# جعلها أوضح

نظرة جديدة على المشكلة العالمية لتحمض الحيطات من أجل الذين يريدون أن يعرفواالمذيد.

فى هذا الدليل قمنا بعمل أربعة أمور جديدة. حيث قمنا بالإجابة عن بعض الأسئلة المهمة التي يسألها العديد من الناس حول حمّض الحيطات، نحن نتحدث عن تأكد المجتمع العلمي الدولي حول ما يحدث للمحيطات. ونناقش ما يحمل المستقبل للمحيطات مع ارتفاع ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) في العالم. ونستكشف عواقب ما يحدث الآن.

الأسئلة والإجابات يسير على خطى ناجحة للغاية للدليل متعدد اللغات الذى يسمى "خَمِّض الحيطات الخسئلة الخسئلة والذى تم إطلاقه في في شتاء 2009 في مؤتمر الام 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 الحيطات 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.

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



منذ سنتين. قمت باستضافة اجتماع لأكثر من 150 شخصاً من كبار علماء البيئة البحرية في العالم والذين قدِموا من 26 دولة بتنظيم ودعم من قبل الهيئة الحكومية الدولية للمحيطات واللجنة العلمية لأبحاث الحيطات وحكومة موناكو ومؤسستي. انضم هؤلاء العلماء للدعوة من أجل اتخاذ إجراءات فورية من قِبل

صُتاع السياسات للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث حث العلماء على انخفاض كبير وحاد لتجنب الأضرار الواسعة التي قد تُصيب النظام البيئي البحري بسبب خَمض الحيطات. هذا التحذير شكل قلب إعلان موناكو الذى يسعدنى تقديم دعمى الكامل له.

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

ويسعدني أن مؤسستي دعمت مطبوعة خَمض الحيطات: الأسئلة الجابة. حيثُ مرة أخرى يجتمع علماء العالم معاً للاتفاق حول مرجع لجموعة المستخدمين حول خَمض الحيطات، لمعالجة قضية جديدة – وهي عدم اليقين والمعلومات الخاطئة حول خَمض الحيطات.

وانا مقتنع بانه من خلال التسلّح بهذه التوضيحات الإجابات للأسئلة الجديدة التي ظهرت. سيسهم هذا العمل في التغلب على الحواجز التي تقف في الطريق المؤدي إلى خَقيق مزيد من التقدم السريع للتصدى لتحمض الحيطات.

**HSH Prince Albert of Monaco** 

# عرض المشهد

الإنتشار الواسع لإستخدام الوقود الأحفوري منذ نهاية الثورة الصناعية الأولي في 1830. وعملية إزالة الغابات وانتاج الأسمنت. وانتاج ما يزيد عن 440 مليون سنتمر معكب من غاز ثاني أكسيد الكربون (cO) في الغلاف الجوي (نصفها في الثلاثين السنة الأخيرة). إطلاق هذه الكميات الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون (cO) «الحبوسه سابقاً» يعزز من ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية ويعرّض مستقبل استقرار مناخ الأرض للخطر. ولحسن الطبيعية ويعرّض مستقبل استقرار مناخ الأرض للخطر. ولحسن الخظر ان ما لا يقل عن ثلث ثاني أكسيد الكربون الإضافي يمتص من خلال النباتات والحيطات. الأمر الذي يؤدي إلى تباطؤ كبير في معدل ومدى إنتشار التأثيرات الناجمة عن تغير المناخ الملحوظة حتى الآن.

# 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 بتحقض الحيطات - وأيضاً تعرف بالمشاكل الأخرى لثاني أكسيد الكربون» و»توأمه الشرير التغير المناخي». فقطفي الأونة الأخيرة تمت ملاحظة خقض الحيطات والذى قد تكون عواقبه وخيمة تماماً مثل عواقب ازدياد درجة الحرارة الناتجة من التغير المناخي، وفى حين أن متابعة التغير المناخي صعبة بسبب انتشاره واتساعه . نجد أنه يمكن قياس حققض الحيطات وتوقعه. أظهرت الدراسات الحديثة أن معدل امتصاص المياه السطحيه للمحيطات لثاني أكسيد الكربون - والمعدل الناتج من حقض الحيطات. هو أسرع بـ 100 مرة من فترة نهاية العصر الجليدي (أي منذ 20000 سنة). وهي آخر مرة كان الارتفاع فيها ملحوظاً.



