جعلها أوضح

نظرة جديدة على المشكلة العالمية لتحمض المحيطات من أجل الذين يريدون أن يعرفوا المذيد.

فى هذا الدليل قمنا بعمل أربعة أمور جديدة. حيث قمنا بالإجابة عن بعض الأسئلة المهمة التي يسألها العديد من الناس حول تحمّض المحيطات. نحن نتحدث عن تأكد المجتمع العلمي الدولي حول ما يحدث للمحيطات. ونناقش ما يحمل المستقبل للمحيطات مع ارتفاع ثاني أكسيد الكربون ((CO٢ في العالم. ونستكشف عواقب ما يحدث الآن.

الأسئلة والإجابات يسير على خطى ناجحة للغاية للدليل متعدد اللغات الذى يسمى "تحمّض المحيطات الحقائق" ، والذى تم إطلاقه فى في شتاء ٢٠٠٩ في مؤتمر الامم المتحدة للتغير المناخي في كوبنهاغن دليل الأسئلة والإجابات حتما ذو طبيعة تقنية أكثر من الدليل السابق "الحقائق" حيث أنه يستند على العلم والسبب المنطقى وراء هذه الأسئلة المتداولة.

من خلال الوصول إلى الهدف مباشرة وتطوير فهم أفضل حول هذه القضايا الحساسة. لا نتمنى فقط أن يصبح لعدد أكبر من الناس الفهم الكافي لتحمّض المحيطات ولكن أن تتضافر الجهود والأراء وبطموح أكبر وأن يصبحوا أكثر الحاحاً في معالجة واحدة من القضايا البيئية الملحة والهامة والتي تواجهها معظم الأجيال الحالية واللاحقة.

Photo © Palais Princier

مقدمة صاحب الرفعة والسمو الأمير ألبرت ؟ - بعد عامين من إعلان موناكو

منذ سنتين، قمت باستضافة اجتماع لأكثر من ١٥٠ شخصاً من كبار علماء البيئة البحرية في العالم والذين قدِموا من ٢٦ دولة بتنظيم ودعم من قبل الهيئة الحكومية الدولية للمحيطات واللجنة العلمية لأبحاث المحيطات وحكومة موناكو ومؤسستي. انضم هؤلاء العلماء للدعوة من أجل اتخاذ إجراءات فورية من قِبل صُناع السياسات للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث حث العلماء على انخفاض كبير وحاد لتجنب الأضرار الواسعة التي قد تصيب النظام البيئي البحري بسبب تحمض المحيطات. هذا التحذير شكل قلب إعلان موناكو الذى يسعدنى تقديم دعمى الكامل له.

ومنذ عامين، قامت فرق عمل علمية بجهود حثيثة حول العالم في مجال تحمض المحيطات. في بعض الأحيان قد تربك نتائج هذا العمل التوقع المبكر لآثار تحمض المحيطات، ولكن معظم ما تعلمناه منذ إعلان موناكو هو أن هناك الذيادة الكبيرة والمثيرة للقلق وحجم التأثير المحتمل الذي قد تحمله انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المحيط وبالتالى علينا.

ويسعدني أن مؤسستي دعمت مطبوعة تحمض المحيطات: الأسئلة المجابة. حيث مرةً أخرى يجتمع علماء العالم معاً للاتفاق حول مرجع لمجموعة المستخدمين حول تحمض المحيطات، لمعالجة قضية جديدة – وهي عدم اليقين والمعلومات الخاطئة حول تحمض المحيطات.

وانا مقتنع بانه من خلال التسلح بهذه التوضيحات الإجابات للأسئلة الجديدة التي ظهرت، سيسهم هذا العمل في التغلب على الحواجز التي تقف في الطريق المؤدي إلى تحقيق مزيد من التقدم السريع للتصدي لتحمض المحيطات.

HSH Prince Albert of Monaco

تحمض المحيطات الأسئلة المجابة

عرض المشهد

الإنتشار الواسع لإستخدام الوقود الأحفوري منذ نهاية الثورة الصناعية الأولي في ١٨٣٠،وعملية إزالة الغابات وانتاج الأسمنت، و انتاج ما يزيد عن ٤٤٠ مليون سنتمر معكب من غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي (نصفها في الثلاثين السنة الأخيرة). إطلاق هذه الكميات الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) «المحبوسه سابقاً» يعزز من ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية ويعرّض مستقبل استقرار مناخ الأرض للخطر. ولحسن الحظ أن ما لا يقل عن ثلث ثاني أكسيد الكربون الإضافي يمتص من خلال النباتات والمحيطات، الأمر الذي يؤدي إلى تباطؤ كبير في معدل ومدى إنتشار التأثيرات الناجمة عن تغير المناخ الملحوظة حتى الآن. ولكن مع ذلك هناك عواقب أخرى وبخاصة على المحيطات.

Photo © Karen Hissmann, IFM-GEOMAR

مشهد الحيود المرجانية في المياه الباردة على عمق ٢٢٠كم مأخوذ من غاطسة البحوث جاغو.

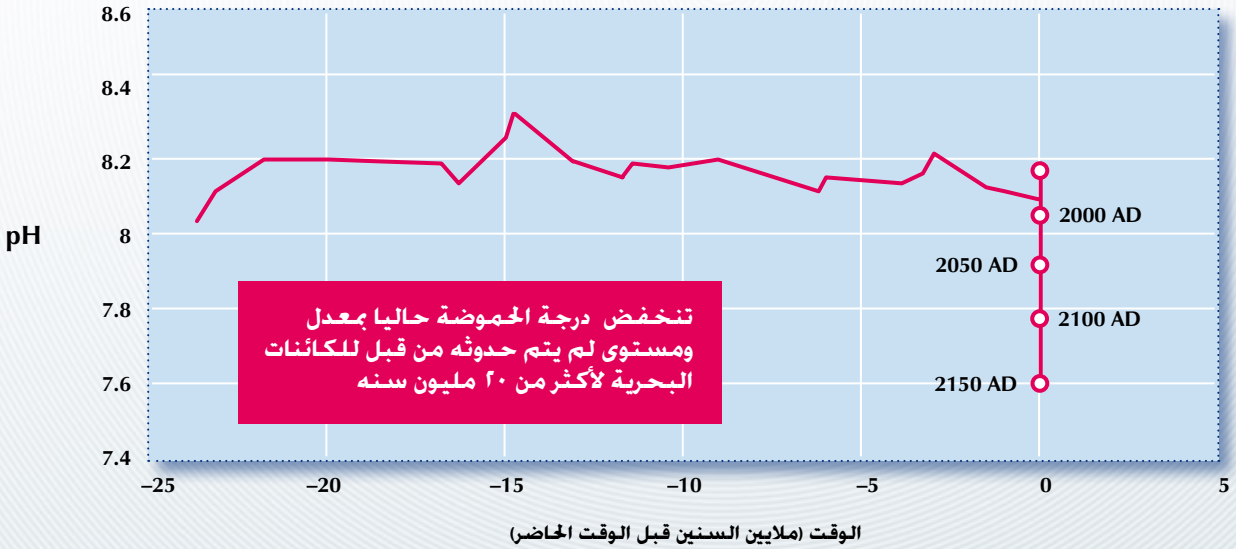
مشكلات 'ثاني أكسيد الكربون' الأخرى

عند إطلاق كمية إضافية من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي تذوب هذه الكمية في مياه البحر. فتحدث العديد من التغيرات الكيميائية. وهذه التغيرات تعرف بشكل مجتمع بتحمّض المحيطات - وأيضاً تعرف بالمشاكل الأخرى لثاني أكسيد الكربون» و«توأمه الشرير التغير المناخي». فقطفي الآونة الأخيرة تمت ملاحظة تحمّض المحيطات والذى قد تكون عواقبه وخيمة تماماً مثل عواقب ازدياد درجة الحرارة الناجّة من التغير المناخي. وفى حين أن متابعة التغير المناخي صعبة بسبب انتشاره واتساعه ، نجد أنه يمكن قياس تحمّض المحيطات وتوقعه. أظهرت الدراسات الحديثة أن معدل امتصاص المياه السطحيه للمحيطات لثاني أكسيد الكربون - والمعدل الناتج من تحمّض المحيطات- هو أسرع بـ ١٠٠ مرة من فترة نهاية العصر الجليدي (أي منذ ٢٠٠٠٠ سنة)، وهي آخر مرة كان الارتفاع فيها ملحوظاً.

المحيطات تتحمض بسرعة

التغير في درجة الحموضة خلال ٢٥ مليون سنه الأخيره.

Source after Turley *et al.* in Avoiding Dangerous Climate Change (2006).



حل الالتباس، وتقديم الوضوح

ظهرت مشكلة تحمّض المحيطات بوصفها قضية بارزة وعلى مستوى عالٍ خارج الأوساط العلمية في عام ٢٠٠٥، ضمن منشور للتقرير للجمعية الملكية، والتي قد سبق ذكرها في مطبوعات تعود إلى عام ١٩٧٠، ولكن بشكل مستمر أكثر في العشر السنوات السابقة لنشر تقرير الجمعية الملكية. فمنذ ٢٠٠٥ بدأت دراسة علمية أساسية بالرغم من أن هناك العديد من الأسئلة، يوجد قدر كبير من الآراء العلمية تدرك ان تحمّض المحيطات حقيقي وذو خطر كبير على طريقة حياتنا. فعلى سبيل المثال نصت الهيئة الأكاديمية للقضايا الدولية في بيان تحمض المحيطات على أنه ‹وحتى مع تحقيق الاستقرار من CO٢ في الغلاف الجوي في ١٤٥٠ppmv، فإن تحمض المحيطات سيكون لها تأثيرات عميقة على العديد من الأنظمة البحرية. هناك حاجة لتخفيضات كبيرة وسريعة لانبعاثات CO٢ العالمية على الصعيد العالمي بما لا يقل عن ٥٠ ٪ بحلول عام ٢٠٥٠.›

احد التحديات في فهم تحمّض المحيطات ان العديد من الناس تجد أن العلم معقد ومربك وهي قضايا يجب حلها الآن وبسرعة. وهذا إذا ما كنا سنعمل ضمن طموح مشترك وحاجة ملحة للتقليل إلى حد كبير من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وبالتالي نقلل التغيرات الحالية التي نراها في المحيطات من حيث التحمّض. للمساعدة في هذه العملية في شتاء ٢٠٠٩ ومباشرة بعد مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي في كوبنهاغن، اجتمع ٢٧ من العلماء البارزين من ١٩ مؤسسة وخمسة بلدان لتقديم المعلومات والإجابات على العديد من الأسئلة المشتركة التي يتم طرحها حول تحمّض المحيطات[٢]. فشكّل هذا التحليل العلمي والمناقشات الأسس لهذا الدليل الجديد.

مياه القطب الجنوبي هي واحدة من المناطق التي تحدث فيها أسرع التغيرات في درجة الحموضة في المحيط.

Photo © John M Baxter

حتى مع استقرار ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على مستوى ٤٥٠ ppmv، يبقى تحمض المحيطات له آثار عميقة على العديد من الأنظمة البحرية.

١ Ppmv هي جزء من المليون للحجم (جزء واحد لكل مليون بالحجم وتعادل الحجم المعطي للغاز المخلوط بمليون الحجم للهواء)

٢هذا العمل للبرنامج الأمريكي لكربون المحيط و الكيمياء الحيوية (OCB; www.us-ocb.org) تم بدعم من المشوع الأوروبي لتحمض المحيطات (EPOCA; http://www.epoca-project.eu/) والبرنامج البريطاني لبحوث تحمض المحيطات (http://www.oceanacidification.org.uk) . قام كبار العلماء في مجال تحمض المحيطات بتجميع الردود على قائمة من ٣٩ سؤال من الأسئلة المتداولة والتي تخضع لمراجعة النظراء.

الدراسات الرئيسه يجرى تنفيذها أو بمراحل متقدمة من التخطيط

المملكة المتحدة

نفذت دراسة مابين ٢٠٠٤- ٢٠٠٧ حول تأثر البيئة البحرية بثاني أكسيد الكربون (IMCO٢)، وموّله من قبل وزارة البيئة والغذاء والشؤون الريفية ووزارة التجارة والصناعة. في ربيع ٢٠٠٩ أعلنت المملكة المتحدة عن برنامج لمدة خمس سنوات بتمويل مقدارة ١٢ مليون جنيه استرليني لإجراء بحوث عن تغيرات أنظمة المحيطات من حيث الاستجابة لتحمّض المحيطات (وبتكلفة مشتركة بين مجلس الأبحاث البيئة الطبيعية و وزارة البيئة والغذاء والشؤون الريفية ووزارة الطاقة والتغير المناخي (DECC)). ويشترك بالبرنامج ٢١ مؤسسة بحثية في المملكة المتحدة ويتعاون مع هذا المشروع كل من EPOCA و BIOACID.

الولايات المتحد

القانون الفدرالي لبحوث ومراقبة تحمّض المحيطات(FOARM): الصادر عام ٢٠٠٩. تم التوقيع على مرسوم FOARAM في الولايات المتحدة القانون العام ١١١-١١ من قبل الرئيس أوباما فى مارس ٢٠٠٩. ووفقا للقانون، الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، ومؤسسة العلوم الوطنية، ووكالات اخادية أخرى تعمل جنبا إلى جنب مع اللجنة الإستشارية لبحوث وموارد المحيطات (ORRAP) مكونة فرقة العمل التنفيذى لتحمّض المحيطات ويعنى بوضع برنامج وطني لتحمّض المحيطات. ابتداء من هذا العام ، عمل فريق عمل الوكالات المعنية بتحمّض المحيطات بجمع مدخلات هذه المجموعات وتجميع خطة وطنية للمراقبة والبحوث، وتقييم الآثار لتحمّض المحيطات، واستراتيجيات للمحافظه والتي ستقدم الى الكونغرس مارس ٢٠١١. وقد بدأت بالفعل العديد من الوكالات بتمويل بعض البحوث وأنشطة التوعية والمراقبة لتحمّض المحيطات المبينة فى قانون FOARAM.

أستراليا

يركز تحمّض المحيطات في استراليا على القطب الجنوبي والأقاليم الاسترالية. يرعى مركز البحوث التعاونية لمناخ القطب الجنوبي والنظم البيئية (بالشراكة مع الشعبة الاسترالية للقطب الجنوبي، جامعة تازمانيا، منظمة الكومنولث الاسترالية للبحوث العلمية و(CSIRO)، إدارة تغير المناخ وكفاءة الطاقة (DCCEE)، المعهد الوطني لأبحاث الغلاف الجوي والمياه (NIWA) نيوزلندا، و معهد ألفريد فاغنرAW (ألمانيا) (البحوث في المحيط الجنوبي والتي تضم رصد تغيرات كيمياء مياه البحر واستجابة الأنواع الرئيسية. في المناطق المدارية بدأ برنامج تعاوني للمراقبه والنمذجه بين منظمة الكومنولث الاسترالية للبحوث العلمية و الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (الولايات المتحدة الأميريكية)، و المعهد الوطني للدراسات البيئية (اليابان) وجامعة كوينزلاند وقد بدأو بالفعل في الحيد المرجاني العظيم ومنطقة جنوب المحيط الهادئ. هشاشة الحيود المرجانية لتحمّض المحيطات تم طرحها من خلال المعهد الأسترالي لعلوم البحار والعديد من الجامعات (الجامعة الوطنية الاسترالية، وجامعة كوينزلاند وجامعة سيدني وجامعة جيمس كوك)، من خلال مراقبة على نطاق واسع لمياه الحيد المرجانى، وإستعادة الظروف الماضية من خلال العينات المرجانية، والتجارب الميدانية والمخبرية على كائنات الحيد.

