأطلنطى). وهو ما يمكن أن يطور بشكل كبير من قدرة الثدييات البحرية للتواصل على مسافات كبيرة. ويمكن كذلك أن يضاعف من كمية الضوضاء التى يجب أن تتعايش معها تلك الكائنات.

Ref: Hester, K.C., E. T. Peltzer, W. J. Kirkwood, and P. G. Brewer (2008). Unanticipated consequences of ocean acidification: A noisier ocean at lower pH. *Geophysical Research Letters*, 35L19601. DOI:10.1029/2008GL034913

See also http://www.mbari.org/news/news_releases/2008/co2-sound/co2-sound-release.html

التأثيرات الأوسع إنتشارا فى المحيطات؟

رما يكون لتأثيرات تحمض المحيطات على الحياة البحرية عواقب أكثر عمقا من تأثيرها على قدرة الكائنات على بناء أصدافها من كربونات الكالسيوم، أو نسبة نجاح اليرقات الحساسة لبعض الأنواع فى تخطى الضرر والبقاء حية.

نحن ما زلنا فى بداية مفترق الطرق بالنسبة للتفكير فى بعض العواقب لهذه التأثيرات، الأكثر تعقيدا، على كيميائية المحيطات. من المجالات المثيرة للإهتمام، الأملاح المغذية والتى لها أهمية بيولوجية مثل النيتروجين، والفوسفات، والسيليكا، والحديد، فهى ما يعتمد عليها غالبا نمو الهائمات فى المحيطات. فكلما زادت حمضية المحيطات فإن ذلك، على الأقل نظريا، يخفض من تواجدها. التغير فى نمط تواجد الأملاح المغذية يمكن أن يحدث نتيجة للتغيرات فى طبقات مياه المحيطات والناتجة عن إرتفاع درجة حرارتها بسبب التغير المناخى، وهذا بالتالى يؤثر على الإنتاجية الأولية للمحيطات. من المحتمل أن كائنات الإنتاجية الأولية والمحفزة للسلسلة الغذائية البحرية يكون لها إستجابات مختلفة للتغير فى الظروف المحيطة، مما يغير من أو يؤثر على باقى كائنات السلسلة الغذائية والتى تعتمد عليها.

Photo © Marcus Shirley/Plymouth Culture Collection

نحن نحتاج إلى إجراء أبحاث والحصول على نتائج ذات دلالات قوية قبل أن نصبح أكثر ثقة فى فهم كيفية التغير الذى سيحدث فى كيميائية المحيطات فى المستقبل، وماذا سيعنى ذلك بالنسبة للنظم البيئية والكائنات البحرية، وما هى الفوائد التى تعود علينا من هذا النظام البيئى العالمى.

Ref: Turley, C.M. and H. A. Findlay (2009). Ocean acidification as an indicator for climate change. In: *Climate and Global Change: observed impacts on Planet Earth* (ed. T. M. Letcher), Elsevier, Oxford, U.K.

تحمض المحيطات يجب أن يميز لما هو عليه: فهو تحدى عالمى ليس له مثيل من حيث الحجم أو الأهمية ويحتاج إلى إجراء سريع لإيقاف نمط إرتفاع الحمضية. لا توجد حلول عملية للتخلص من حمضية المحيطات بعد حدوثها ولكننا يمكن أن نعتمد على الطبيعة لتأخذ مسارها. ستكون هذه عملية إستشفاء حتمية طويلة الأمد يمكن أن تستمر لأكثر من 10.000 سنة حتى تستعيد المحيطات توازنها الكربونى، وربما تستمر لفترة أطول للإستعاضة البيولوجية. هذا يمكن أن يحدث فقط من خلال إنخفاض حقيقى ومستمر وملحوظ فى الإنبعاثات لتثبيت معدلات ثانى أكسيد الكربون الجوى وذلك من خلال الحد من إنبعاثاتنا وبإستخدام التكنولوجيا للتخلص من ثانى أكسيد الكربون.

لدعم الجهود الدولية فى خفض الإنبعاثات، هناك أيضا إجراءات إقليمية ومحلية يجب أن تتخذ لمساندة وإستعادة صحة المحيطات، ولهذا فنحن فى أفضل موضع ممكن للتصدى إلى ما يمكن أن يأتى به تحمض المحيطات. من المرجح أن شدة تأثيرات تحمض المحيطات تعتمد جزئيا على إندماجها مع مؤثرات بيئية أخرى، مثل إرتفاع درجة حرارة المحيطات، الصيد الجائر ومصادر الملوثات الأرضية. نحن فى حاجة إلى تحديد أى مناطق من المحيطات لها القدرة على التكيف مع التحمض. ونحتاج إلى تأمين تلك المناطق من خلال الإدارة الجيدة والحماية لضمان إستمرارية قدرتها على التكيف أو إستعادتها لتلك القدرة حتى تكون ملاذ مستقبلى للكائنات البحرية. وبالنسبة للمساحات الكبيرة من المحيطات فنحن بالمثل نحتاج إلى إيجاد سبل لزيادة القدرة على تكيف النظم البيئية للصمود أمام الضغوط التى سيفرضها تحمض المحيطات، ليكون لها القدرة على مقاومة التغيرات وسرعة الإستشفاء.