مشهد الحيود المرجانية في المياه الباردة على عمق 220كم مأخوذ من غاطسة البحوث جاغو.

## الحيطات تتحمض بسرعة

#### التغير في درجة الحموضة خلال 25 مليون سنه الأخيره. Source after Turley et al. in Avoiding Dangerous Climate Change (2006).

PH 8

7.8

ر المحرية الحموضة حاليا بمعدل و 2000 AD

ومستوى لم يتم حدوثه من قبل للكائنات و 2100 AD

البحرية لأكثر من ١٠ مليون سنه و 2150 AD

7.4

-25 -20 -15 -10 -5 0 5

الوقت (ملايين السنين قبل الوقت الحاضر)

## حل الالتباس، وتقديم الوضوح

ظهرت مشكلة خمّض الحيطات بوصفها قضية بارزة وعلى مستوى عالى خارج الأوساط العلمية في عام 2005، ضمن منشور للتقرير للجمِّعية الملكية، والتي قد سبق ذكرها في مطبوعات تعود إلى عام 1970، ولكن بشكل مستمر أكثر في العشر السنوات السابقة لنشر تقرير الجمعية الملكية. فمنذ 2005 بدأت دراسة علمية أساسية بالرغم من أن هناك العديد من الأسئلة. يوجد قدر كبير من الأراء العلمية تدرك ان خَمَّض الحيطات حقيقي وذو خطر كبير على طريقة حياتنا. فعلى سبيل المثال نصت الهيئة الأكاديمية للقضايا الدولية في بيان خمض الحيطات على أنه  $^{\circ}$ وحتى مع حَقيق الاستقرار من  $^{\circ}$ CO في الغلاف الجوي في أنه  $^{1}$ 450ppmv في من الحيطات سيكون لها تأثيرات عميقة على العديد من الأنظمة البحرية. هناك حاجة لتخفيضات كبيرة وسريعة لانبعاثات  $\mathrm{CO}_2$  العالمية على الصعيد العالمي بما لا يقل عن 3050 بحلول عام 2050.

احد التحديات في فهم خَمِّض الحيطات ان العديد من الناس جَد 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 2009 ومباشرة بعد مؤتمر الأم المتحدة للتغير المناخي في كوبنهاغن، اجتمع 27 من العلماء البارزين من 19 مؤسسة وخمسة بلدان لتقديم المعلومات والإجابات على العديد من الأسئلة المشتركة التي يتم طرحها حول حُمّض الحيطات ², فشكّل هذا التحليل العلمي والمناقشات الأسس لهذا الدليل الجديد.



ppmv 1 هي جزء من المليون للحجم (جزء واحد لكل مليون بالحجم وتعادل الحجم المعطي
 للغاز الخلوط بمليون الحجم للهواء)

2هذا العمل للبرنامج الأمريكي لكربون الحيط و الكيمياء الحيوية (OCB; www.us-ocb.org) تم بدعم من المشوع الأوروبي لتحمض الخيطات (EPOCA; http://www.epoca-project.eu) والبرنامج البريطاني لبحوث خمض الحيطات (http://www.oceanacidification.org.uk). قام كبار العلماء في مجال خمض الحيطات بتجميع الردود على قائمة من 39 سؤال من الأسئلة المتداولة والتي تخضع لمراجعة النظراء.

# الدراسات الرئيسه يجرى تنفيذها أو مراحل متقدمة من التخطيط



## الاحماد الأوروبي

مولت الفوضية الأوروبية المشروع الأوروبي لتحمّض الحيطات (EPOCA). وهي مبادرة لإجراء بحوث عن «خمّض الحيطات وعواقبه» كمجهود متعددة الجنسيات وتضم 31 مؤسسة شريكة تقع وعواقبه» كمجهود متعددة الجنسيات وتضم 31 مؤسسة شريكة تقع في 10 دول أوروبية. وبالفعل بدأت أبحاث المشروع الأوروبي لتحمّض الحيطات وتأثيراته على الكائنات والنظم البيئة البحرية. لتحديد الخاطر التي ستحدث إذا ما استمر خمّض الحيطات. 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 خمّض الحيطات في البحر الأبيض المتوسط.