الاتحاد الأوروبي

موّلت المفوضية الأوروبية المشروع الأوروبي لتحمّض المحيطات (EPOCA)، وهي مبادرة لإجراء بحوث عن «تحمّض المحيطات وعواقبه» كمجهود متعددة الجنسيات وتضم ٣١ مؤسسة شريكة تقع في ١٠ دول أوروبية. وبالفعل بدأت أبحاث المشروع الأوروبي لتحمّض المحيطات (EPOCA)والتي تهدف إلى مراقبة تحمّض المحيطات وتأثيراته على الكائنات والنظم البيئة البحرية، لتحديد المخاطر التي ستحدث إذا ما استمر تحمّض المحيطات، ولفهم كيف ان هذه التغيرات ستؤثر نظام الأرض ككل. هناك مشروع جديد سيبدأ قريباً وهو «البحر الأبيض المتوسط في ظل التغير المناخي» (MedSeA) وهو الذي يستهدف تحمّض المحيطات في البحر الأبيض المتوسط.

الصين

بدأت وزارة العلوم والتكنولوجيا (MOST) والمنظمة الوطنية للعلوم في الصين (NSFC) بدعم الأبحاث حول تحمّض المحيطات. مشروع CHOICE-C هو مشروع جديد موّل لمدة خمس سنوات لدراسة قضايا ارتفاع ثاني أكسيد الكربون وتحمّض المحيطات في البحار الصينية الهامشية، وهو مشروع مشترك بين سبعة مؤسسات أساسية بدعم يقدّر ٣٤ مليون يوان صيني. والمؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية في الصين (NSFC) بدأت بتمويل مشاريع حول تحمّض المحيطات في عام ٢٠٠٦، وهناك العديد من المشاريع على المستوى الوطني لاستكشاف آثار تحمّض المحيطات على الكائنات الحية المتكلسة.

ألمانيا

التأثيرات الحيوية لتحمّض المحيطات (BIOACID). هذا المشروع المنسّق يشرك ١٨ مؤسسة بحثية وموّل من وزارة التعليم والأبحاث الفدرالية (BMBF) بداية لمدة ثلاث أعوام ابتداءاً من أيلول ٢٠٠٩. وينصب تركيزه على تأثيرات تحمّض المحيطات الكائنات البحرية وعلى مستوى النظام البيئي تحت الخلوي، وآثاره المحتملة على خدمات النظام البيئي والتغذية المرجّعة البيوجيوكيميائية.

الجمهورية الكورية

(كوريا الجنوبية)

تموّل المؤسسة الكورية للعلوم والهندسة مشروع (Mesocosm)- لمدة خمس سنوات لدراسة آثار ارتفاع ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة على تجمعات العوالق النباتية الطبيعية، وتعمل فيه خمس مختبرات كورية.

اليابان

خمس برامج كبرى في اليابان تموّل الأبحاث حول تحمّض المحيطات، تدعم وزارة البيئة اليابانية برامج الأبحاث لتوضّيح الآثار المستقبلية لتحمّض المحيطات على الكائنات الحية البحرية المختلفة وتستخدم المرافق المائية المتقدمة (مثال: AICAL, Acidification Impact on CALcifiers). وتدعم كل من وزارة التعليم والعلوم والرياضة والثقافة (MEXT)، والوكالة اليابانية للعلوم والتكنولوجيا (JAMSTEC) الأبحاث حول تحمّض المحيطات مثل قولبه الجهود حول الكمبيوتر العملاق محاكي الأرض للتنبؤ ظروف المحيطات في المستقبل.

الحصول على الحقائق المباشرة

سيطرحهؤلاء اللذين يواجهون قضية تحمّض المحيطات لأول مرة سؤالين مهمين، وهما ما هو؟ وهل هو حقيقة؟

تنتج ردة الفعل هذه من النقص الحقيقي في المعرفة حول المحيطات: ووجهات النظر المربكة حول إذا ما كان التغير المناخي حقيقي؛ والمفاجأة ان هناك قضية أخرى أكبر «بالخارج هناك» مع التغير المناخي هى إننا نسمع عنه فقط الأن. ينفعل معظم الناس بهذه النظرة، وهى أيا كان تحمّض المحيطات لا يمكن أن يكون أن أكثر أو أقل من التغير المناخي، ولا يمكن أن يختلف كثيرا عنه. لذا تم اقرانه مع التغير المناخي والثروات المتغيرة تبعا لهذا القضية كما ذكرت تقارير الصحف. يستطيع الناس مواجهة عدد محدود من القضايا المقلقة لهم، ولكن بما أن هذه القضية تبدو بعيده بالنسبة لهم فإنهم يواصلون ببساطة حياتهم اليومية. ويظلون على غير دراية، وفي حين أن الشك حول بعض جوانب التغير المناخي، من الصعوبة في تحديده كميا فإنه هناك عدم يقين أقل حول بعض المفاهيم الاساسية حول ما هو تحمّض المحيطات وإذا كان يحدث حقيقة.

ما هو تحمض المحيطات؟

تحول المحيطات إلى نحو ظروف حمضية (أو أقل أساسية)تحدث نتيجة للكمية المتزايدة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. هذه العمليه تعرف بتحمّض المحيطات. فكلما زادت كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي كلما تسارعت عملية التفاعل لثاني أكسيد الكربون مع مياه البحر لانتاج الحمض، وبالتالي تزايدت سرعة تحمّض المحيطات.

فهم "الكربونات" و "التحمض"

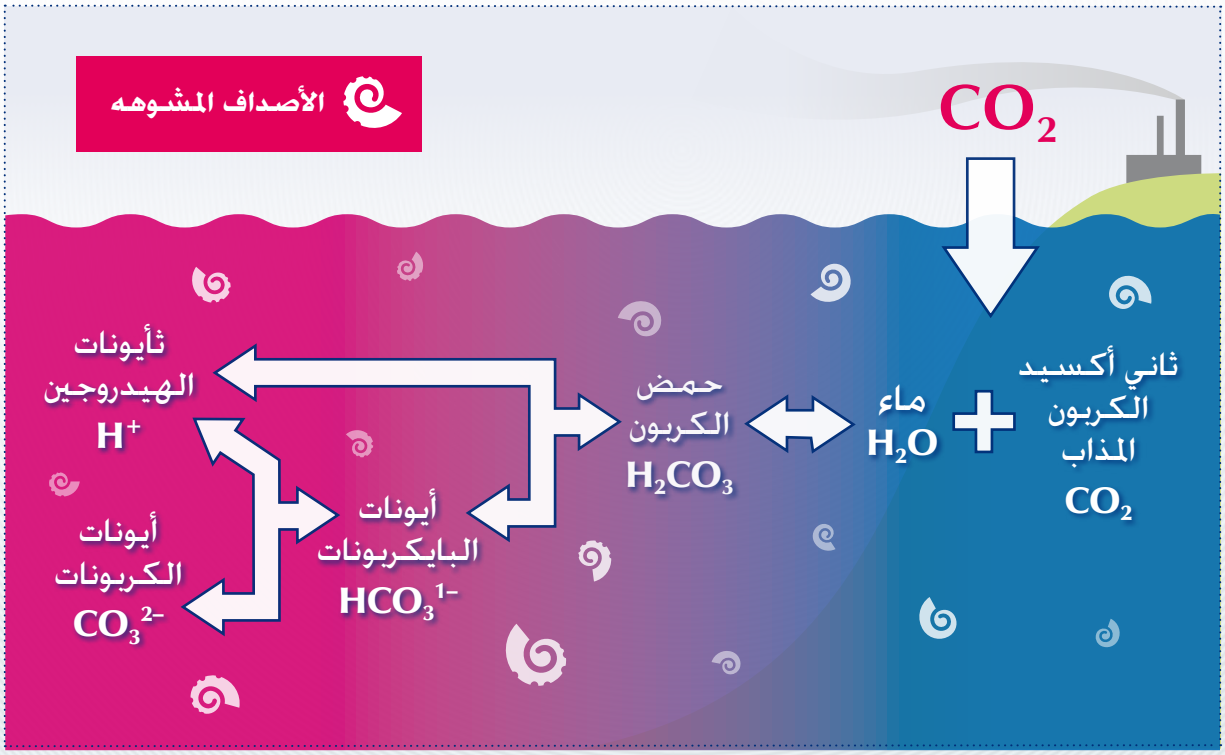
تحمّض المحيطات يختلف كثيراً عن التغير المناخي. فالتغير المناخي يمثل مجموعة أكبر بكثير من العواقب المترتبة من الأنشطة البشرية والتي تؤثر على مجموعة من العمليات بطرق تواترها وحجمها ومدى تأثيرها من من الممكن التنبؤ بها إليغير مؤكد إلى حد كبير. تحمّض المحيطات هو تأثير ثاني أكسيد الكربون على المحيطات حيث يتم إمتصاصه من قبل مياه البحر. مفهوم «تحمّض المحيطات» يلخص مجموعة عمليات تحدث عندما يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع مياه البحر. هناك تفاعلين هامين بشكل خاص. الأول: تشكّل حمض الكربونيك ويلحقها إطلاق أيونات الهيدروجين: التفاعل في الأعلى وإطلاق أيونات الهيدروجين يزيد من الحموضة وبالتالي ينخفض الأس الهيدروجيني pH (انظر للإطار التالي). أما التفاعل الثاني بين أيونات الكربونات وثاني أكسيد الكربون والماء تنتج أيونات البايكربونات:

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

ثاني أكسيد الكربون — ماء — حمض الكربون — ثأيونات الهيدروجين — أيونات الكربونات

يتنج عن حرق الوقود الأحفوري زيادة في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الحموضة في المحيطات.

Source University of Maryland.



جيني pH هو

معدل الأس الهيدروجيني pH هو عبارة عن مقياس حول الحموضة القاعدية (القلوية) لمحلول. ابتكرت في عام ١٩٠٩ وهي عبارة عن مؤشر لوغارتمي لتركيز أيونات الهيدروجين في محلول مائي. هذا المقياس هو "عكسي" أي كلما قلت قيمة الأس الهيدروجيني تزيد قيمة الأيون الهيدروجيني. معدل الأس الهيدروجيني في المياه النقية هو ٧: فالقيمة الأقل تكون حامضية، وأعلى منها تكون يكون قاعدي. فالمحلول ذو الأس الهيدروجيني ٤ تكون الحموضة به أعلى بـ ١٠٠ مرة من محلول معدل الأس الهيدروجيني له ٥ وبالتالي يكون أكثر حموضة بـ ١٠٠ مرة من لمحلول المعدل الأس الهيدروجيني له ٦. فمعدل الأس الهيدروجيني لمياه البحر حاليا ما يقارب ٨,١ وهو محلول قاعدي ضعيف. في حين مدى معدل الأس الهيدروجيني عادة ما يعطي من ٠ -١٤، وقيمة أكثر أو أقل ممكنة الحدوث نظرياً.

٠	حمض البطارية
١	حمض الهيدروكلوريك
٢	عصير ليمون
٣	بيرة، خل،
٤	نبيذ، وبندورة
٥	قهوة سادة
٦	بول، حليب
٧	مياه نقية، دم
٨	مياه بحر
٩	صودا الخبز
١٠	حليب أكسيد المغنيسيوم
١١	أمونيا للاستخدام المنزلي
١٢	مبيّض منزلي
١٣	منظف الأفران
١٤	هيدروكسدات الصوديوم

التفاعل في الأعلى وإطلاق أيونات الهيدروجين يزيد من الحموضة وبالتالي ينخفض الأس الهيدروجيني pH (انظر للإطار في الأعلى). أما التفاعل الثاني بين أيونات الكربونات وثاني أكسيد الكربون والماء فتنتج عنه أيونات البيكربونات:

$$CO_2 \text{ ثاني أكسيد الكربون} + H_2O \text{ الماء} + CO_3^{2-} \text{ أيونات الكربونات} \leftrightarrow 2HCO_3^- \text{ أيونات البايكربونات}$$

التأثير المزدوج لهذين التفاعلين لا يزيد من الحموضة ولكن يقلل من توافر أيونات الكربونات. يحتاج إلى أيونات الكربونات من أجل عملية التكلس. وهي العملية التي تصف إنتاج الأصداف الجيرية والهياكل. الانخفاض في أيونات الكربونات له أهمية حيوية كبيرة، حيث يمكن أن يؤثر على معدل بناء الأصداف الجيرية أوالهياكل لبعض الأنواع البحرية مثل المرجان، الرخويات والقشريات البحر وقنافذ البحر بعض الطحالب. في ظل ظروف انخفاض الأس الهيدروجيني (وارتفاع الحموضة)، يقل توفر أيونات الكربونات وبالتالي يصبح تحقيق عملية التكلس أصعب، أو يتوقف تماماً. هذاالتأثير لتحمّض المحيطات يمكن أن تكون له عواقب كارثية على لحياة في المحيطات وعلى بعض الأنواع ذات القيمة الاقتصادية العالية.

مفهوم "التحمض"

معدل الأس الهيدروجيني للمحيط حالياً أعلى من ٧,٠ لذا هو «قاعدي». ولذا من الممكن أن يكون مستحيل كيميائياً أن يصبح كله بشكل فعلي»حامضاً». إذن لماذا نشير إلى «تحمّض المحيطات»؟ هذا بسبب أن التحمّض هو بحسب اتجاه انتقاله أو توجهه بغض النظر عن نقطة الانتقال. فهذا المصطلح نفسه يستخدم بأماكن أخرى، على سبيل المثال عملية صنع النبيذ، كيمياء الدم، و علم التربة، وارجاعه إلى زيادة الحموضة بغض النظر عن الحالة الأولى إذا ما كانت حامضية أو قاعدية. ويمكن عقد مقارنة مباشرة للكلمات المستخدمة لوصف تغير درجات الحرارة: زيادة من ٠ درجة مئوية إلى ٥ درجات مئوية قد تكون مازالت باردة (لمعظمنا)، لكن مازالت تستخدم كلمة «ارتفاع درجة الحرارة».