Photo © Keith Hiscock/SNH/JNCC

أضعف الروابط؟

نظام إعادة التدوير فى المحيطات من أحسن النظم البيئية فى العالم ولكنها غير معروفة جيدا بعد. ما هو غير مرئى، أنه يحدث المد بعد المد، ومر العام بعد العام، وهناك العديد من الكائنات التى تعيش مختفية تحت قاع البحر تعمل على إعادة تحرير الأملاح المغذية والأساسية للحياة إلى مياه البحر لإمداد الهائمات بها والتى تتوقف عليها إنتاجية المحيطات والحياة بأكملها فى البحار. تلك الأنواع الخفية والمسئولة عن إعادة التدوير هى البكتيريا وتساعدها فى عملها الرخويات والديدان والقشريات المنقبة وعدد من أنواع قنفذ وجم البحر.

لم تنتهى الأبحاث بعد ولكن يبدو أن تحمض المحيطات ربما سيضعف الروابط الموجودة فى النظم البيئية. حيوان جم-البحر-الهش هو أحد الكائنات التى تساعد فى عملية إعادة التدوير، وهو يعيش فوق أو داخل قاع البحر، يلوح بأذرعه فى المياه ليلتقط الغذاء المار فوقه. التحمض سيؤثر على ذلك النوع من الحيوانات بعدة طرق. عندما تتعرض اليرقات لمياه بحر ذو حمضية مرتفعة قليلا يمكن أن يحدث موت جماعى لبعض أنواع من جم-البحر-الهش. وعندما تتعرض الأفراد الناضجة لمياه بحر ذو حمضية مرتفعة قليلا فإنه يبدو أن الحيوان سيحتاج للعمل أكثر حتى يمكنه بناء هيكل أشواكه من كربونات الكالسيوم، وسينتج عن ذلك عدم وجود طاقة كافية ليستخدمها فى بناء العضلات اللازمة لأذرعه الثمانية – وهو ما سينتهى إلى نقص فى العضلات.

Ref: http://oceanacidification.wordpress.com/2008/12/24/near-future-level-of-co2-driven-ocean-acidification-radically-affects-larval-survival-and-development-in-the-brittlestar-ophiothrix-fragilis/

http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/275/1644/1767.abstract

عالم محيطاتنا المتغير - مشكلة عالمية

مع إستمرار إنبعاثاتنا، يستمر تأثرنا بذلك من خلال النظام الذى تتبعه مياه المحيطات لإمتصاص الكميات المتزايدة من ثانى أكسيد الكربون الجوى. نظرا لتعقيدات المحيطات وكيميائيتها فإن العواقب لن تكون بسيطة. فتأثيرات تحمض المحيطات ستختلف فى شدتها ووقت حدوثها، مع ظهور أكبر التغيرات نسبيا فى المناطق القطبية أولا. ستعمل تأثيرات تحمض المحيطات فى توافق مع مؤثرات أخرى ناجمة عن التغير المناخى وعن كيفية إستخدامنا وسوء معاملتنا للبحار فى الماضى والتى خفضت من قدرة البحار على المقاومة أو التكيف مع تلك التغيرات. والتأثيرات الناجمة ستظهر من خلال المحيطات - القلب الأزرق للكوكب والذى يشغل 70% من سطح الكرة الأرضية.

توضح الخريطة التالية النسب المئوية لإنخفاض مستوى التشبع بالأراجونيت منذ عام 1865 وحتى عام 2095 وذلك طبقا للسيناريو الذى وضع حسبما إنبعاثاتنا الحالية لغاز ثانى أكسيد الكربون. ويتضح أن أكبر التغيرات نسبيا ستكون فى مناطق خطوط العرض القصوى شمالا وجنوبا حيث المياه أكثر برودة وتمتص كميات أكبر من ثانى أكسيد الكربون الجوى.