#### الصين

بدأت وزارة العلوم والتكنولوجيا (MOST) والمنظمة الوطنية للعلوم في الصين (NSFC) بدعم الأبحاث حول حققض الحيطات. مشروع حديد محوّل لمدة خمس سنوات لحراسة قضايا ارتفاع ثاني أكسيد الكربون وحققض الحيطات في البحار الصينية الهامشية. وهو مشروع مشترك بين سبعة مؤسسات أساسية بدعم يقدّر 34 مليون يوان صيني. والمؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية في الصين (NSFC) بدأت بتمويل مشاريع حول حققض الحيطات في عام 2006. وهناك العديد من المشاريع على المستوى الوطني عام 2006. وهناك العديد من المشاريع على المتوى الوطني المتكشاف آثار خقض الحيطات على الكائنات الحية

#### ألمانيا

التأثيرات الحيوية لتحقض الحيطات (BIOACID).
هذا المشروع المنسق يشرك 18 مؤسسة بحثية وموّل
من وزارة التعليم والأبحاث الفدرالية (BMBF) بداية لمدة
ثلاث أعوام ابتداءاً من أيلول 2009. وينصب تركيزه على تأثيرات خمّض الحيطات الكائنات البحرية وعلى مستوى النظام البيئي غَت الخلوي. وآثاره المحتملة على خدمات النظام البيئي والتغذية المرجعة البيوجيوكيميائية.

#### الجمهورية الكورية

(كوريا الجنوبية)

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

#### اليابان

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

# الحصول على الحقائق المباشرة

سيطرحهؤلاء اللذين يواجهون قضية خَمّض الحيطات لأول مرة سؤالين مهمين. وهما ما هو؟ وهل هو حقيقة؟

تنتج ردة الفعل هذه من النقص الحقيقي في العرفة حول الخيطات: ووجهات النظر المربكة حول إذا ما كان التغير المناخي حقيقي: والمفاجأة ان هناك قضية أخرى أكبر «بالخارج هناك» مع التغير المناخي هي إننا نسمع عنه فقط الأن. ينفعل معظم الناس بهذه النظرة. وهي أيا كان حمض الحيطات 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 تحقض عدم يقين أقل حول بعض عدم يقين أقل حول بعض المفاهيم الاساسية حول ما هو تحقض الخيطات وإذا كان يحدث حقيقة.

## ما هو حمض الحيطات؟

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

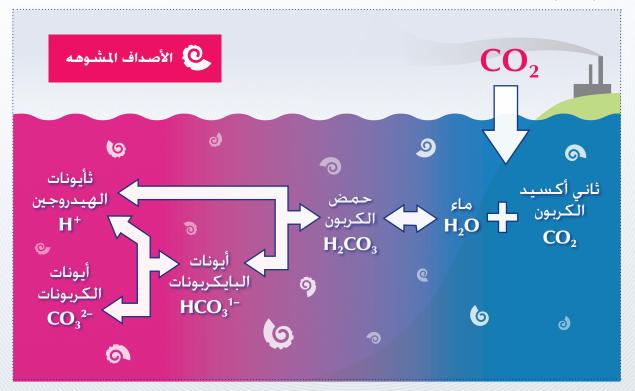
#### فهم "الكربونات" و "التحمض"

خَمّض الحيطات يختلف كثيراً عن التغير المناخي. فالتغير المناخي عثل 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. خَمّض الحيطات هو تأثير ثاني أكسيد الكربون على المحيطات حيث يتم إمتصاصه من قبل مياه البحر. مفهوم «خَمّض الحيطات» يلخص مجموعة عمليات خَدث عندما يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع مياه البحر. هناك تفاعلين هامين بشكل خاص. الأول: تشكل حمض الكربونيك ويلحقها إطلاق أيونات الهيدروجين يزيد من الحموضة وبالتالي ينخفض الأس الهيدروجيني بال (انظر من الحموضة وبالتالي ينخفض الأس الهيدروجيني PH (انظر للإطار التالي). أما التفاعل الثاني بين أيونات الكربونات وثاني أكسيد الكربون والماء تنتج أبونات البايكربونات:

$$HCO_3^-$$
 +  $H^+$   $\longleftrightarrow$   $H_2CO_3$   $\longleftrightarrow$   $H_2O$  +  $CO_2$  ثاني أكسيد الكربون ماء حمض الكربون ثأيونات الهيدروجين أيونات الكربون

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

Source University of Maryland.