هناك عوامل محلية مختلفة تؤثر على التفاعلات الكيميائية لثاني اكسيد الكربون في مياه البحر. وتضاف لآثار تحمّض المحيطات. فعلى سبيل المثال الأمطار الحمضية تتكون من أحماض الكبريتيك والنيتريك والمستمدة أصلاً من احتراق الوقود الأحفوري، والتي تتساقط على ساحل المحيط. يمكن أن يتراوح معدل الأس الهيدروجيني للأمطار الحامضية بين ١ و ٦ لذا قد نجد أن تأثيره على كيمياء المياه السطحية المحيطات قد يكون مهما محليا وإقليميا ولكن ضعيف جدا على الصعيد العالمي. أيضا تتأثر المياه الساحلية من مدخلات المغذيات الزائدة وهي في معظمها من النيتروجين القادم من الزراعة والأسمدة ومياه الصرف الصحي. الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كبيرة وإزدهار للعوالق. وعندما ينتهي هذا الأزدهار وتغرق إلى قاع البحر وكعواقب لتنفس بكتيريا خلال عملية تحلل الطحالب ينخفض معدل الأوكسجين في مياه البحر وتحدث زيادة في ثاني أكسيد الكربون وانخفاض في درجة الحموضة.

تجربة تستكشف تأثير تحمض المحيط و ارتفاع درجة

Photo ©Sophie Martin (CNRS)

كيف تأكدنا من أن تحمض المحيطات يحصل حقيقة؟

درجة عالية من عدم اليقين

هناك يقين كبير بتغير كيمياء مياه البحر نسبة إلى ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وإن الأنشطة الإنسانية هي المسببات الجذرية له.

الدليل الأقوى قدم من خلال مقاييس مفصلة في اجزاء مختلفة بالعالم؛ مثال، التسجيلات لمدة ٢٠ عاماً المأخوذة من المحيط الهادي (قبالة جزر هاواي) كما تظهر فى الأسفل. فبالرغم من أن هناك تغيرات موسمية عالية، هناك توجه لا شك فيه أن هناك زيادة في ذوبان ثاني أكسيد الكربون في أعالي المحيطات، في حين تقل درجة الحموضة. هذه التوجهات توافق بشكل كبير التغيرات في ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوي. لأمعدل الأس الهيدروجينى هو معدل لوغارثمي . الإنخفاض الصغير الملاحظ والذى يقارب ٠,١ وحدة منذ ماقبل المرحلة الصناعية يمثل حقيقة ٣٠٪ زيادة في وفرة أيونات الهيدروجين.

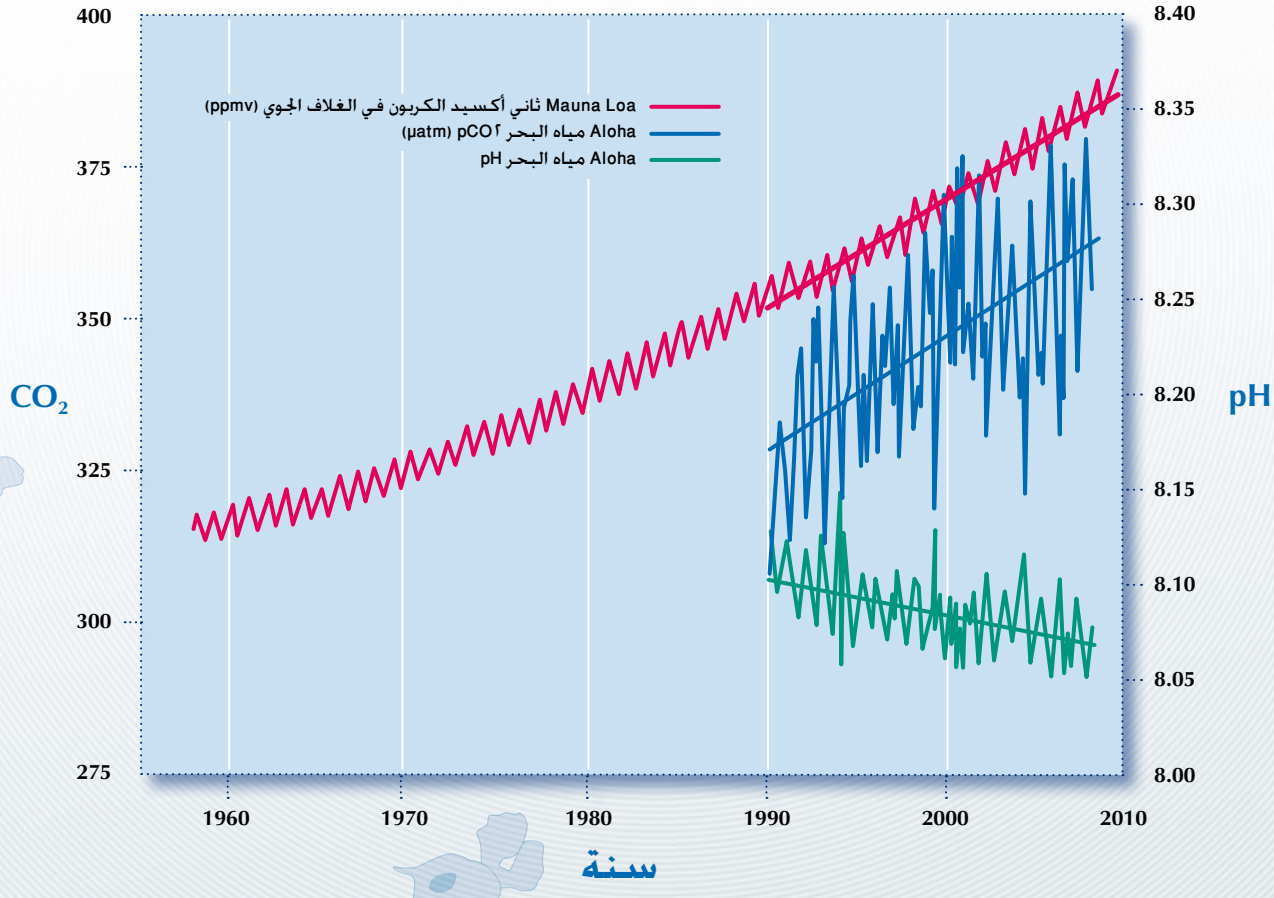
نماذج الكمبيوتر التى توضح اطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأنشطة البشرية في الآونة الأخيرة تحاكي عن كثب الانخفاض الملحوظ بدرجة الحموضة ومستويات الكربونات في مياه البحر لا يوجد أي سبب آخر يمكن أن يكون مسؤلاً عن التأثيرات الملحوظة في جميع أنحاء العالم .

Photo © Christopher Sabine

استخدام عوامات الأدارة الوطنية للمحيطات والمناخ (NOAA) في منطقة المحيط الهادئ لقياس تدفقات ثاني أكسيد الكربون.

التسلسل الزمني لتسجيلات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في ماونا لوا ودرجة الحموضة في المياه السطحية والضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون في محطة ألوها في المحيط الهادي/.

Source after Feely *et al.*, *Oceanography* (2009).



المحيطات المختلفة، معدلات مختلفة

على الرغم من حدوث تحمّض المحيطات في كل مكان، إلا أنه يحدث بشكل أسرع فى بعض الأماكن من العالم . التأثيرات أيضا يمكن أن تختلف بسبب إختلاف درجة الحرارة ونمط الدوران. تعتبر مستويات الكربونات في مياه البحر العالية حاليا كافيه للسماح الهياكل الكربونية مثل الأصداف والهياكل بالبقاء سليمة (فى ظروف «زيادة الاشباع»). والتي من الممكن أن تنخفض إلى مستويات تبدأ معها هذه الهياكل الصلبة بالذوبان (ظروف «نقص بالإشباع»). تظهر نماذج التنبؤ أن المحيط المتجمد الشمالي سيكون العتبة الأولى لتحمّض المحيطات، والذى سيحدث عندما تتحول المياه من «زيادة في الإشباع» في كربونات الكالسيوم إلى «نقص في الإشباع». فإذا استمرت مستويات ثاني أكسيد الكربون بالتزايد بالمعدل الحالي في الغلاف الجوي (والمحيطات)، عندئذٍ بحلول العام ٢٠١٨ يتوقع أن ١٠٪ من المحيط المتجمد الشمالي سيتخطى حد هذه العتبة، ليزيد بحلول العام ٢٠٥٠ إلى ١,٥ من المحيط المتجمد الشمالي. وعلى الأرجح بمرور عام ٢١٠٠ سيصبح كامل المحيط المتجمد في حالة يمكن فيها ذوبان هياكل كربونات الكالسيوم غير المحمية.

هناك يقين كبير ان كيمياء مياه البحر تتغير تبعاً لارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وان الأنشطة الانسانية هي المسبب الجذري لذلك.

Photo © Ulf Riebesell, IFM-GEOMAR

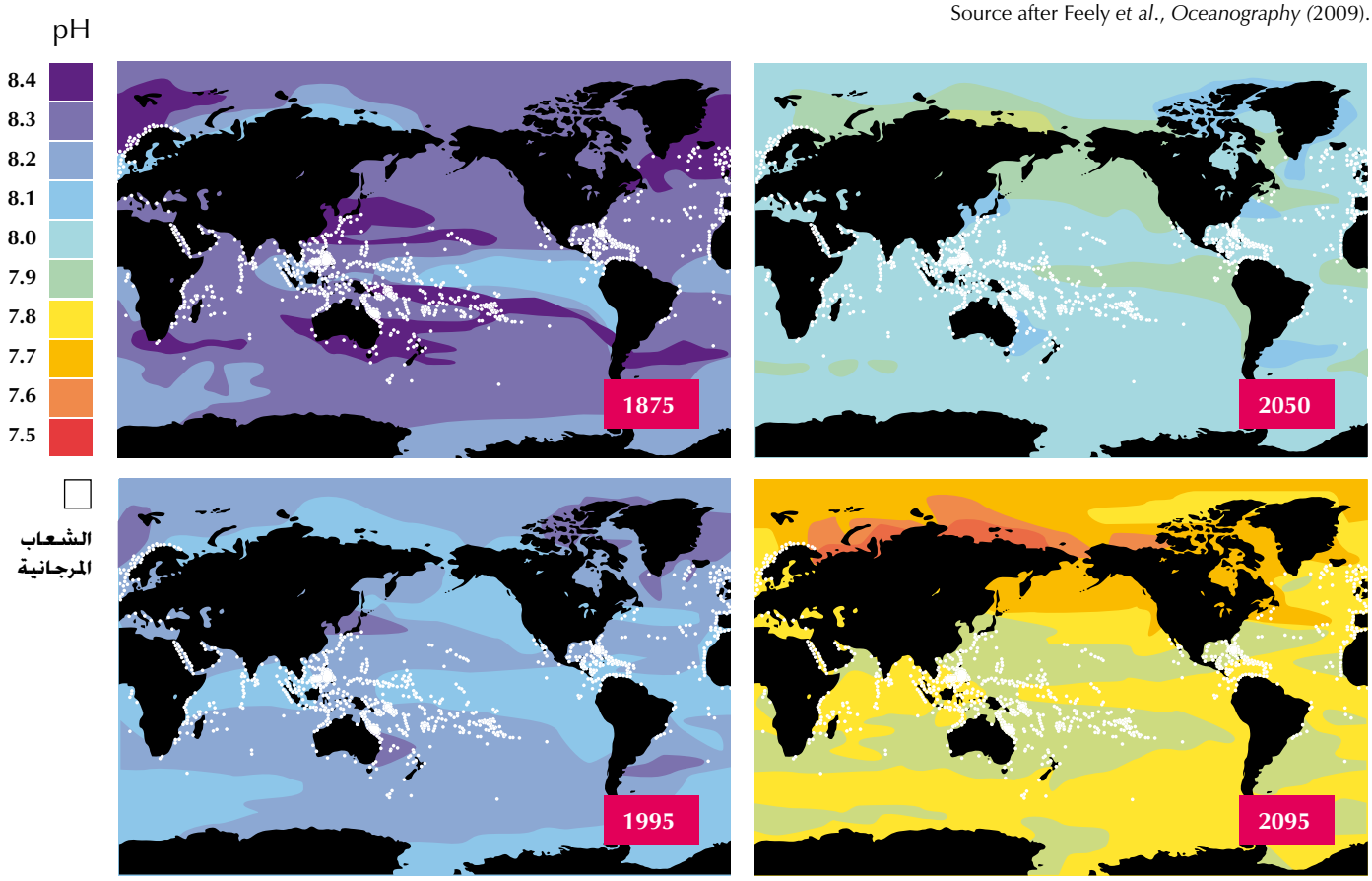
موظفي مشروع إيوكا في مسيجة ميسكوزم خلال تجربة في ثاني أكسيد الكربون في في أعالي القطب المتجمد الشمالي قبالة سفالبارد.

Photo © Jean-Pierre Gattuso

تجارب ميسكوزم مهمة جداً لتساعد في فهم عواقب تحمض المحيطات على مستوى المجتمعات والنظم البيئية.

المركز الوطني لبحوث المناخ في الغلاف الجوي مجتمع البحوث النظام النموذجي (CCSM٣) ٣,١ يعني درجة الحموضة في العقدية عن سطح البحر ١٨٧٥ ، ٢٠٥٠ و ١٩٩٥ و ٢٠٩٥.

Source after Feely *et al.*, *Oceanography* (2009).



الكالسيت وأراجونيت

الكالسيت وأراجونيت شكلين مختلفين من كاربونات الكالسيوم. فالكالسيت هو الشكل المعدني الموجود في الأصداف Coccolithophores (الطحالب العالقة)، والمنخربات (amoeboid protists) والشوكيات وبعض الرخويات (مثل المحار)؛ وهي اقل ذوبان.

أراجوانيت هو أكثر اشكال كربونات الكالسيوم قابلية للذوبان؛ وهو موجود في المرجان، ومعظم الرخويات (بما في ذلك عوالق السباحة الحرة (حلزون العوالق الصغيرة))، كبعض انواع الطحالب.