Percentage decrease in Ω_{ar}, 1865 to 2095

20% 30% 40% 50% 60% 70% 80%

Coral Reefs

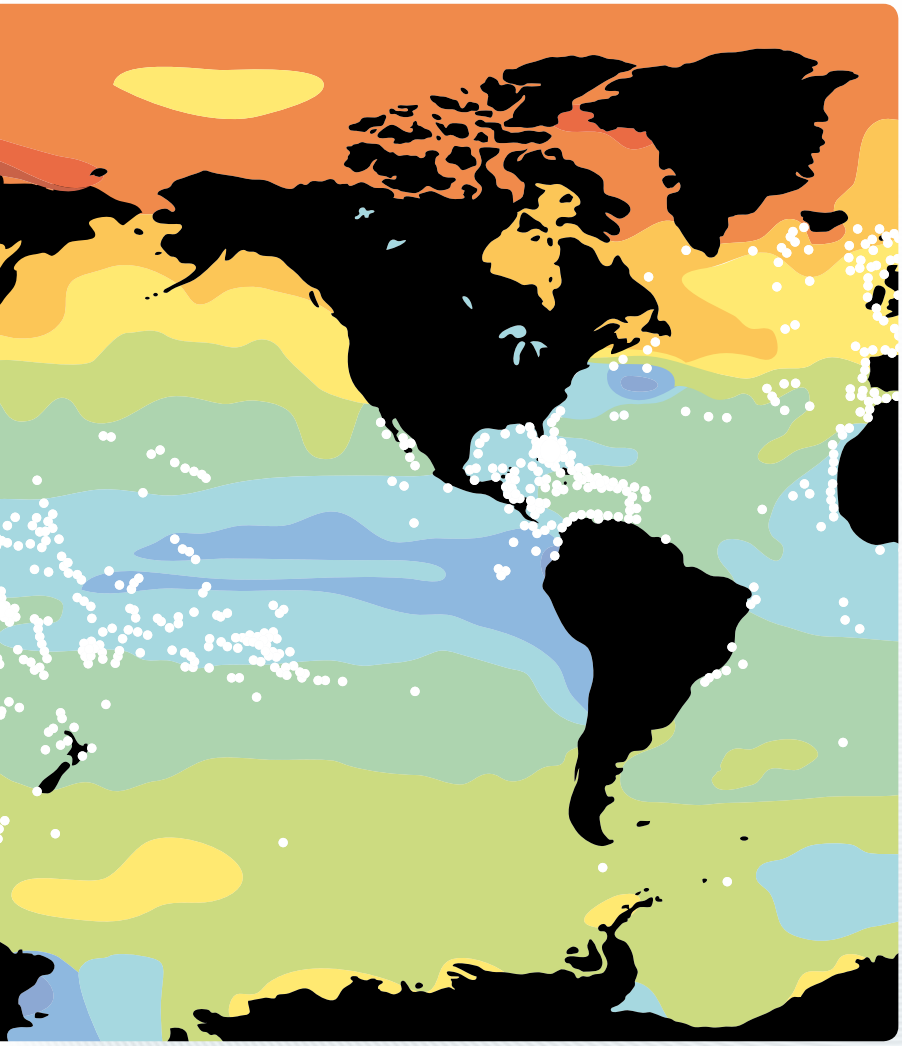


Photo © Russ Hopcroft/UAF

صوب أعلى، صوب أقوى

تعتبر المحيطات القطبية الباردة من أكثر المحيطات إنتاجية على كوكب الأرض. توجد فى قاعدة السلسلة الغذائية مجموعات من الحلزونات هائمة فى الماء وصغيرة تسمى بتيروبود (Pteropods) تستخدم أقدامها المتحورة لتشق طريقها سباحة عبر مياه المحيطات. وتعتمد كل أنواع الحياة على مثل هذه الحيوانات والنباتات المتناهية فى الصغر، حيث أن الحيوانات الكبيرة نسبيا والتى نعرفها تتغذى على تلك الأنواع الصغيرة التى لا نعرفها جيدا.

ولأن المياه الباردة يمكنها إمتصاص كميات ثانى أكسيد الكربون أكثر من المياه الدافئة، فإن تحمض المحيطات أصاب المناطق القطبية بصورة مبكرة وأقوى. إرتفاع التحمض يمكن أن يقاس الآن فى مياه تلك المناطق، كما أصبحت ردود الفعل البيولوجية واضحة (Moy *et al.*, 2009).

حلزون البتيروبود وبعض الهائمات المتكلسة الأخرى ربما تكون عرضة للتأثر بالزيادة فى الحمضية. ومن خلال التجارب أظهرت أصدافها، والتى تحميها من المفترسات وكذلك تستخدمها لتوازن حركتها خلال عملية الهجرة الأفقية اليومية، بطء فى معدل النمو عندما تتواجد فى مياه ذات حمضية مرتفعة (Comeau *et al.*, 2009)، وأنها أصيبت بقضمات وتقشير وذوبان جزئى عندما وضعت فى مياه بحر حمضية (Orr *et al.*, 2005). لم يعرف بعد مدى تأثير تحمض المحيطات على تلك الكائنات الرئيسية للحياة فى مياه محيطاتنا الباردة، ولكن من المحتمل أن يكون كبيرا ويزداد أثره بتأثيره على كل السلسلة الغذائية فى تلك النظم البيئية الحساسة.

Ref: Comeau, S., G. Gorsky, R. Jeffree, J. L. Teyssié and J.-P. Gattuso (2009). Impact of ocean acidification on a key Arctic pelagic mollusc (*Limacina helicina*). *Biogeosciences*, 6, 1877-1882

Moy, A.D., W.R. Howard, S.G. Bray and T.W. Trull (2009). The reduced calcification in modern Southern Ocean planktonic foraminifera. *Nature Geoscience*, 2,276-280. DOI: 10.1038/ngeo460

Orr, J.C., V.J. Fabry, O. Aumont, L. Bopp, S.C. Doney, R.A. Feely, A. Gnanadesikan, N. Gruber, A. Ishida, F. Joos, *et al.* (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437 (7059), 681-686

Photo © Dan Laffoley

نيمو – تائه فى البحر؟

نادرا ما ندرك أن الصفات الخاصة بالمحيطات تتحدد بقدرة يرقات الأنواع المنجرفة عبر تيارات المياه فى المحيطات على العثور على طريقها للبيئات المناسبة لمعيشة بنى جنسها!

يرقات العديد من الكائنات تعثر على البيئات المناسبة عن طريق تحسس (شعيرات الشم) العناصر الكيميائية فى مياه البحر والتى تعيش فيها الأفراد الناضجة. على سبيل المثال، سمكة المهرج، والمعروفة عند عشاق مشاهدة الأفلام بإسم "نيمو"، تجد طريق العودة إلى موطنها شقائق النعمان بإستخدام شعيرات الشم. هذه الإحساسات ربما تتضرر بإرتفاع حمضية مياه البحر. وينتج عن ذلك إرتباك وربما تؤدى إلى إجتذاب بعض الكائنات إلى أشياء كانت تتفاداها سابقا (Munday *et al.*, 2009). وترجح التجارب ذات المستوى المفرط فى دراسة تحمض المحيطات، فقدان شعيرات الشم تماما.