# جيني pH هو

معدل الأس الهيدروجيني PH هو عبارة عن مقياس حول الحموضة القاعدية (القلوية) لمجلول. ابتكرت في عام 1909 وهي عبارة عن مؤشر لوغارتمي لتركيز أيونات الهيدروجين في محلول مائي. هذا المقياس هو "عكسي" أي كلما قلت قيمة الأس الهيدروجيني معدل الأس الهيدروجيني في المياه النقية هو 7: فالقيمة الأقل تكون حامضية، وأعلى منها تكون يكون قاعدي. فالحلول ذو الأس الهيدروجيني 4 تكون الحموضة به أعلى بد 100 مرة من محلول معدل الأس الهيدروجيني له 5 وبالتالي يكون أكثر حموضة بـ 100 مرة من للحلول المعدل الأس الهيدروجيني له 6 فبعدل الأس الهيدروجيني له 6. فبعدل الأس الهيدروجيني له 6. فبعدل الأس الهيدروجيني محلول قاعدي ضعيف. في حين مدى معدل الأس الهيدروجيني عادة ما يعطي من 1-0.

حمض الهيدروكلوريك	١
عصير ليمون	٢
بيرة، خل،	٣
نبيذ، وبندورة	٤
قهوة سادة	۵
بول، حلیب	1
میاه نقیة، دم	٧
میاه بحر	٨
صودا الخبز	٩
حليب أكسيد المغنيسيوم	١.
أمونيا للاستخدام المنزلي	11
مبيّض منزلي	۱٢
منظف الأفران	۱۳
هيدروكسدات الصوديوم	١٤

حمض البطارية

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

# $2HCO_3^- \longleftrightarrow CO_3^{2-} + H_2O + CO_2$ ثاني أكسيد الكربون ماء أيونات الكربونات ألبايكربونات

التأثير المزدوج لهذين التفاعلين لا يزيد من الحموضة ولكن يقلل من توافر أيونات الكربونات، يحتاج إلى أيونات الكربونات من أجل عملية التكلس، وهى العملية التى 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 والقشربات 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 لتحقض الحيطات يمكن أن تكون له عواقب كارثية على لحياة في الحيطات وعلى بعض الأنواع ذات القيمة الاقتصادية العالية.

#### مفهوم "التحمض"

معدل الأس الهيدروجيني للمحيط حالياً أعلى من 7.0 لذا هو «قاعدي», ولذا من المكن أن يكون مستحيل كيميائياً أن يصبح كله بشكل فعلي «حامضاً». إذن لماذا نشير إلى «خمّض الحيطات»؟ هذا بسبب أن التحمّض هو بحسب الجاه 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. ويكن عقد مقارنة مباشرة للكلمات المستخدمة لوصف تغير درجات الحرارة: زيادة من 0 درجة مئوية إلى 5 درجات مئوية قد تكون مازالت بارده (لمعظمنا). لكن مازالت تستخدم كلمة «ارتفاع درجة الحرارة».

هناك عوامل محلية مختلفة تؤثر على التفاعلات الكيميائية لثاني اكسيد الكربون فى مياه البحر, وتضاف لآثار خَمِّض الحيطات. فعلى سبيل المثال الأمطار الحمضية تتكون من أحماض الكبريتيك والنيتربك والمستمدة أصلاً من احتراق الوقود الأحفوري. والتي تتساقط على ساحل الحيط. يمكن أن يتراوح معدل الأس الهيدروجيني للأمطار الحامضية بين 1 و 6 لذا قد نجد أن تأثيره على كيمياء المياه السطحية الحيطات قد يكون مهما محليا وإقليميا ولكن ضعيف جدا على الصعيد العالمي. أيضا تتأثر المياه

# 



الساحلية من مدخلات المغذيات الزائدة وهى في معظمها من النيتروجين القادم من الزراعة والأسمدة ومياه الصرف الصحي. الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كبيرة وإذدهار للعوالق. وعندما ينتهى هذا الأزدهار وتعرق إلى قاع البحر وكعواقب لتنفس بكتيريا خلال عملية خلل الطحالب ينخفض معدل الأوكسجين في مياه البحر وخدث زيادة في ثاني أكسيد الكربون وانخفاض في درجة الحوضة.