Photo©Hopcroft/UAF/CoML

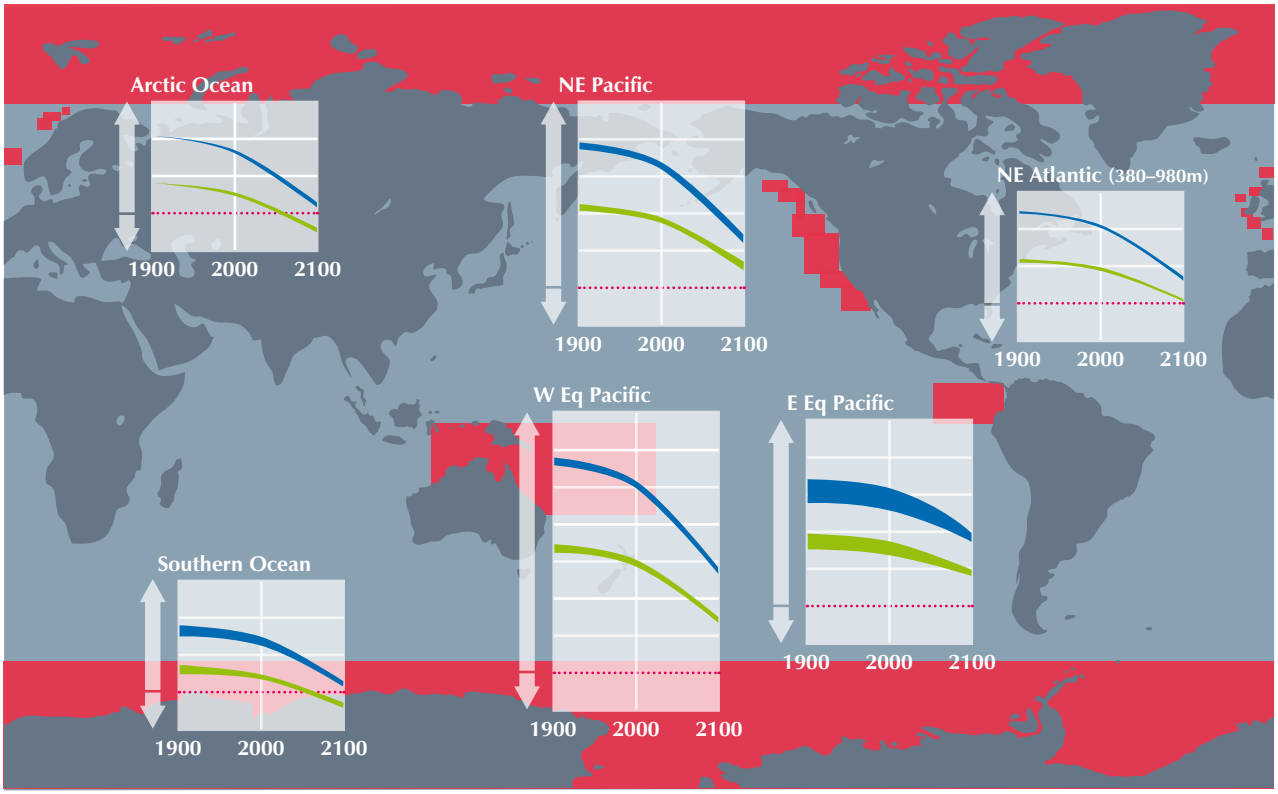
جناحيات القدم من نوع *Cuvierina columnella* تحوي صدفة من الارغونايت.

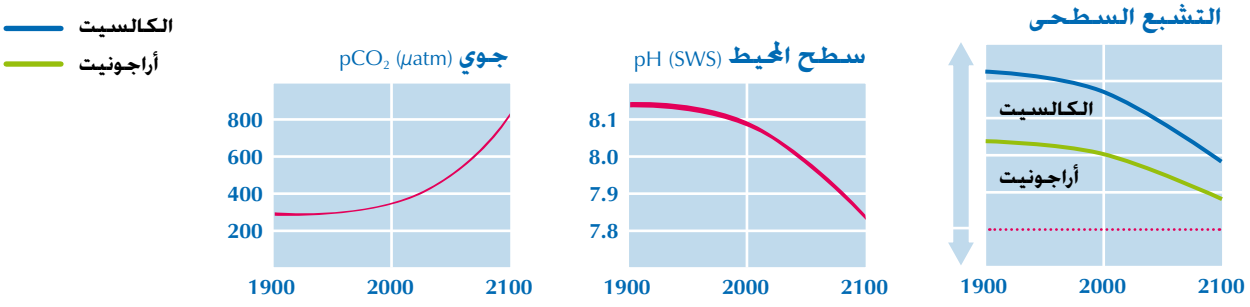
Photo © MNCR/SNH

قنفذ البحر من النوع المنتشر *Echinus esculentus* أستخدم في تجارب مستخدم فيها الكالسيت.

التقديرات التاريخية ، بالإضافة إلى التغيرات المتوقعة مستقبلاً في كيمياء المحيطات وافتراض مواصلة عمل سيناريو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون كما هو معتاد . وبرسم خريطة تظهر حالة تشبع الكربونات موضحة لستة مناطق (مظللة بالأحمر) ، القيم فوق الخط الأحمر الأفقي المنقط تمثل ظروف زيادة التشبع، وبالأسفل منه ظروف نقص التشبع لكل من الكالسيت وأراجونيت. وسماكة الخطوط تشير إلى المدى الموسمي لها. المعدلات المتوسطة العالمية لدرجة ثاني أكسيد الكربون للمحيطات في الغلاف الجوي، ودرجة الحموضة ودرجة التشبع للكالسيت وأراجونيت، تظهر في أسفل اليمين.

Source after Turley *et al., Marine Pollution Bulletin* (2010).





آفاق الإشباع

مياه المحيطات العميقة، والباردة بطبيعتها فيها نقص بالاشباع في أيونات كربونات الكالسيوم مايسبب ذوبان صدف معظم الكائنات المتكلسة. فالمياه السطحية يكون فيها زيادة بالاشباع بأيونات الكربونات فلا تذوب الأصداف. فأفق الإشباع هو المستوى الذى أقل منه تذوب كربونات الكالسيوم بشكل ملحوظ. تلك الكائنات التي يمكنها البقاء على قيد الحياة تحت أفق الإشباع بسبب آليات خاصة لحماية كربونات الكالسيوم من الذوبان. كما أن تحمض المحيطات يؤدى إلى إرتفاع هذا الأفق عموديا في عمود الماء لذا فإن أعداد أكثر منالكائنات الحية الكلسية سوف تتعرض لمزيد من المياه قليلة التشبع وبالتالى تصبح معرضة لذوبان أصدافها وهياكلها. أفق تشبع الكالسيت يحدث على عمق أكبر من الأرجوانيت لكن كلا الأفقين إقتربا من السطح بمايقارب ٥٠ -٢٠٠ متر مقارنة بالقرن الثامن عشر s١٨٠٠.

Photo © Karen Hissmann, IFM-GEOMAR

المرجان الأبيض مثل نوع *Lophelia pertusa* والتى تبنى هيكلها من الأرجونيت تعتبر حساسه لأرتفاع مستوى التركيزات. المرجان الأحمر المعروف بالمرجان المروحى يتم بناء هيكلها من الكالسيوم

تحمض المحيطات ومصير الكربون قصير الأمد وطويل الأمد في النظام

على فترات طويلة الأمد (أكثر من ١٠٠,٠٠٠ سنة)، هناك توازن طبيعي يصون بين الأخذ والإطلاق لثاني أكسيد الكربون في الأرض: فثاني أكسيد الكربون المنتج من البراكين، والمصدر الرئيسي الطبيعي لثاني أكسيد الكربون تأخذ من خلال إنتاج المادة العضوية من النباتات والحت والتعرية للصخور على الأرض. ومع ذلك الحت والتعرية تأخذ عشرات الآلاف من السنوات، لذا لن نزيل مدخول ثاني أكسيد الكربون من الأنشطة البشرية بسرعة كافية من المحيطات. و مدة زمنية أقصر (أقل من ١٠٠٠ سنة)، وتنشأ المحيطات ردود فعل لاستقرار داخلي يربط بين دورة الكربون في المحيطات إلى الرواسب الكامنة والرواسب الغنية بالكربونات والمعروفة باسم تعويض الكربونات.

فتميل الطبقات العليا من المحيطات لأن تكون فائقة التشبع بـ كربونات الكالسيوم يكون هناك إحلال بسيط جداً، في حين أن عمق المحيطات هناك نقص في الاشباع فتذوب الكربونات بسهولة. فيعرف الحاجز الأول بين هذه المنطقين باسم lysocline، وهي العمق حيث يتزايد الإحلال في عمق المحيط بشكل أقوى. فتغرق كربونات الكالسيوم الموجودة في الأصداف الميتة إلى قاع البحر. فالمعظم في المياه سطحية العمق تدفن في الترسبات وتحجز هناك لفترة زمنية طويلة. لكن حيث تغرق الأصداف في المياه العميقة تقريبا تذوب جميع كربونات الكالسيوم، وهنا لا يحجز ثاني أكسيد الكربون بعيداً لملايين السنين.

فالزيادة الحالية في معدل ذوبان ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي في المحيط تنتج عدم توازن في أعماق تعويض الكربون (CCD)، وهو العمق الذي يذوب به

Photo © Deep Atlantic Stepping Stones Science Team IFE URI/NOAA

يمكن ان تعمل رسوبيات القاع كمخزون لترسبات كربونات الكالسيوم.

الكربونات. فانخفاض درجة الحموضة للمحيطات هذا يعني انتقال طبقة lysocline وأيضاً عمق تعوضات الكربونات، ومن ثم يعرض الأصداف المحصورة في الرواسب لظروف نقص التشبع وبالتالي الإحلال. الامر الذي يساعد نطاق عزل تحمض المحيطات ولكن على قت طويل من آلاف السنين.

العوالق المثقابيه من نوع *Globigerina bulloides* والتى تعافت من مصيدة الرسوبيات فى عمود المياه في المنطقة تحت المحيط القطبي الجنوبى الرواسب صنعت صدفة من الكالسيت.

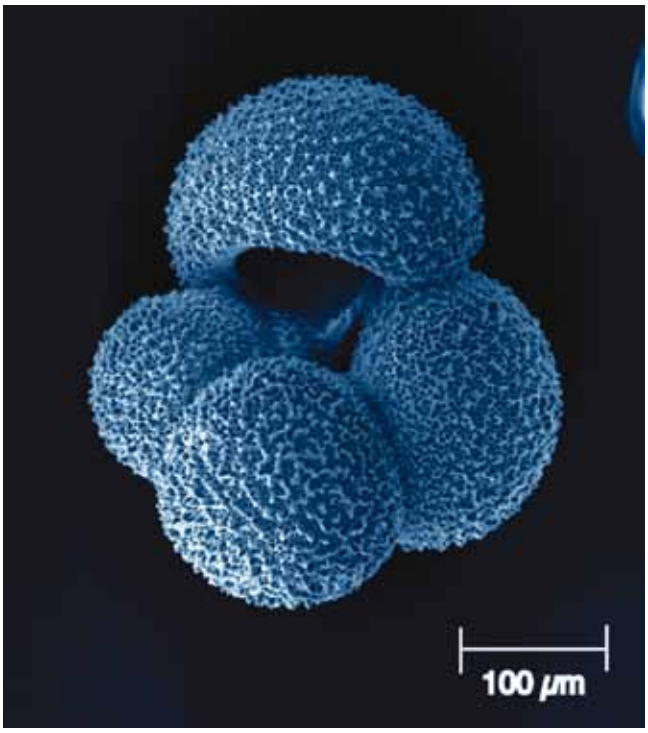


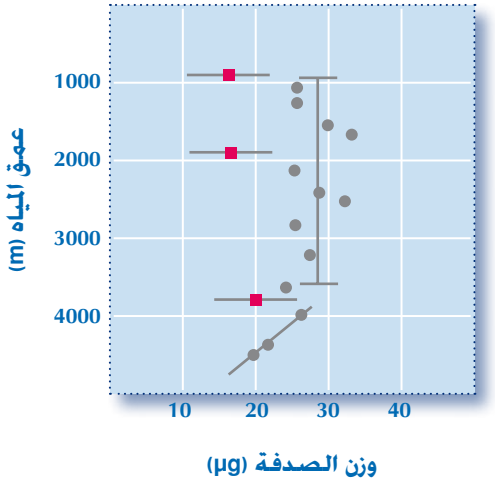
Photo © Andrew Moy

خطوط العرض أعلى، وعوالق أخف؟

تشير التوقعات أن الأرجوانيت ناقص التشبع يبدأ في الحدوث في مياه المحيط الجنوبيفى الفترة مابين 2030 - 2070. فالتجارب المخبرية والمشاهدات المباشرة تشير إلى أن انخفاض مستويات الكربونات التى قد تحدث قبل ذلك ستجعل من الصعب للعديد من الكائنات الحية صنع أو المحافظة على أصدافها. العينات من المحيط الجنوبي تشير إلى أن الأصداف تظهر أن العوالق المنخرية فى هذه الأيام اخف بـ 30 - 35% من نظائرها فى ما قبل الثورة الصناعية. مع ازدياد انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون لوحظ أن فقدان الوزن لأصداف المثقابيات مثل Globigerina bulloide والأنواع الأخرى من عوالق المياه القطبية مثل جناحيات الأقدام . والتى أأصدافها مصنوعة من أحد أكثر أشكال الأراجونيت قابلية للذوبان وهو أمر مسبب القلق. جناحيات الأقدامتلعب دوراً هاماً في الشبكات الغذائية للمحيط المتجمد الجنوبي وتعتبر مصدر غذاء للكثير من الكائنات بما في ذلك الأسماك. حيث تساعد على تشكيل خزان طويل الأمد لغاز ثاني أكسيد الكربون الجوي فى المحيط العميق عند موتها. ومن خلال أصدافها التي تعمل كثقل لنقل الكربون العضوي من الحيوانات النافقة الى قاع المحيط.

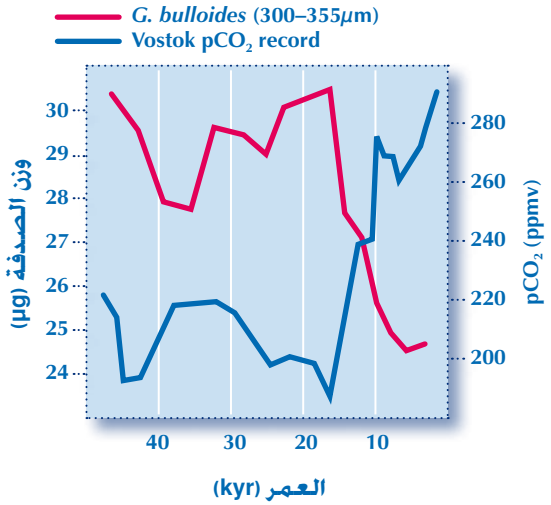
جناحيات الأرجل من نوع *Limacina helicina antarctica* التى تم تجميعها بواسطة السفينه أميتاكا مارو فى الأستكشافات التعاونيه التعداديه البحريه شرق المحيط المتجمد الجنوبى (CEAMARC) خلال السنة الدولية للأقطاب ٢٠٠٨

Photo © Hopcroft/ UAF/COML



متوسط وزن صدفة نوع – (300 *Globigerina bulloides* 355 ميكرو ميتر) والتى يتم تجميعها من أعماق مختلفة فوق أفق التشبع بالكالسيت (المربع الأحمر) وهي أخف وزناً بالمقارنة مع تلك التى تم جمعها في أعماق رسوبيات ما قبل الفترة الصناعية (الدوائر الرمادية).

Source after Moy *et al.*, *Nature Geoscience* (2009).



وزن الصدفة أعلى لنوع *Globigerina bulloides* عند أدنى مستويات لثاني أكسيد الكربون الجوي (ما يقارب قبل 18000 عام) وأقل الآن عند أعلى مستويات لثاني أكسيد الكربون الجوي.

Source after Moy et al., Nature Geoscience (2009).

الساحل الغربي لأمريكا حيث المياه الصاعده العميقه تحت المتشبعه والتى أثرت بالفعل.