Ref: http://www.pnas.org/content/106/6/1848

Munday, P.L., D.L. Dixson, J.M. Donelson, G.P. Jones, M.S.Pratchett, G.V. Devitsina and K.B. Døving (2009). Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(6), 1848-1852 doi:10.1073/pnas.0809996106

Photo © Dan Laffoley/IUCN

الفردوس المفقود

الشعاب المرجانية هى أغنى البيئات البيولوجية تنوعا على الأرض، وهى توفر الغذاء والموارد وحماية السواحل لمئات الملايين من الأشخاص. وهى تقع تحت وطئة أخطار مستمرة وكثيرة بسبب التغير المناخى، والذى يؤدى إلى إرتفاع درجة حرارة المحيطات إلى معدلات أعلى مما تحتمله المرجانيات (مسببة إبيضاض المرجان)، والتى تتحد مع إرتفاع تحمض المحيطات. المرجان فى الحاجز المرجانى الأعظم أظهر إنخفاض فى معدلات تكلسه، ربما كإستجابة لتأثيرات إندماج تحمض المحيطات مع الإرتفاع فى درجة الحرارة (De'Ath *et al.*, 2009).

إستوطنت المرجانيات البحار الإستوائية فى العالم لأكثر من 200 مليون سنة. ومن المنتظر أنه إذا ما إستمرت معدلات ثانى أكسيد الكربون الجوى فى الإرتفاع كما هو متوقع، فإنه بحلول عام 2050 ستصل الظروف البيئية للحدود القصوى بالنسبة لمرجانيات المياه الدافئة (e.g. Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007). ويمكن أن نتوقع إختفاء بعض الأنواع. بحلول عام 2100 حوالى 70% من مرجانيات المياه الباردة يمكن أن تتعرض إلى مياه حمضية تسبب تآكلها (Guinotte *et al.*, 2006) مما يمكن أن يمزق هذه النظم البيئية الهامة

Ref: http://www.zsl.org/science/news/coral-reefs-exposed-to-imminent-destruction-from-climate-change,605,NS.html

http://www.wwnorton.com/cgi-bin/ceilidh.exe/pob/forum/?C350e5a913KHc-7127-411-90.htm

De'Ath, G., J.M. Lough and K.E. Sabricius (2009). Declining coral calcification on the Great Barrier Reef. *Science*, 323,116-119doi:10.1126/science.1165283

Guinotte, J.M., J. Orr, S. Cairns, A. Freiwald, L. Morgan and R. George (2006). Will human induced changes in seawater chemistry alter the distribution of deepsea scleractinian corals? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(3), 141-146

Hoegh-Guldberg, O., P.J. Mumby, A.J. Hooten, R.S. Steneck, *et al.* (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742 .doi:10.1126/science.1152509

الكثير من الأسئلة، والقليل من الإجابات، ووقت قصير للعمل

منذ أن أصبح تحمض المحيطات معروفا فى عام 2005 من خلال إصدار تقرير الجمعية الملكية، بدأ إهتمام ليس له مثيل بالعمل فى تلك القضية، وكذلك إطلاق عدة نداءات من العلماء والمنظمات والهيئات الدولية لإتخاذ إجراءات عاجلة.

ماذا يقول العلماء

إتساع وعمق الإهتمام بالمشكلة ينعكس من خلال الإتفاق المدهش والمتزايد فى تصريحات العلماء المتعلقة بتحمض المحيطات، والتى نسرد بعضها هنا.

- 2005: الجمعية الملكية "تحمض المحيطات يرجع إلى زيادة ثانى أكسيد الكربون الجوى".
- 2006: المجلس الإستشارى الألمانى للتغير المناخى صرح بأن محيطات المستقبل - تزداد دفئا، ترتفع لأعلى، تتحول للحمضية.
- 2007: توصيات المبادرة الدولية للشعاب المرجانية الخاصة بتحمض المحيطات والشعاب المرجانية.
- 2007: تقرير التقييم الرابع للتغير فى المناخ والصادر من الهيئة عبر الحكومية لمستشارين التغير المناخى (IPCC): تقر هيئة المستشارين بأنه توجد تهديدات عاجلة ومستقبلية لتحمض المحيطات على النظم البيئية للمحيطات.
- يونيو 2008: تحليل الوضع: إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون والتغير المناخى: تأثر المحيطات وقضايا التأقلم. المناخ والنظم البيئية فى القطب الجنوبى الأسترالى - المركز المشترك للأبحاث.
- أغسطس 2008: إعلان هونولولو المتعلق بتحمض المحيطات وإدارة الشعاب، من إعداد صون الطبيعة وإصدار الإتحاد الدولى لصون الطبيعة.
- ديسمبر 2008: إعلان موقف الإتحاد الأوروبى للعلوم الجيولوجية من تحمض المحيطات.
- يناير 2009: إعلان موناكو.
- يونيو 2009: تصريح هيئة المستشارين عبر الأكاديمية والمتعلق بتحمض المحيطات.
- يونيو 2009: مؤسسة العلوم الأوروبية - موجز السياسة العلمية لتأثيرات تحمض المحيطات.
- يونيو 2009: التقرير التحليلى لمؤتمر التغير المناخى: المخاطر العالمية، التحديات والقرارات. والذى أعد فور إنتهاء المؤتمر فى 12-10 مارس 2009.
- يوليو 2009: ملخص لمتخذى القرارات من الندوة الثانية ل "المحيطات فى عالم ذو معدلات عالية من ثانى أكسيد الكربون".
- يوليو 2009: جمعية لندن لعلم الحيوان، البرنامج الدولى لحالة المحيطات (IPSO) وتصريح الجمعية الملكية المتعلق بمستقبل الشعاب المرجانية.