Photo © Dan Laffoley

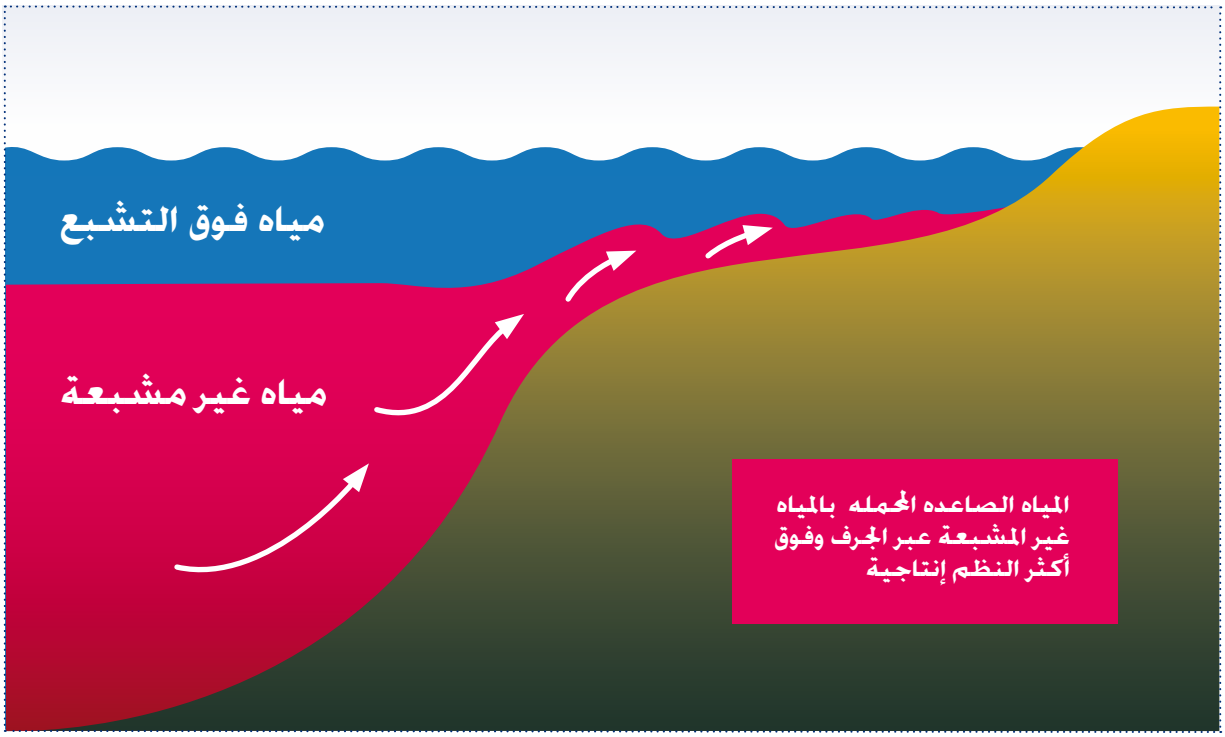
ظهور مشكلات المحيط إلى السطح

تشهد المناطق الساحلية بشكل دوري أحداث المياه الصاعده. حيث مياه المحيط العميقة تنتقل فوق الرف القارى وقريب من المناطق الشاطئية. هذا يعرّض النظام البيئى العلوى للمحيطات والذى يظهر إنتاجية عاليه بالمياه الباردة التي تحوي مواد مغذية وثاني أكسيد كربون أكثر.تحمّض المحيطات يجعل الطبقة العليا ذات التشبع العالى من مياه البحر أكثر ضحالة كل سنة. فالأحداث الطبيعية للمياه الصاعده ستحدث بشكل أكثر وستسبب في ارتفاع المياه قليلة اللإشباع إلى السطح لتطفو على الشاطئ.

الكائنات البحرية الساحليه التي تشكل الأصداف غير معتادة على التعرض بشكل دوري على هذه الأحداث ولهذا الاختلاف الجوهري في الظروف مما قد يؤدي إلى التأثير على هذه المجتمعات. رتفاع مياه القاع غير المشبعة إلى السطح يحدث بالفعل على الشاطئ الغربي لأمريكا الشمالية . ومن الممكن أنها بدأت بالحدوث في أماكن أخرى حيث تسمح ظروف المحيط.

الغزو الموسمي للمياه غير المشبعة مثل ما يحدث بالفعل على الساحل الغربي لأمريكا الشمالية يمكن أن يكون له تأثيرات خطيرة على مصائد الأسماك الهامة مثل صناعة المحار.

Source after Carol Turley based on Feely *et al.*, *Science* (2008).



التعلم من التاريخ

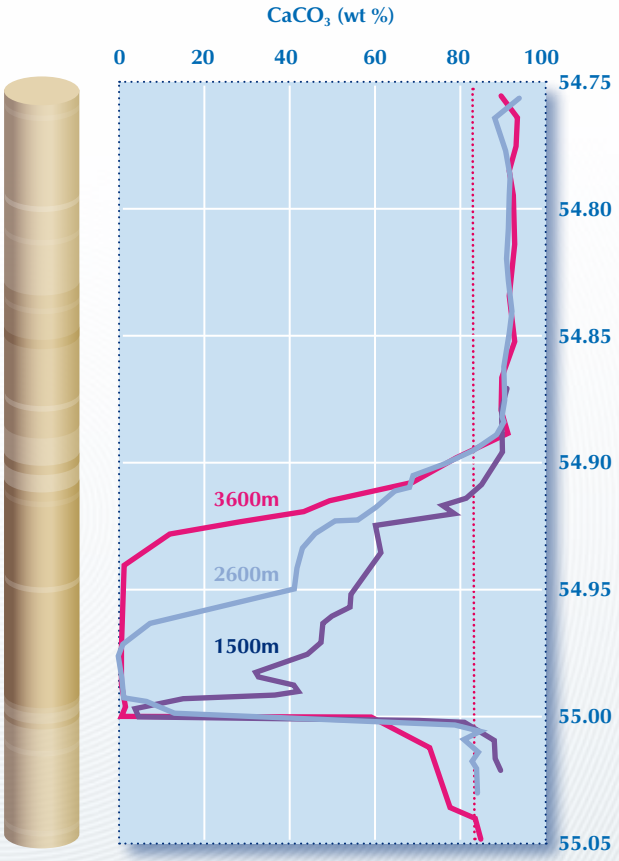
كيمياء محيطات الأرض ليست بحالة ثابتة دائماً. فهناك فترات في الماضي البعيد حيث حدث تحمّض للمحيطات. فهل يمكننا استخدام معرفتنا من أحداث تحمّض المحيطات السابقة، للمساعدة في توقع حدة التأثيرات المستقبلية النابعة من مسلسل التحمّض الحالي؟

ماذا يمكن أن تعلمنا أحداث تحمض المحيطات الماضية؟

في التاريخ الحديث للأرض التوازن الحمضي/القاعدي للمحيط ثابت نسبياً. وهذه المعرفة جاءت من خلال أمرين اثنين، وهما أولاً أن يكون قادرا على قياس درجة الأس الهيدروجيني بشكل غير مباشر والتي يمكن حسابها من خلال الفقاعات المحصورة في الجليد وثانياً من قابلية دراسة الظروف السابقة باستخدام السجلات المحفوظة في الأنهار الجليدية على الأرض والرواسبيات.

التاريخ من الجليد

ان فقاعات الهواء المحصورة في طبقات الجليد تقدم تسجيلا لمستويات ثاني أكسيد الكربون الجوي في الماضي، ثم يمكن منها



العينات المأخوذة من المحيط الأطلسي لأعماق قديمة مختلفة تظهر كيف كانت درجة الحرارة القصوى في وقت عصر الباليوسين المبكر PETM وارتفاع الأفق المشبع بالكالسيت بما يزيد عن 2 كم فقط منذ بضعة آلاف السنين، ومن ثم أخذت ما يقارب 100,000 عام لاستعادة مستويات ما قبل PETM. ومن المحتمل ان هذا الحدث قد ساهم بعوامل الانقراض الكثيف المثقابيات القاعيه في ذلك الوقت.

Source after Zachos *et al.*, *Science* (2005).

Photo © Ulf Riebesell, IFM-GEOMAR

فقاعات الهواء المحجوزة في الجليد تقدم تسجيلات حول الظروف الجوية القديمة.

احتساب درجة الحموضة للمحيط. مقطع أسطواني طويل مستخرج من الجليد يمكن قراءته تماماً مثل قراءة حلقات الأشجار: الطبقات الخارجة تعكس الظروف الحديثة في حين أن الطبقات العميقة للجليد ترسبت منذ فترات طويلة. تظهر سجلاتالمقطع الأسطواني من الجليد أن مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون الجوي في خلال ٨٠٠,٠٠٠ سنة الماضية حتى منتصف القرن الثامن عشر ١٨٠٠ لم تكن أبدا تزيد عن ٢٨٠ppmv وتنتج درجة حموضة ٨,٢ في مياه البحر. في حين أن تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي حالياً يقارب ~٣٩٠ppmv ، ودرجة الحموضة للمياه السطحية للمحيط الأن هي ٨,١.

أوجه الشبه المتباعدة

إلى الوراء في التاريخ كانت هناك فترات طويلة وأأحداث مفاجئة تنخفض فيها درجة الحموضة في المحيطات إلى أقل مما هي في ظروف اليوم. ما الذي يمكن أن تخبرنا به الأحداث السابقة عن ما نواجهه الآن؟ أحد أكثر الأحداث التي تمت مناقشتها هو ما حدث قبل ٥٥ مليون سنة في حقبة الحياة الحديثة Cenozoic Era الحد الحراري الأقصى في العصر الباليوسيني الفجري (the Palaeocene-Eocene Thermal Maximum (PETM)) . هذا الحدث الكبير في تاريخ الأرض شهد ارتفاع بدرجات الحرارة العالمية بمقدار ٦ درجات مئوية حوالي (١١ درجة فهرنهايت) خلال أقل من ١٠,٠٠٠ سنة، وبالمقابل ارتفاع في مستوى سطح البحر ودرجة حرارة المحيط. إرتفعتركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي، مما تسبب في أن عمق المياه المشبعة بكربونات الكالسيوم يصبح أقل بكثير. وربما ارتبط هذا الحدث في إضافة كبيرة للكربون في النظام نظرا لارتفاع درجة حرارة المحيط والتي تأكسدت في مياه البحر لتشكل غاز ثاني أكسيد الكربون المحرر حالا للغلاف الجوي.

هذه الفترة قد تساعدنا في فهم ماذا يخبئ لنا المستقبل. بالرغم أن الكثير من الكائنات الكلسية ماتت في المياه العميقة القاعية، إلا أن البعض يدّعيأن الأنواع البحرية التي تعيش على الأعماق السطحية بقت على قيد الحياة ٥٥ مليون عام، وإنه يجدر بها البقاء على قيد الحياة بشكل ممتاز خلال تحمّض المحيطات الحالي. ولكن الخطورة في هذا الادعاء يهمل الفرق الأساسي والمحوري بين الحد الحراري الأقصى في العصر الباليوسيني الفجري واليوم، وهي إن هذه الأحداث تغطي فترات زمنية مختلفة إلى حد كبير. فحدث اليوم يحصل في حقب زمنية صغيرة في حين عند العودة إلى الحد الحراري الأقصى في العصر الباليوسيني الفجري نجد أن التغيير حصل في ١٠,٠٠٠ عام.

درجة الاختلاف

السبب وراء أن وضع اليوم يختلف بشكل ملحوظ هو أن معدل تغير مستويات ثاني أكسيد الكربون سريع مقارنة بمعدل التغير البطئ للعمليات الجيولوجية التي تزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. الاختلاف المهم هو أن في كامل الأحداث الماضية لتحمّض المحيطات في ٦٥ مليون سنة الأخيرة قد أضيف ثاني أكسيد الكربون ببطئ في مدة آلاف السنين وفي بعض الحالات مئات آلاف السنين بسبب النشاط البركاني. حصل المحيط على فرص وافرة لاستكمال دورة خلط ألفية على نطاق كامل حيث يمكن أن تدور المياه السطحية فى أعماق المحيطات والعودة. والنتيجة كانت أن ترسبات الكربونات على أرضية البحر بدأت بالذوبان وإطلاق أيونات الكربونات التي تساعد في تحييد الحموضة. كان المحيط قبل ملايين السنوات الماضية يحتوي على تراكيز لأيونات كالسيوم ومغنيسيوم أعلى من التراكيز الموجودة فى المحيط بالوقت ، والتي ساعدت على إستقرار كربونات الكالسيوم في هياكل الحيوانات البحرية مما جعلها قادرة بشكل أفضل على تحمل ظروف التحمّض من قدرة المحيطات اليوم.

اليوم، مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوى تذداد بشكل ملحوظ وأسرع من قدرة مياه المحيط على الخلط. والأمر الذي يخرج هذه العمليات عن طريقها. والنتيجة ان معظم كميات ثاني أكسيد الكربون تبنى في طبقة من مياه البحر قريبة من السطح. حوالي ٥٠٪ من كل ما لدينا من ثاني أكسيد الكربون المنبعث ويتواجد في ١٠٪ العليا من المحيطات. قدرة الرواسب لتنظيم كيمياء المحيط وتحييد الحموضة هى ببساطة بطيئة للغاية. فهي تحدث على مدى أكثر من ١٠٠٠ سنة. فدرجة الأس الهيدروجينى للمحيطات والكمية المتوفرة من أيونات الكربونات الآن في تناقص.

يحدث تحمض المحيطات بشكل ١٠ مرات أسرع من ذلك الذي أحدث الانقراض للعديد من الأنواع البحرية منذ ٥٥ مليون سنة مضت.

هل من الممكن أن يرشد الماضي المستقبل؟

من الممكن ان نقارن ماذا يحدث الآن مع ما حدث منذ ملايين السنين الماضية، حين كان المحيط أكثر حامضية. فالتحمض اليوم يحدث أسرع وعلى نطاق أعظم من أي شي شوهد في السجلات الأحفورية خلال ٦٥ مليون سنة الماضية. فلنفترض على سبيل المثال ان تحمض المحيطات الآن أسرع بعشر مرات من ذلك الذي سبق الانقراض أى قبل ٥٥ مليون سنة في عصر الحد الحراري الأقصى في العصر الباليوسيني الفجري، وهو أكبر حدث لتحمض المحيطات منذ انقراض الديناصورات. تظهر عينات قلب الترسبات الموجودة في قاع البحر في المنطقة الجنوبية الشرقيه من المحيط الأطلنطي تغييرا جذريا في التركيبة بسبب تفكك كربونات الكائنات في الطين الأحمر فقط. هذا هو نتيجة لزيادة مستويات الحموضة التي دفعت العديد من الأنواع مع أجسام كربونات الكالسيوم والتي تعيش في أعماق المحيطات إلى الانقراض. من قلب قاع البحر يبدو أن الأمر استغرق المحيطات أكثر من ١٠٠،٠٠٠ سنة لاسترداد عافيتها.