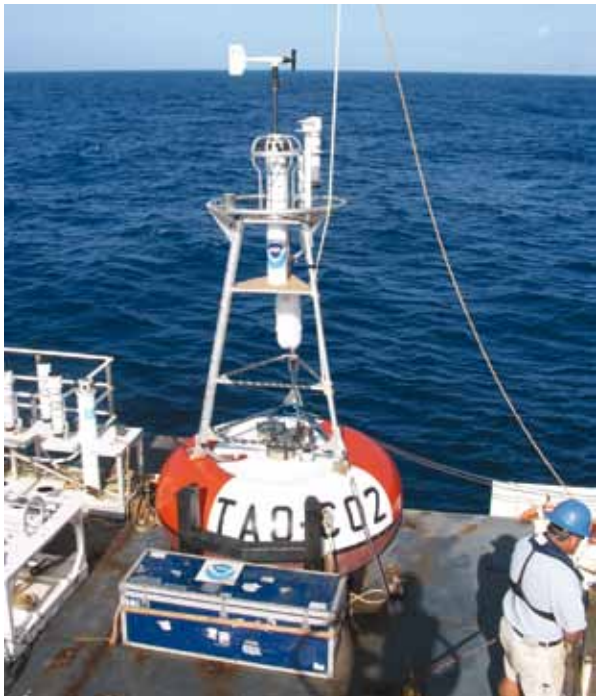


Photo © US National Oceanic and Atmospheric Administration

نمط إرتفاع حمضية مياه المحيطات قد بدأ قياسه بالفعل فى المياه المفتوحة للمحيطات.

ما هى الدراسات التى تجرى حاليا؟

خلال السنوات القليلة الماضية كان هناك تطور ملحوظ فى الدراسات العلمية لتفهم ما يحدث الآن وما يمكن أن يحدث فى المستقبل نتيجة تحمض المحيطات.

الوقت ليس فى جانبنا - فالمحيطات أصبحت بالفعل أكثر حمضية. مطلوب الآن إجراءات حاسمة لإنبعاثات ثانى أكسيد الكربون ومقاييس وقائية لتوفير أقصى حماية للنظم البيئية الحساسة.

الدراسات الحالية تركز على تفهم عواقب وآليات تلك المشكلة العالمية لتحديد أحسن الأساليب للتعامل معها. هناك حاجة لضمان تحديد إهتمامات الدول النامية بالقدر الكافى، وكذلك فإن الحقائق العلمية الجديدة يجب أن تنشر سريعا على المجتمع العلمى بمجرد التوصل إليها.

الأبحاث الكبيرة التى ما زالت تحت القيد أو التى فى مراحل متقدمة تشمل:

- **الإتحاد الأوروبى:** اللجنة الأوروبية قامت بتمويل المشروع الأوروبى لتغير المناخ (EPOCA)، وهو مبادرة لدراسة "تحمض المحيطات وعواقبه" كنشاط مشترك بين عدد من الدول ويشمل 29 مختبرا يقع فى 9 دول أوروبية. أبحاث ذلك المشروع يتم إجراؤها الآن بالفعل وتهدف إلى

متابعة تحمض المحيطات وتأثيراته على الكائنات والنظم البيئية البحرية، لتحديد مخاطر إستمرار الإرتفاع فى التحمض، ولفهم كيفية تأثير تلك التغيرات على نظام كوكب الأرض.

- **المملكة المتحدة:** فى 2007-2004 أجريت دراسة حول تأثرات البيئة البحرية بثانى أكسيد الكربون (IMCO2)، بتمويل من هيئات حكومية. وفى ربيع 2009 أعلنت المملكة المتحدة عن بدأ برنامج يستمر لمدة 5 أعوام وبتمويل قدره 11.8 جنيه إسترلينى، لدراسة التغيرات فى النظم البيئية للمحيطات نتيجة لتحمض المحيطات (يتشارك فى النفقات كل من: مجلس أبحاث البيئة الطبيعية وقسم البيئة، شئون التغذية والقرى (Defra) وإدارة الطاقة والتغير فى المناخ (DECC).

- **ألمانيا:** التأثيرات البيولوجية لتحمض المحيطات (BIOACID). هذا المشروع المشترك يضم 18 معهد بحثى وهو ممول من الوزارة الفيدرالية للتربية والأبحاث (BMBF) ولمدة أولية 3 أعوام تبدأ من سبتمبر 2009. والهدف الرئيسى للمشروع هو دراسة تأثيرات تحمض المحيطات على الكائنات البحرية بداية من ما تحت الخلية وحتى النظام البيئى ككل، والتأثيرات المحتملة على خدمات النظام البيئى والتتابعات البيوجيوكيميائية.

- **الولايات المتحدة:** القرار الفيدرالى لأبحاث ومراقبة تحمض المحيطات: فى 2009. وقام الرئيس أوباما بالتصديق على القانون رقم 11-111 فى مارس 2009. وينص القرار على أن الإدارة الوطنية للمحيطات والمناخ، والمؤسسة الوطنية للعلوم، والوكالات الفيدرالية الأخرى تعمل معا على تطوير برنامج وطنى لتحمض المحيطات يبدأ فى 2010.

- **اليابان:** يوجد خمس برامج كبيرة فى اليابان ممولة لإجراء أبحاث لها علاقة بتحمض المحيطات. وزارة البيئة اليابانية تدعم برامج الأبحاث لتتوصل إلى معرفة التأثيرات المستقبلية لتحمض المحيطات على الكائنات البحرية المختلفة بإستخدام أعقد التقنيات العلمية. وزارة التربية والعلوم والرياضة والثقافة (MEXT) والوكالة اليابانية لعلوم البحار والتكنولوجيا (JAMSTEC) يدعما أيضا أبحاث تحمض المحيطات، على سبيل المثال أبحاث فى مجال تصميم برامج محاكاة لكوكب الأرض بإستخدام كمبيوتر فائق السرعات لتوقع تحمض المحيطات فى المستقبل.

- **الصين:** بدأت كلا من وزارة العلوم والتكنولوجيا والمؤسسة الصينية للعلوم الوطنية فى دعم أبحاث متخصصة فى مجال تحمض المحيطات. CHOICE-C إسم المشروع الجديد الذى تم تمويله ولمدة 5 أعوام لدراسة إرتفاع ثانى أكسيد الكربون وتحمض المحيطات فى البحار على الحدود الصينية، وهو مشروع مشترك يضم سبعة معاهد علمية كبيرة وبتمويل يبلغ 34 مليون RMB. وقد بدأت المؤسسة الصينية للعلوم الوطنية فى تمويل أبحاث تحمض المحيطات منذ عام 2006، وهناك العديد من المشاريع البحثية على المستوى الوطنى تجرى حاليا لإستكشاف تأثيرات تحمض المحيطات على الكائنات المتكلسة.

Photo © Armin Form, IFM-GEOMAR

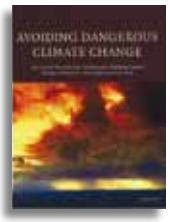
مرجان المياه الباردة من نوع *Lophelia pertusa* ويظهر البوليب وهو ممتد للخارج ليلتقط غذائه.

- **كوريا:** المؤسسة الكورية للعلوم والهندسة قامت بتمويل مشروع لدراسة تأثيرات إرتفاع ثانى أكسيد الكربون ودرجة الحرارة على المجموعات الطبيعية للهائمات البحرية، ويضم المشروع خمس مختبرات بحثية كورية.

- **أستراليا:** تحمض المحيطات فى أستراليا يتركز فى القطب الجنوبى والمناطق الأسترالية. مركز الأبحاث المشترك للمناخ والنظم البيئية فى القطب الجنوبى (شراكة بين CSIRO وAAD ومكتب الأرصاد الجوية وجامعة تاسمانيا) تتركز أبحاثه فى المحيط الجنوبى وتتضمن متابعة التغيرات فى كيميائية مياه البحر وإستجابة الكائنات الرئيسية لتلك التغيرات. فى المناطق الإستوائية، بدأ مشروع متابعة ونمذجة مشترك، بين CSIRO و NOAA-USA و NIES-Japan وجامعة كوينزلاند، فى منطقة الحاجز المرجانى الأعظم ومنطقة جنوب المحيط الهادى. حساسية الحاجز المرجانى الأعظم تجاه تحمض المحيطات ركز عليها أيضا المعهد الأسترالى لعلوم البحار والعديد من الجامعات (الجامعة الوطنية الأسترالية، جامعة كوينزلاند، جامعة سيدنى، جامعة جيمس كوك) من خلال متابعة طويلة الأجل لمياه الشعاب، ودراسة البيئة-التاريخية من خلال دراسة تراكيب هياكل المرجان، وتجارب ميدانية ومعملية على كائنات الشعاب المرجانية.

عالم محيطاتنا المتغير - مشكلة عالمية

بالإضافة إلى توافق آراء التصريحات والدراسات العلمية التى تجرى حاليا أو المخطط لها، هناك عدد من التقارير الرئيسية التى تم إصدارها عن تحمض المحيطات.



المرة الأولى التى يصبح فيها صانعى السياسات على دراية بتحمض المحيطات كانت من خلال المؤتمر الدولى عام 2005 عن *Avoiding Dangerous Climate Change: A Scientific Symposium on Stabilisation of Greenhouse Gases* وعقد هذا المؤتمر تحت رئاسة المملكة المتحدة خلال الإجتماع الثامن G8. وبإشتراك حوالى 200 عالم دولى معروف من 30 دولة. ناقش المؤتمر العلاقة بين تركيز غازات الإحتباس الحرارى الجوى، وإرتفاع درجة حرارة الجو 2 درجة مئوية (3.6 فهرنهيت) الحد الأعلى للإحترار العالمى وهو الذى تم إعتباره حينئذ ضرورى لتفادى أخطر تأثيرات الإحترار العالمى. وفى الماضى كان التركيز المقبول به عامة هو 550 جزء فى المليون.

أول الإصدارات المهمة عن تحمض المحيطات والتى تلت المؤتمر. وثيقة سياسات أصدرتها الجمعية الملكية عام 2005 *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide* وفيها برز تحمض المحيطات على أنه خطر ملحوظ على العديد من الكائنات المتكلسة والتى يمكن أن تغير من السلسلة الغذائية وباقى عمليات النظام البيئى مما سيؤدى إلى إنخفاض التنوع البيولوجى للمحيطات. وقد وضعت المجموعة المكلفة بالعمل توصيات لسياسات محددة، تشمل تحديد تراكم إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون لتفادى الأضرار الوشيكة من تحمض المحيطات.

فى عام 2006، أصدر المجلس الألمانى لمستشارى التغير العالمى وثيقة *The Future Oceans – Warming Up, Rising High, Turning Sour* تقدم هذه الوثيقة مخاطر التحمض بين سياق عمليات تأثر المحيطات بالعوامل الأخرى لتغير المناخ. وكان هناك توجيه لصانعى السياسات على ضرورة التعرف على دور ثانى أكسيد الكربون كأحد مخاطر المحيطات، خلال المفاوضات المستقبلية فى إطار إتفاقية الأمم المتحدة للتغير المناخى.

Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers: A Guide for Future Research وهو عمل مشترك بين NSF و NOAA و USGS . هذا التقرير صدر فى عام 2006 وهو ملخص عن آخر ما توصل إليه العلم بشأن العواقب البيولوجية للتحمض، وخصوصا التأثيرات على الكائنات المتكلسة. ويختتم التقرير بإقتراح جدول أعمال للأبحاث وإبراز الحاجة للبحث العلمى لوضع التغيرات البيولوجية الناتجة عن التحمض فى شكل مرجعى تاريخى.

فى عام 2006، تم إصدار تقرير بواسطة إتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال-شرق الأطلنطى (إتفاقية أوسبار OSPAR)، *Effects on the Marine Environment of Ocean Acidification Resulting from Elevated Levels of CO_2 in the Atmosphere*، وهو من نتاج ورشة العمل المتخصصة فى مجال أبحاث تحمض المحيطات.

منذ عام 2007 وتباعا، بدأ تحمض المحيطات فى الظهور بإنتظام فى تقارير المملكة المتحدة عن التأثيرات البحرية للتغير المناخى. وأخذ ذلك شكل *Annual Report Cards* (MCCIP). وفى أبريل 2009 حدثت تغطية أكبر لتحمض المحيطات من خلال إصدارهم الذى يستكشف *Ecosystem Linkages*. ويعتمد هذا الإصدار على التقارير السنوية السابقة ليظهر كيف أن طبيعة الروابط المتداخلة للنظام البيئى البحرى تضاعف قوة العديد من التأثيرات المنفردة الناتجة عن التغير المناخى.

برنامج الولايات المتحدة لكربون والبيوجيوكيميائية المحيطات (OCB) قام برعاية ورشة عمل بالتعاون مع NOAA و NASA و NSF، عقدت فى معهد سكريبس لعلوم المحيطات بهدف إعداد إستراتيجية الولايات المتحدة للأبحاث. تم إعداد الخطة بالتعاون مع 100 عالم لدراسة تأثيرات تحمض المحيطات على أربعة بيئات بحرية متباينة: الشعاب المرجانية، الحدود الساحلية، النظم البيئية الإستوائية-فوق إستوائية فى المحيطات المفتوحة، والمناطق الواقعة على خطوط العرض فى أقصى الشمال. وقدمت الأبحاث المقترحة فى تقرير عام 2008 وتشمل *Present and Future Impacts of Ocean Acidification on Marine Ecosystems and Biogeochemical Cycles*.

كذلك فى 2008، تم إعداد وثيقة سياسات هامة قدمت إلى الحكومة الأسترالية: *Position Analysis: CO_2 Emissions and Climate Change: Ocean Impacts and Adaptation Issues*. تمت صياغة هذا التقرير ليصف عملية التحمض، ويحدد التأثيرات البيولوجية والإنسانية، ويقدم إلى الحكومة الأسترالية مقترحات تتعلق بتطوير السياسات. وكان ملحق بالتقرير مطوية حقائق من ورقة واحدة تحمض المحيطات: التأثيرات الأسترالية فى محيط عالمى، ناقشت تحمض المحيطات فى نطاق علمى: ماذا نعرف، ما المطلوب معرفته، ماذا يمكن أن نفعل.

فى عام 2009 صدر تقرير هام آخر. يدعم سمو الأمير ألبرت أمير موناكو *The Monaco Declaration*، وفى إحدى جلسات عمل المؤتمر الدولى الثانى المحيطات فى عالم ذو معدلات عالية من ثانى أكسيد الكربون، أبدى سموه رغبة جدية فى صياغة إعلان موناكو. ووافق على الإعلان 155 عالم من 26 دولة، وكلهم من الباحثين الرواد فى مجال تحمض المحيطات وتأثيراتها. ويناشد إعلان موناكو صانعى السياسات للعمل سريعا على تفادى الأضرار الجسيمة والواسعة النطاق، والتى تنشأ كلها من إرتفاع تركيزات ثانى أكسيد الكربون الجوى. العمل سريعا على إحتواء هذه المشاكل وإعداد خطط لتثبيت ثانى أكسيد الكربون الجوى عند المعدلات الآمنة، لن يضمن فقط تفادى التغيرات الخطيرة فى المناخ بل وتفادى أخطار تحمض المحيطات أيضا.

نتج عن نفس الإجتماع فى المؤتمر الدولى الثانى المحيطات فى عالم ذو معدلات عالية من ثانى أكسيد الكربون، إصدار *A Summary for Policymakers* عن آخر النتائج التى توصلت إليها الأبحاث والتى قدمت فى المؤتمر. مزيد من المعلومات التحليلية عن التقارير العلمية، وأولوية الأبحاث فى مجال تحمض المحيطات (2009)، متاحة على الموقع الإليكترونى www.ocean-acidification.net

ما هى مجموعة العمل المرجعية لتحمض المحيطات؟

التحدى الرئيسى هو ضمان تصدى العلم لموضوعات مثل تحمض المحيطات والإجابة عن التساؤلات التى تطرح وضمان سرعة وكفاءة وصول تلك الإجابات إلى صانعى السياسات ومتخذى القرار حتى يمكن إتخاذ الإجراءات المناسبة. مجموعة العمل المرجعية لتحمض المحيطات (RUG) تم تشكيلها فى المملكة المتحدة من خبرات أوروبية ودولية فى مجال سرعة إقتفاء تبادل المعلومات بين العلماء والمستفيدين.

تأسست مجموعة العمل RUG فى عام 2008 لدعم عمل المشروع الأوروبى لتحمض المحيطات (EPOCA)، وتم زيادة نطاق عملها لتدعم دراسات تكميلية فى كلا من ألمانيا (BIOACID) والمملكة المتحدة وبعلاقات قوية مع نظام مماثل فى الولايات المتحدة. كونت مجموعة العمل RUG قاعدة عريضة من المستفيدين لدعم عمل العلماء الرواد فى مجال تحمض المحيطات، وتيسير سرعة إنتقال المعرفة، والمساعدة فى وصول العلم الجيد لمستفيديه.