أسرع بعشر مرات

خلال تاريخ الأرض، استعادت الحياة في المحيطات عافيتها من العديد من سلاسل الانقراض المفاجئة من خلال تكيف وتطوّر الأنواع الجديدة. لكن المدى الزمنى للإنقراض وإعادة الإعمار كانت على ملايين السنين. وليس عدة مئات من السنين. تحمّض المحيطات الحاصل بسبب الإنسان يؤثر على المحيط أسرع بكثير من أن تتمكن الأرض من استيعابه طبيعياً. فمعدل اليوم من تحمّض المحيطات أسرع بعشر مرات من أي شيء قد شهدته الأرض منذ زوال الديناصورات قبل ٦٥ مليون سنة.

الحيود المرجانية بأماكن كجزيرة سيشل Seychelles تدعم تنوع حياة رائع، والذى قد يتأثر بشكل كبير بحلول ٢٠٥٠ إذا ما استمر المعدل الحالي لتحمض المحيطات.

Photo © Jerker Tamelander

هل من الممكن التنبوء بحدة تحمض المحيطات في المستقبل؟

الأمر الذي لا مفر منه ان مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوي ستزداد من ٣٩١ ppmv وسيستمر لتقل بذلك درجة الحموضة لمياه البحر السطحية. ومع ذلك يصعب توقع معدل ومدى هذا الازدياد بالمستقبل لأنها تعتمد على إذا ما قطعنا انبعاثاتنا من غاز ثاني أكسيد الكربون وإذا ما فعلنا ذلك ما هي الكمية. فالزيادة فى ثاني أكسيد الكربون الجوي لا تتوقف فبنهاية القرن ال٢١، من الممكن أن تصل هذه التركيزات إلى ٨٠٠ppmv ، ودرجة الحموضة في المحيطات ستنخفض بنسبة ٠,٣ - ٠,٤ وحدة، والتى تعادل ١٥٠ -٢٠٠٪ في أيونات الهيدروجين.

هناك يقين أقل ومع ذلك فإن التأثيرات الحيوية المحتملة من تحمّض المحيطات، بسبب نقص الخبرة في تأثير هذه التغييرات على المجموعات المختلفة للكائنات الحية البحرية وإكتشاف ما إذا كانت ذات حساسية أكثر أو أقل للتغيرات في كيميائية مياه البحر.

تأثير مدى الحياة

تتأثر الكثير من مراحل الكائنات البحرية كالجاميتات و اليرقات واليافعين والبالغين بشكل مختلف بتحمّض المحيطات، لذلك من المهم النظر إلى التأثير على دورة الحياة أو بقاء الكائنات على قيد الحياة، والتكاثر. بشكل عام تشير الدراسات إلى أن المراحل الأولى (الجاميتات، اليرقات، واليافعين) من المتوقع أن تكون حساسة لتحمّض المحيطات، يقوم الضغط عادة بتحديد أداء الكائنات الحية - على سبيل المثال، فالكائنات الحية التي ترزح تحت الضغط تنمو ببطئ، وأصغر حجماً، لذا ستكون المفترسات أقل فعالية والفرائس قد تكون أقل قدرة على تجنب القبض عليها. يؤثر الضغط الناجم عن تحمّض المحيطات على أداء الكائنات البالغة وفي نهاية المطاف ستنخفض معدلات النمو والتكاثر.على الرغم من أن الأفراد قد تبقى على قيد الحياة إلا أن انخفاض القدرة على التكاثر يمكن أن يؤدي إلى عدد أقل من المواليد الأمر الذي سيضر التجمعات أيضاً.

استرداد صندوق جرف المياه الوسطى لأخذ العينات لجنحة القدم في المياه الوسطى للمحيط المتجمد الجنوبي

Photo © John M Baxter

الأنواع الاستوائية مرجان أعماق البحار والعوالق الجيرية وجناحيات الأقدام الحرة السباحة هي الأنواع المهددة من ظاهرة تحمّض المحيطات، حيث الظروف المتغيرة ستجعل بناء وبقاء هياكلها أكثر صعوبة. هذه الأنواع تلعب دورا رئيسيا في المحيط إما لأنها ذات هياكل ثلاثية الأبعاد مثل الشعب المرجانية، والتي تحوي تنوعا حيويا كبيرا، و تقوم بدور الحماية الساحلية، أو لأنها من المكونات الرئيسة في السلسلة الغذائية البحرية، ودورات المحيطات البيوكيميائية (مثل: العوالق الجيريةوجناحيات الأقدام).

قضايا المرجان المعقدة

يستضيف المرجان طحالب صغيرة وحيدة الخلية تسمى بال zooxanthellae، ضمن خلاياه والتى بقيامها بعملية التمثيل الضوئي تشكل مصدرا هاما من مصادر الكربون للمرجان ولتكلس المرجان (بناء الهيكل). علاقة المرجان والطحالب متوازنة بدقة فإذا عملت الطحالب بشكل جيد للغاية و إزدادت أعدادها بشكل كبير، يتعطل نقل الكربون إلى المرجان المضيف. إذن حتى بإزدياد عملية التمثيل الضوئي في الطحالب وحيدة الخلية بسبب زيادة ثاني أكسيد الكربون، فإن هذا ليس يعني بالضرورة أنه جيد للمرجان المضيف. ومع ذلك ، وعلى الرغم من أن الدراسات أظهرت تعزز التمثيل الضوئي لبعض الأنواع الأخرى من الطحالب من خلال مستويات ثاني أكسيد الكربون المتوقعة بحلول نهاية هذا القرن، ما يقارب ٧٠٠-٨٠٠ ppmv، لكن التمثيل الضوئي لطحالب ال zooxanthellae لم يظهر زيادة كبيرة تبعاً لمستوى ثاني أكسيد الكربون. وقد بينت التجارب أنه في معظم الحالات هناك انخفاضا في معدل تكلس المرجان عند زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون، لذا من الواضح أن الزيادة في ثاني أكسيد الكربون تقلل بالفعل قدرة المرجان في بناء الهياكل ، وبالتالي قدرتها على الصمود أمام العواصف بدلا من حمايتها. وهذا يعني أن نمو الشعب المرجانية في نهاية المطاف سيكون أقل من الطبيعي ومن ثم تتآكل وتنتهى.

Photo © Dan Laffoley

الجيود المرجانية مهمة جداً لكنها أنظمة بيئية هشة وحساسة جداً لتحمض المحيطات.

حكاية جراد البحر

أظهرت دراسة بحثية واحدة أن كتلة الصدف للعديد من القشريات ومن ضمنها جراد البحر، والذي تربى في مزرعة لمدة ٦٠ يوم قد زادت مع زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون، في حين أخرى أظهرت ان نمو الأصداف ليرقات جراد البحر انخفض. وهذا يؤكد على الحاجة لدراسة دورة حياتها بأكملها، فضلاً عن فسيلوجيا الكائنات. لذا دون المزيد من الدراسة فمن السابقة لأوانه القول بأن القشريات ستكون "آمنه" من تحمض المحيطات لسببين رئيسين هما:

١) تكوين الأصداف يتطلب الطاقة، و لكن لكل كائن حي ميزانية طاقة محددة، لذا زيادة كتلة الصدفة شبه المؤكد يحدث يداً بيد مع نقص الطاقة للعمليات الأخرى مثل النمو والتكاثر. هذه العوامل خارج نطاق الدراسة. لذا فتحمض المحيطات وتأثيره على الصحة العامة وطول عمر هذه الكائنات الحية غير معروف حتى الأن.

) جراد البحر (والقشريات بشكل عام) يمتلك نوعا آخر من الصدف ومكانيكية مختلفة لنمو أصدافها عن الرخويات والمرجان. فأصداف جراد البحر هي هياكل خارجية تحتوي كمية كبيرة من الكايتين جنباً إلى جنب مع معادن كربونات الكالسيوم، وتلقى هذه الأصداف بشكل دوري بدلا من أن تنمو بشكل مستمر، عند الإعداد لعملية الإنسلاخيزيل جراد البحر بعض المعادن من أصدافه القديمة ويحفظها في جسمه ليودعها في الهيكل الجديد لاحقاً.

ومن غير الواضح حالياً ما إذا كان هذا الاختلاف في آلية النمو سوف يؤثر على كيفية استجابة لجراد البحر لتحمض المحيطات.

Photo © Sue Scott/SNH

جراد البحر.

الرابحون والخاسرون

يذيد النمو ومستوى عملية البناء الضوئي لانواع معينة من العوالق النباتية والأنواع النباتية بوجود منسوب أعلى من ثاني أكسيد الكربون ولكن هذا لا يعني باي شكل من الأشكال أنها قاعدة عامة. للأنواع الأخري زيادة منسوب ثاني أكسيد الكربون والذياده للحمضيه أما أن يكون له تأثير سلبي أو لا تأثير على فسيولوجيتها. لذا هناك أنواع نباتات بحرية ستكون «الفائزة» في حين الأخرى ستكون «الخاسرة» وبعضها قد لا يظهر أي إشارة باتجاه هذا التغيير. التجارب التى أجريت حتى الآن تشير إلى أنه من المرجح أن تكون العوالق النباتية المهيمنة الجديدة والأنواع النباتية في محيطات المستقبل المتحمّضة أقل قدرة على دعم الإنتاجية، وتنوع السلاسل الغذائية التي نحن في الحاضر نعتمد عليها لدعم النظم البيئية الصحية للمحيطات والموارد السمكية.

Photo © Armin Form, IFM-GEOMAR

الطحالب المرجانية مثل *Lithothamnion tophiforme* من المرجح ان تكون أكثر الكائنات الحية حساسية لتحمض المحيطات.

الكشف عن العواقب

على الرغم من صعوبة التنبؤ بدقة عواقب خمّض المحيطات لأن الكثير ما زال لا يعرف عن سلوكيات الإنسان وإستجابة النظم الإيكولوجية للمحيطات، إلا أنه يمكننا ان نتعلم من التاريخ ماهى النتائج المرجحة الحدوث. ويمكننا النظر أيضا إلى مناطق من المحيطات تعرضت لكوارث خمّض المحيطات على المدى الطويل.

توجد مجتمعات من الكائنات في المياه الباردة في فتحات ثاني أكسيد الكربون البركانيةعلى قاع البحر (وليس الفتحات الحارة في أعماق البحار) ومع انخفاض درجة الأس الهيدروجينى أقل من المتوقع للعقود اللاحقة نتبين أن هناك أنواعا معينة من الطحالب الدقيقة والأعشاب البحرية والحشائش البحرية يمكن أن تنمو بشكل جيد في مثل هذه المناطق. وبالمقارنة مع مناطق مماثلة لا تخضع لانخفاض درجةالأس الهيدروجينى، نجد أن التنوع الحيوي منخفض عموما ويظهر تآكل الأصداف بوضوح.

Photo © Jason Hall-Spencer

قيعان الحشائش البحرية الخصبة الخالية من العوالق تذدهر طبيعياً في مياه ذات درجة حموضة منخفضة.

ألن تتكيف الأنواع ببساطة لتحمض المحيطات؟

يمكن توقع انه مع الانخفاض المستمر لدرجة الأس الهيدروجينى ومستويات الكربونات في مياه البحر سيكون هناك بالتأكيد «فائزين» و«خاسرين» في النظم البيئية للمحيط. لكن ما لامفر منه ان المجتمعات البحرية ستتغير. فمن المرجح ان الحيوانات والنباتات المعتمدة على كربونات الكالسيوم فى بناء أجسامها مثل الأصداف أو الهياكل هي من ستتأثر أولاً. الكائنات يمكنها الاستجابة للتغير الضار فى بيئتها بإحدى الطرق الثلاث: إما أن التأقلم والتكيف أو الانقراض.

توقعات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ومتوسط درجة الحموضة فى المياه السطحيه تختلف من مستويات فترة ما قبل الصناعة، سيناريوهات الانبعاثات التي قام بها الفريق الحكومي للتغير المناخي عام 2007 والتي تشير إلى حدوث بعض التأثيرات الحيوية المحدده مخبريا والسنوات التي ستقع فيها أول الأحداث المحليه الموسمية لنقص الأشباع للأرجونيت.

Source after Turley *et al.*, *Marine Pollution Bulletin* (2010).

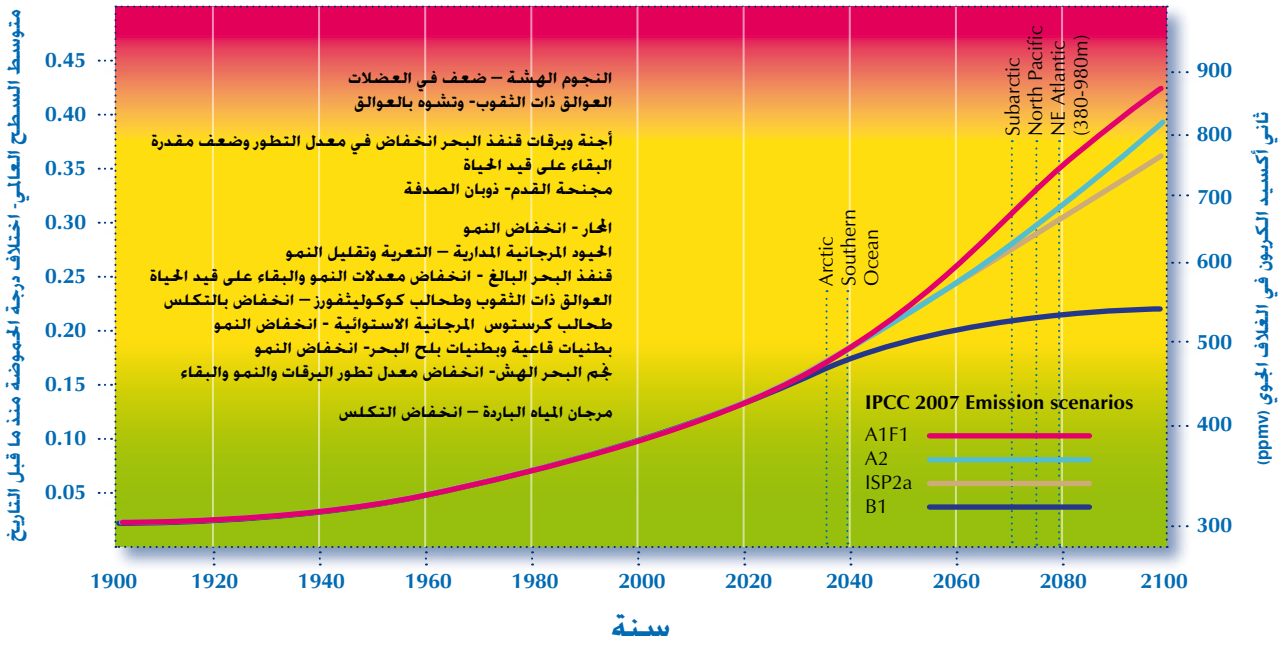


Photo © Jason Hall-Spencer

سيكون هناك "فائزين و"خاسرين" طالما استمر مستويات الحموضة والكربونات تستمر بالهبوط – لكن هذا التغيير متوقع.