هذا الدليل تم إعداده على ضوء خبرة مجموعة العمل RUG، بالتعاون مع الخبراء الرواد فى تحمض المحيطات، لتقديم تمهيد إلى صانعى السياسات ومتخذى القرار عن تلك القضايا الحرجة والطارئة.

Photo © Marie-Dominique Pizay, CNRS

علماء EPOCA والغواصين أثناء تجميعهم لكائنات حية من قاع البحر وتسجيلهم لمعلومات بيئية فى المنطقة القطبية.

■ **مجموعة العمل RUG تم تشكيلها بممثلين من:**

Alfred Wegener Institute of Polar and Marine Research, BP, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CNRS), Canadian Tourist Industry Authority, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Climate Central (Princeton University), Conservation International, Directorate of Fisheries (Norway), Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), Greenpeace, International Atomic Energy Agency, Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM – GEOMAR), International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), International Union for the Conservation of Nature (IUCN), Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environment (LSCE), Marine Institute (Ireland), Natural England, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC), Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Plymouth Marine Laboratory, Rolls Royce, Royal Institution, Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR), Scottish Natural Heritage, Stockholm Resilience Center, The Nature Conservancy, UK Climate Impacts Programme, UNEP World Conservation Monitoring Center, WWF.

■ **المراقبين: اللجنة الأوروبية، شراكة المملكة المتحدة للتأثيرات البحرية للتغير المناخى، مؤسسة أواك (Oak)، أوشيانا (Oceana).**

Photo © Dan Laffoley/IUCN

دليل على الشبكة الإليكترونية

يمكن تحميل نسخة من هذا الدليل التمهيدى لتحمض المحيطات يشتمل على روابط لعدد من المواقع الأخرى والتعرف على المزيد من المعلومات عن أحدث الأبحاث فى ذلك المجال.

http://www.epoca-project.eu/index.php/Outreach/RUG/

تفاصيل وعناوين أخرى

يمكن العثور على تفاصيل أخرى عن أنشطة مجموعة العمل المرجعية لتحمض المحيطات (RUG) والمشروع الأوروبى عن تحمض المحيطات فى موقعنا الإليكترونى:

http://www.epoca-project.eu/index.php/Outreach/RUG/

وإذا كان هناك أى إستفسارات يمكنك التواصل معنا على البريد الإليكترونى:

policyguide-epoca@obs-vlfr.fr

قائمة مصادر المعلومات والمشاركين:

هذا الدليل التمهيدى تم إعداده بالإعتماد على العمل المتاح والذى تم إنجازه بالفعل عن تحمض المحيطات. نود تقديم الشكر للإصدارات التالية والتى ساهمت فى إعداد هذا الدليل:

The frequently asked questions from ocean-acidification.net, the Summary for Policy Makers from the Second Symposium on The Ocean in a High-CO_2 World, the IAP Statement on Ocean Acidification, the European Science Foundation Science Policy Briefing, the Honolulu Declaration on Ocean Acidification, an unpublished report by the Nature Conservancy (Carbon Dioxide Induced Ocean Acidification: An Intemperate Issue), and newsletter 73 from the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP).

ونود تقديم الشكر كذلك إلى العلماء التالى أسمائهم والذين شاركوا بتقديم الرأى فى إعداد هذا التقرير:

Jelle Bijma, Alfred Wegener Institute of Polar and Marine Research, Germany

Sarah Cooley, Woods Hole Oceanographic Institution, MA, USA

Scott Doney, Woods Hole Oceanographic Institution, MA, USA

Richard A. Feely, NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA, USA

Jean-Pierre Gattuso, CNRS, Villefranche-sur-mer, France

Will Howard, Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Australia

Ulf Riebesell, IFM-GEOMAR, Kiel, Germany

Donna Roberts, Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Australia

Carol Turley, Plymouth Marine Laboratory, UK

Ed Urban, SCOR, Newark, DE, USA

اللجان الوطنية SCOR(اللجنة العلمية لأبحاث المحيطات) من الصين وفرنسا وأسبانيا ساعدت فى ترجمة هذه الوثيقة إلى اللغات الصينية والفرنسية والأسبانية. النسخة العربية ترجمها محمد قطب من الهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن (PERSGA). نحن نشكرهم جميعا لمساعدتهم على نشر هذه المعلومات على من لا يتحدث الإنجليزية.

ضمان الجودة

أعد هذا الدليل مجموعة العمل المرجعية لتحمض المحيطات (RUG)، والتى قامت بدعوة الباحثين الرواد للمراجعة العلمية الدقيقة. نود أن نوجه الشكر إلى هؤلاء الأشخاص على مساهماتهم فى إعداد هذا الدليل.

نرجو التنويه عن هذه الوثيقة كالتالى:

مجموعة العمل المرجعية لتحمض المحيطات (2009) دليل تمهيدى خاص لصانعى السياسات ومتخذى القرار

Laffoley, D. d'A., and Baxter, J.M. (eds). European Projet on Ocean Acidification (EPOCA). 12pp.

تم إنتاج هذه الوثيقة بتمويل من Natural England و EPOCA. ومعتمدة على أفضل وسائل الإتصال التى توصلت إليها شراكة المملكة المتحدة لتأثيرات التغير المناخى.

Designed and printed by the Javelin Partnership Ltd. www.javelinpartnership.co.uk