مجتمع قاع البحر في منطقة البحر الأبيض المتوسط به فقاعات من ثاني أكسيد الكربون من الفتحات البركانية مما يجعله مختبرا طبيعياً مثاليا لدراسة حُمض المحيطات.

مختبرات ثاني أكسيد الكربون الطبيعي العالي

تمتلك معظم الأنواع بعض القدرة على التأقلم. وجميع الأنواع لديها قابلية معينة لتحمل بعض الظروف المتغيرة على الرغم من أن الضغوطات المتزايدة قد تؤثر على قدرتها على التنافس في بيئتها. فقدرة الكائن الحي على القيام بالأنشطة الأساسية يعتمد على ميزانية الطاقة لديه. فإذا ما استهلك الكائن الحي طاقة أكبر للحفاظ على الأصداف أو الهياكل الواقية، فسيمتلك قدَراً أقل من الطاقة لأداء الوظائف الحيوية الأخرى مثل التكاثر أو النمو. وبالمثل، إذا كان الكائن الحي من دون أصداف فسيستهلك المزيد من الطاقة في التنفس وطرد الفضلات في محيطات ذات مستوى ثاني أكسيد كربون أعلى ودرجة حموضة أقل. وسيكون له طاقة أقل للبحث عن الغذاء أو غيره من الأنشطة الهامة لبقائه على قيد الحياة.

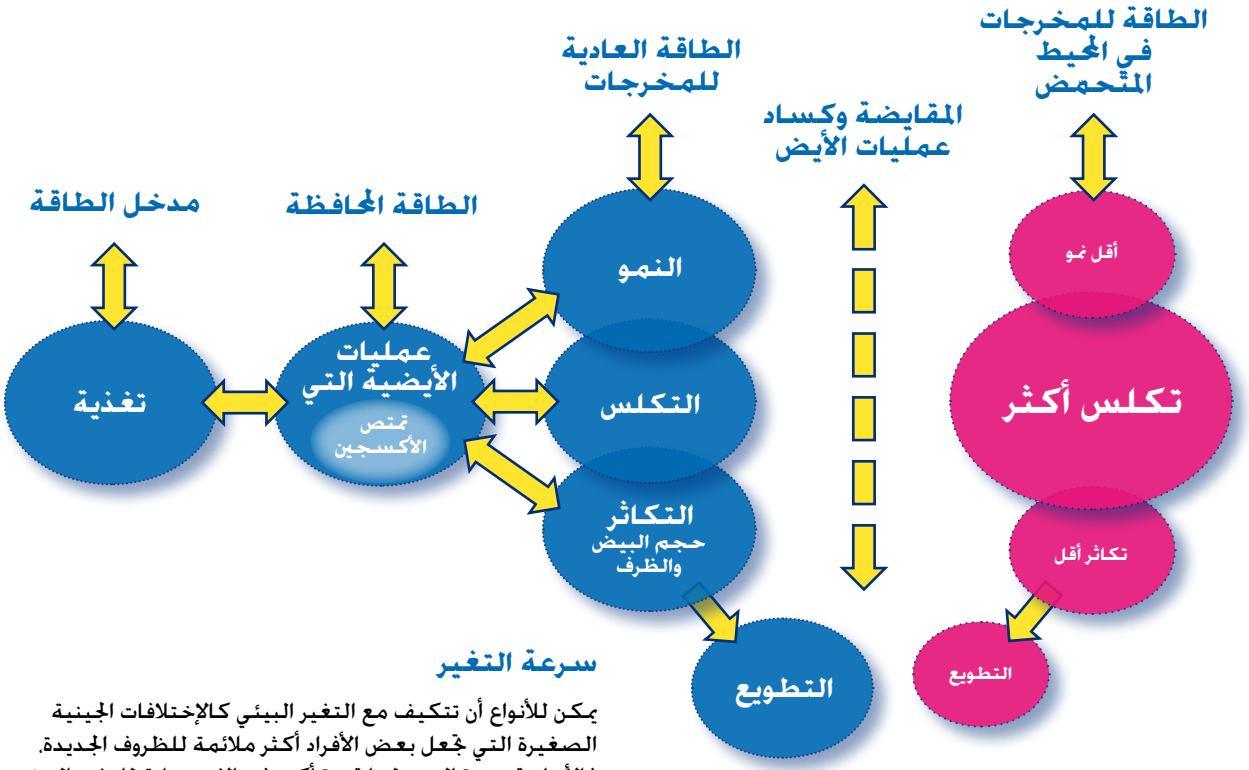
تدهور شديد لصدفة البطلينوس المأخوذه من منطقة ذات كثافة طبيعيه عاليه لثاني أكسيد الكربون.

Photo © Jason Hall-Spencer

العناقيد المرجانية المدخله إلى منطقة منخفضة الحموضة طبيعيا تظهر تآكل هيكلها الجيري.

Photo © Jason Hall-Spencer

العمليات الأساسية للبقاء على قيد الحياة – كيف سيؤثر تحمض المحيطات على كامل سيكولوجية الكائنات الحية؟
Source after Carol Turley.



سرعة التغير

يمكن للأنواع أن تتكيف مع التغير البيئي كالإختلافات الجينية الصغيرة التي تجعل بعض الأفراد أكثر ملائمة للظروف الجديدة. فالأنواع قصيرة العمر لها قدرة أكبر في الاستجابة للتغير البيئي السريع، لأن عمر الجيل قصير. فظروف تجارب كل جيل جديد تختلف بشكل بسيط عن الجيل الذي سبقه، وأيضاً لأن هناك أعداداً أكبر من الأفراد التي من الممكن أن تطّور اختلافات مفيدة. وبالمقارنة، فإن الأنواع ذات العمر الطويل تميل إلى أن تكون ذات قدرة أقل بكثير على التكيف السريع. ومع ذلك فإن التغيرات التي تم ملاحظتها على سماكة أصداف جناحيات الأقدام، والتي لها دورة حياة سنوية، تُبين أنه حتى بالنسبة للأنواع قصيرة الحياة فإن معدل التغير الحالي لدرجة حموضة المحيطات سريع جداً مقارنة بقدرتها على التكيف. و من ثم هناك حاجة للقيام بمزيد من الأبحاث للتأكيد على هذا الوضع.

وكثيراً ما ارتبطت أحداث تحمّض المحيطات السابقة في السجل الجيولوجي بانقراض العديد من الأنواع. وفيما يكون سبب حلقات الانقراض معقداً، فإنه من الملاحظ أن الإنتعاش قد استغرق مئات الآلاف من السنين بعد انقراض جماعي استغرق ملايين السنين.

سباق تسلح التحمض؟

إن السؤال المهم هو ليس ما إذا كانت الحياة البحرية ككل ستتكيف وتتطور للاستجابة لتحمّض المحيطات. لكن ما هو مشكوك فيه هو فيما إذا كانت المحيطات سريعة بالتكيف والتطور على نحو كافٍ لمواجهة تحمّض المحيطات «السريع» والقيام بذلك بطريقة تكون فيها المجتمعات «الجديدة» التي تنشأ قادرة على تقديم نفس السلع والخدمات

الأساسية التي نستخدمها والتي تدعمنا.

مواكبة التغيير

يقدم توزيع الحيود المرجانية الحالي الدليل على أنها مرتبطة بحالة تشبع المحيطات فيما يتعلق بالاراجونيت وأنها قادرة على الإبقاء على هذه المواكبة ذات الطبيعة المتغيرة. لكن من المستبعد أن تكون قادرة على التكيف ضمن تسارع تغير الظروف المتوقعة في العقود اللاحقة.

جناحيات الأقدام المداريه من نوع *Limacina bulimoides*.

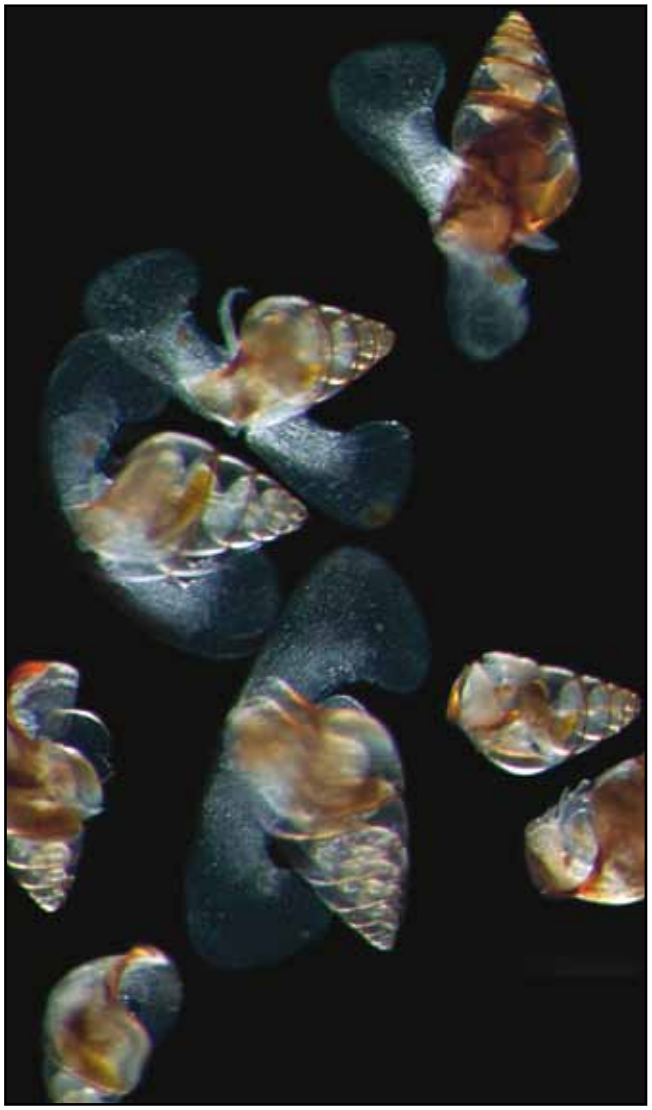


Photo © HopcroftUAF/COML

فهم خياراتنا

ستترتفع آثار تحمض المحيطات تدريجياً، و بالرغم من أن هذه الآثار التي تظهر الآن صغيرة نسبياً، إلا أنها تكبر جنباً إلى جنب مع معدل التحمّض. وعلاوة على ذلك، هناك فرق بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والوصول إلى حالة التوازن. وحتى لو انحبست الانبعاثات وانخفضت تبعا لذلك، فإن درجة حموضة للمحيطات ستستمر في الانخفاض لبعض الوقت. إن خفض مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوى أمر ضروري إذا ما أردنا خفض ومن ثم إيقاف تحمّض المحيطات قبل فوات الأوان.

هل سيصنع انقطاع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الفرق؟

ازدادت مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو على مدى ٢٥٠ عاماً الماضية بمقدار ٤٠٪ أي من ٢٨٠ ppmv إلى ٣٩١ppmv اليوم. ويستمر هذا المستوى بالارتفاع بحوالي ٢ppmv كل عام. فمستويات ثاني أكسيد الكربون الجوى قد خفت من خلال امتصاص المحيطات لغاز ثاني أكسيد الكربون (الأمر الذي أدى إلى تحمّض المحيطات)، وإلا لكان قد أصبح حوالي ٤٦٠ppmv على خلاف ما هو اليوم، وهو مستوى كان سيؤدي إلى تغير مناخي أعظم.

يمكن عكسه على المدى الطويل

على الرغم من أننا نرى التغير في كيميائية مياه المحيط كنتيجة لامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو وتأثير ذلك على النظم البيئة البحرية، فإن هذه التغيرات يمكن عكسها على المدى الطويل. وعلى أي حال فإن مثل هذا الإجراء من شأنه أن يعتمد على خفض كبير لمستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو لفترات طويلة. إن التقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري وصناعات الأسمنت وإزالة الغابات هي الطريقة الواقعية الوحيدة لتحقيق هذا الانخفاض.

ومن المتوقع أن يبلغ مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو ذروته عند حد أعلى من ٤٠٠ppmv . وستستمر ملاحظة الآثار على درجة حموضة المحيطات لبعض الوقت بالرغم من تحقيق الانخفاض الكبير في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو. وسيستمر تغلغل ثاني أكسيد الكربون الذي تم امتصاصه على سطح البحر في الأعماق على مدى القرون القليلة القادمة.

الأستخدام المستمرلوقود الأحفوري يؤدى لزيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

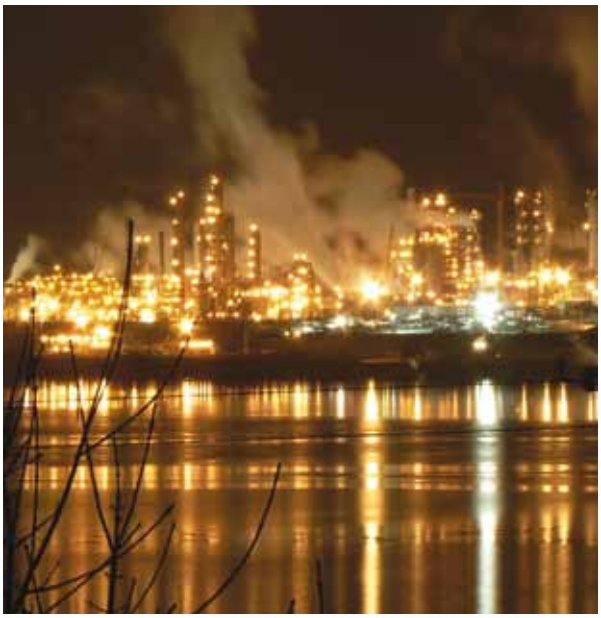


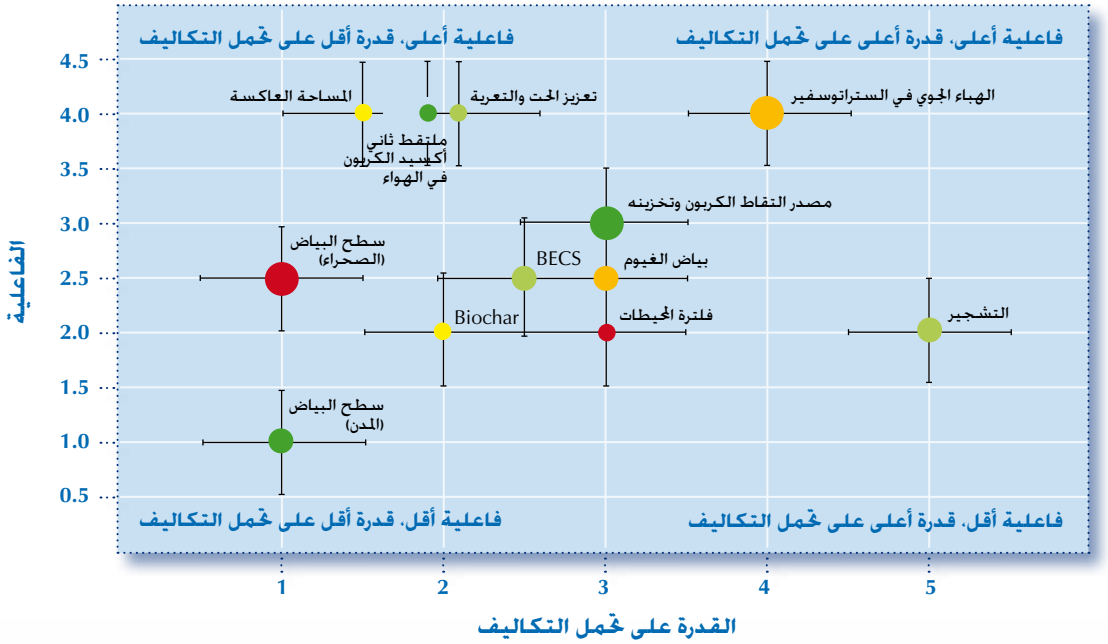
Photo ©Bec Thomas Photography 2006-2007/Marine Photobank

Photo © Johannes Förster

وقف إزالة الغابات قد يساعد في التقليل من معدل الزيادة في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

هناك عدد قليل من الخيارات الهندسية الجيولوجية للتصدي للتغير المناخي، ووالتي يمكن إعتبارها فعاله للغاية ويمكن الحصول عليها. فقط أسر الكربون وتخزينه قد يكون له تأثير على مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. النقطة خضراء تمثل خيار أكثر أمانا من تلك التي لديها مخاطر عالية والمبينهباللون الأحمر ، تيشير حجم النقطة الى توقيتها (كبير إذا كانت قابلة للتنفيذ السريع والفعال ، صغيرة إذا لم تكن كذلك) الأشرطة سوداء تشير إلى درجة من عدم اليقين بشأن القدرة على تحمل التكاليف (الأفقي) والفعالية (العمودي).

Source after The Royal Society *Geoengineering the Climate* (2009).



لم يفت الوقت

لوحظت بعض التغييرات الناجمة عن خمض المحيطات والتي على الأرجح ستتم ملاحظة المزيد منها حتى ولو تم اتخاذ خطوات سريعة وقصوى لخفض مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو خلال السنوات القليلة المقبلة. مع ذلك لم يفت الوقت بعد للبدء في محاولة الحد من وقوع المزيد من الأضرار. فالوسائل التكنولوجية والإقتصادية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون متوفرة إذا ما اخترنا القيام بذلك. فكلما تأخرنا في التصرف تعاظمت الآثار في نهاية المطاف وتعاظمت التركة من خمّض المحيطات.

هل يمكننا حل مشكلة خمض المحيطات من خلال الهندسة الجيولوجية؟

ان مفهوم الهندسة الجيولوجية هو التلاعب المتعمد بمناخ الأرض. وتحاول معظم منهجيات الهندسة الجيولوجية المقترحة لوضع حد لآثار التغير المناخي التخفيف من الأعراض الناجمة عن تغير المناخ دون طرح السبب الجذري للمشكلة - زيادة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ولهذا فقد فشلوا في طرح مشلكة الآثار الكيميائية لهذه الانبعاثات. فعلى سبيل المثال إن الاستراتيجيات التي تسعى إلى تبريد الأرض بواسطة عكس أشعة الشمس الإضافية إلى الفضاء سيكون لها تأثير مباشر ضئيل على كيمياء المحيطات. وبالتالي فإن هذا لن يقلل - بشكل واضح - من التهديدات التي يشكلها خمض المحيطات.

Photo © John M Baxter

تطوير تقنيات الطاقة المتجددة البحرية هو أمر أساسي للمساعدة في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري.

العواقب المجهولة

كان هناك اقتراحات حول خفض التغير في كيمياء المحيطات وذلك بإضافة مركبات إلى المحيط من شأنها تحييد الأحماض كيميائياً. لكن المشكلة الرئيسية لهذه المنهجيات هو أن كمية المواد المراد إضافتها كبيرة جداً. في الواقع تم احتساب الكمية المرادة وتبين أنها أكثر من حمولة غاز ثاني أكسيد المنبعثة في الغلاف الجوي. وبالتالي، فإن هذه الحلول المقترحة تتطلب عمليات تعدين جديدة وكبيرة وبنية تحتية للمعالجة الكيميائية وعواقب بيئية مجهولة.

كما تم اقتراح تسميد أو إضافة مغذيات للمحيط . الأمر الذي يقلل من التغير المناخي وتحمّض المحيطات. فالتسميد يحفز نمو العوالق النباتية مما يؤدي إلى زيادة أمتصاص ثاني أكسيد الكربون حيوياً من الغلاف الجوي . وتقليل تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قرب سطح المحيطات سيعمل على خفض تركيز الكربون غير العضوي المذاب في أسطح المحيطات. وتتنبأ نماذج الدورة العالمية للمحيطات أنه مع ثبات نسب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو سيكون لتسميد المحيطات تأثير معتدل في تخفيف تحمّض المحيطات بالقرب من السطح. لكنه سيتسبب بالمزيد من التحمّض في الأعماق حيث أن الجزيئات العضوية الغارقة ستتحلل من جديد إلى ثاني أكسيد كربون مع تزايد العمق. وإذا ما استمر انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الجو بالازدياد فإن تحمض المحيطات العميقة سيستمر. لذا فإن مقياس ومدة الجهد المطلوب بذلها في مثل هذه المنهجيات سيكون باهظ التكلفة في حين أن الفائدة ستكون في حدها الأدنى في أحسن الأحوال.

الوقاية خير من العلاج

وقد توصل الكثير من المراقبين إلى استنتاج أنه من الأفضل استخدام الموارد التي يُراد إنفاقها على الهندسة الجيولوجية لإنفاقها على تبديل نظام الطاقة الحالي - مما يمنع ثاني أكسيد الكربون من الدخول إلى البيئة منذ البداية عوضاً عن محاولة تحييد أثآرها فيما بعد حيث تكون قد انتشرت بالفعل من خلال الغلاف الجوي والمحيطات.

دليل على الانترنت

حمّل نسخة من هذا الدليل الجديد حول تحمّض المحيطات وتعلم المزيد عن هذه القضية من خلال
http://www.epoca-project.eu/index.php/Outreach/RUG

ما هو المرجع لمجموعة المتسخدمين حول تحمض المحيطات؟

يتمثل التحدي الأساسي لضمان ان العلم يفتح آفاقاً جديدة بشأن قضايا مثل تحمّض المحيطات والتي تطرح أسئلة بحاجة للاجابة وهذه الأجوبة تصبح بسرعة وفعالية في أيدي المستشارين السياسين وصانعي القرار حتييتم إتخاذ إجراء . الدليل المرجعي لتحمّض المحيطات لمجموعة المستخدمين . يعتمدعلى الخبرة فى المملكة المتحده وأوروبا والخبرة الدولية في تسارع تبادل المعلومات بين العلماء والمستخدمين النهائيين.

تم إنشاء الدليل المرجعي لتحمّض المحيطات لمجموعة المستخدمين في عام ٢٠٠٨ لدعم عمل المشروع الأوروبي حول تحمّض المحيطات (EPOCA)، والآن يدعم الدراسات التكميلية في ألمانيا (BIOACID) والمملكة المتحدة (برنامج أبحاث المملكة المتحدة لتحمّض المحيطات) ورابطه قويه بالعمليات المشابه بالولايات المتحدة الأمريكيه . مع روابط قوية مع كبار العلماء في تحمّض المحيطات لتسهيل نقل المعرفة السريع والمساعدة التوصيل الفعّال للعلوم ذات الجودة..

يعتمد هذا الدليل على الخبرة الماخوذة من مجموعة عمل تحمض المحيطات بجانب المعرفة من كبار الخبراء حول تحمّض المحيطات، ليكون بمثابة مقدمة لمستشاري السياسة وصانعي القرار حول أكثر القضايا الملحة وأهمية.

مجموعة عمل تحمض المحيطات تتكون من ممثلين ل:

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, Department for Food, Environment and Rural Affairs (Defra), Department of Energy and Climate Change (DECC), Directorate of Fisheries (Norway), European Science Foundation (ESF), Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), Greenpeace, International Atomic Energy Agency, International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), International Union for the Conservation of Nature (IUCN), Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environment (LSCE), Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM - GEOMAR), Marine Institute (Ireland), Natural England, Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC), Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Plymouth Marine Laboratory (PML), Rolls Royce, Royal Institution, Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR), Scottish Natural Heritage (SNH), Shellfish Association of Great Britain (SAGB), Stockholm Resilience Center, The Nature Conservancy, UK Climate Impacts Programme (UKCIP), UNEP World Conservation Monitoring Center, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), The Worldwide Fund for Nature (WWF).

المراقبون

European Commission, the UK Marine Climate Change Impacts Partnership, the Oak Foundation, Oceana.

تفاصيل أكثر والاتصال

لمزيد من المعلومات حول عمل دليل مجموعة المستخدمين حول تحمّض المحيطات والمشروع الأوروبي لتحمّض المحيطات يمكنك زيارة الموقع الالكتروني التالي:
http://www.epoca-project.eu/index.php/Outreach/RUG

وبرنامج المملكة المتحده www.oceanacidification.org.uk

BIOACID وبرنامج ألمانيا http://www.bioacid.de

لمزيد من التحقيقات الرجاء التواصل على:
policyguide-epoca@obs-vlfr.fr

المصادر والمساهمات

هذه الوثيقة مقترضة من «الأسئلة والأجوبة والمتكررة حول تحمّض المحيطات». (www.whoi.edu/OCB-OA/FAQs)، والتي تمثل آخر الآراء العلمية على اجابات لـ ٣٧ سؤال تفصيلي. ساهم العلماء التاليين على الردود على تلك الوثيقة:

Jim Barry, Senior Scientist, Monterey Bay Aquarium Research Institute, USA

Jelle Bijma, Biogeochemist, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany

Ken Caldeira, Senior Scientist, Carnegie Institution for Science, USA

Anne Cohen, Research Specialist, Woods Hole Oceanographic Institution, USA

Sarah Cooley, Postdoctoral Investigator, Woods Hole Oceanographic Institution, USA

Scott Doney, Senior Scientist, Woods Hole Oceanographic Institution, USA

Richard A. Feely, Senior Scientist, NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, USA

Helen Findlay, Lord Kingsland Fellow, Plymouth Marine Laboratory, UK

Jean-Pierre Gattuso, Director of Research, Centre National de la Recherche Scientifique and Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, France

Jason Hall-Spencer, Marine Biology Lecturer, University of Plymouth, UK

Michael Holcomb, Postdoctoral Research Associate, Centre Scientifique de Monaco, Monaco

David Hutchins, Professor of Marine Environmental Biology, University of Southern California, USA

Debora Iglesias-Rodriguez, Lecturer, National Oceanography Centre of the University of Southampton, UK

Robert Key, Research Oceanographer, Princeton University, USA

Joan Kleypas, Scientist III, National Center for Atmospheric Research, USA

Chris Langdon, Associate Professor, University of Miami, USA

Daniel McCorkle, Associate Scientist, Woods Hole Oceanographic Institution, USA

James Orr, Senior Scientist, Laboratory for the Sciences of Climate and Environment, France

Hans-Otto Pörtner, Professor, Alfred Wegener Institute, Germany

Ulf Riebesell, Professor for Biological Oceanography, Leibniz Institute of Marine Sciences IFM-GEOMAR, Germany

Andy Ridgwell, Royal Society University Research Fellow, University of Bristol, UK

Christopher L. Sabine, Supervisory Oceanographer, NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, USA

Daniela Schmidt, Royal Society University Research Fellow, University of Bristol, UK

Brad Seibel, Assistant Professor of Biological Sciences, University of Rhode Island, USA

Carol Turley, Senior Scientist, Plymouth Marine Laboratory and KE Coordinator for the UK Ocean Acidification Research Programme, UK

Steve Widdicombe, Benthic Ecologist, Plymouth Marine Laboratory, UK

Richard Zeebe, Associate Professor, University of Hawaii at Manoa, USA

ضمان الجودة

وبالإضافة إلى ذلك ونحن ممتنون للأشخاص الذين ساهمو تحديدا في تطوير هذا التقرير:

Jelle Bijma, Biogeochemist, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany

Humphrey Crick, Principal Specialist - Climate Change, Chief Scientist's Team, Natural England, UK

Sarah Cooley, Postdoctoral Investigator, Woods Hole Oceanographic Institution, USA

Jean-Pierre Gattuso, Director of Research, Centre National de la Recherche Scientifique and Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, France

Lina Hansson, EPOCA Project Manager, Laboratoire d'Oceanographie, Villefranche-sur-mer, France

Dorothée Herr, Marine Programme Officer, Global Marine Programme, IUCN, Washington, USA

Michael Holcomb, Postdoctoral Research Associate, Centre Scientifique de Monaco, Monaco

Richard A. Feely, Senior Scientist, NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, USA

Andy Ridgwell, Royal Society University Research Fellow, University of Bristol, UK

Ulf Riebesell, Professor for Biological Oceanography, Leibniz Institute of Marine Sciences IFM-GEOMAR, Germany

Donna Roberts, Antarctic Climate & Ecosystems Cooperative Research Centre, Australia

Daniela Schmidt, Royal Society University Research Fellow, University of Bristol, UK

Carol Turley, Senior Scientist, Plymouth Marine Laboratory and KE Coordinator for the UK Ocean Acidification Research Programme, UK

Ed Urban, Scientific Committee on Oceanic Research, University of Delaware, USA

Phil Williamson, Science Coordinator for the UK Ocean Acidification Research Programme, UK.

نحن ممتنين أيضاً هؤلاء الأشخاص اللذين قدموا ترجمة للغات متعددة:

Arabic: Haifa Abdulhalin, edited by Nashat Hamidan and reviewed by Khaldoun Alomari and Mohamed Eltayeb.

Chinese: Vera Shi, Hui Lui, Guang Gao and Kunshan Gao.

French: Stéphanie Reynaud, Eric Béraud, François Simard and Jean-Pierre Gattuso

Spanish: Juancho Movilla, Elisa Fernandez-Guallart, Carles Pelegero and Marta Estrada.

نحن نشكر كل من ساهم في نشر هذه المعلومات لغير متحدثي اللغة الانجليزية.

يرجى ذكر هذه الوثيقة على النحو التالي : مرجع تحمّض المحيطات لمجموعة المستخدمين (٢٠١٠). تحمّض المحيطات : الأسئلة المجابة.. لافولي د.أ. وباكستر ج.م. و(محررون). المشروع الأوروبي لتحمّض المحيطات (ايبوكا). ٢٤ صفحة.

هذا الدليل تم اصداره بدعم مالي من التراث الطبيعي الاسكتلندي . إنجلترا الطبيعية . والأتحاد الدولي لصون الطبيعة. والمشروع الأوروبي لتحمّض المحيطات. وبرنامج أبحاث المملكة المتحدة لتحمّض المحيطات. و يعتمد على أفضل الأساليب لمناهج التواصل الرائدة من خلال شراكة المملكة المتحدة لتأثير التغير المناخي في المحيطات.

FSC

Designed by Ian Kirkwood www.ik-design.co.uk