## كيف تأكدنا من أن خَمِض الحيطات 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.

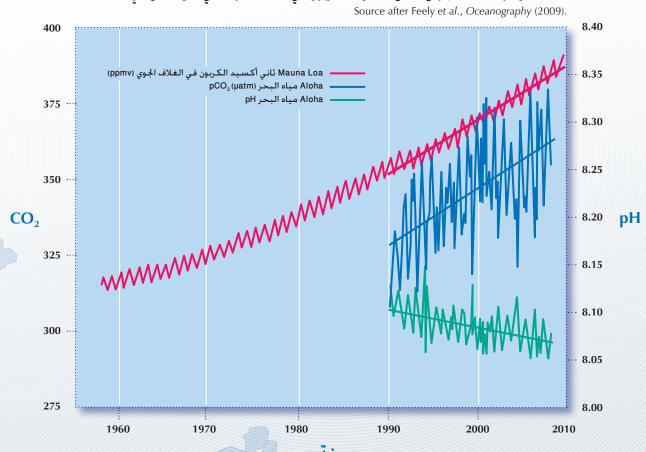
الدليل الأقوى قدم من خلال مقاييس مفصلة في اجزاء مختلفة بالعالم؛ مثال. التسجيلات لمدة 20 عاماً المأخوذة من الحيط الهادي (قبالة جزر هاواي) كما تظهر في الأسفل. فبالرغم من أن هناك تغيرات موسمية عالية, هناك توجه لا شك فيه أن هناك زيادة في ذوبان ثاني أكسيد الكربون في أعالي الحيطات, في حين تقل درجة الحموضة. هذه التوجهات توافق بشكل كبير التغيرات في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. لأنمعدل الأس الهيدروجيني هو معدل لوغارثمي، الإنخفاض الصغير الملاحظ والذي يقارب 0.1 وحدة منذ ماقبل المرحلة الصناعية يمثل حقيقة %30 زيادة في وفرة أبونات الهيدروجين.

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



استخدام عوامات الأدارة الوطنية للمحيطات والناخ (NOAA) في منطقة الحيط الهادئ لقياس تدفقات ثانى 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 الحيط الهادي/.



#### الحيطات الختلفة، معدلات مختلفة

على الرغم من حدوث خمّض الحيطات في كل مكان، إلا أنه يحدث بشكل أسرع في 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 (في ظروف «زيادة الاشباع»)، والتي من المكن أن تنخفض إلى مستويات تبدأ معها هذه الهياكل الصلبة بالذوبان (ظروف «نقص بالإشباع»). تظهر نماذج التنبؤ أن الحيط المتجمد الشمالي سيكون العتبة الأولى لتحمّض الحيطات، والذي سيحدث عندماً تتحول المياه من «زيادة في الإشباع» في كربونات الكالسيوم إلى «نقص في الإشباع». فإذا استمرت مستويات ثاني أكسيد الكربون بالتزايد بالمعدل الحالى في الغلاف الجوي (والحيطات). عندئذٍ بحلول العام 2018 يتوقع أن %10 من الخيط المتجمد الشمالي سيتخطى حد هذه العتبة. ليزيد بحلول العام 2050 إلى 1,5 من الحيط المتجمد الشمالي. وعلى الأرجح بمرور عام 2100 سيصبح كامل الحيط المتجمد في حالة يمكن فيها ذوبان هياكل كربونات الكالسيوم غير الحمية.



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

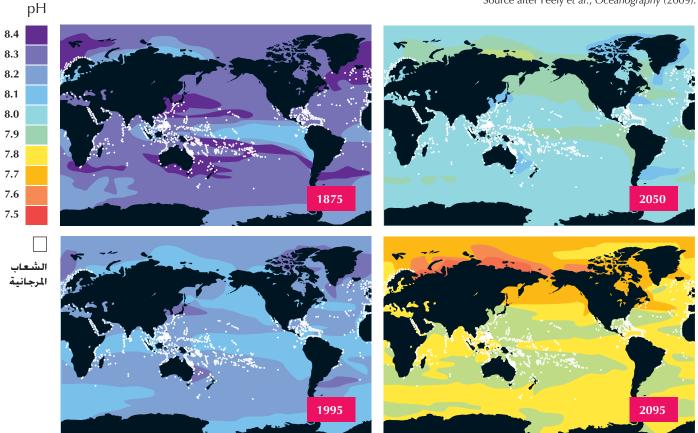


جَّارب ميسكوزم مهمة جداً لتساعد في فهم عواقب خُمض الحيطات على مستوى الجِتمعات والنظم البيئية.

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

المركز الوطني لبحوث المناخ في الغلاف الجوي مجتمع البحوث النظام النموذجي (CCSM3) 3.1 يعني درجة الحموضة في العقدية عن سطح البحر 2.1 (2055, 1995, 2050, 2095).

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



قنفذ البحر من النوع المنتشر

Bechinus esculentus

إثارت مستخدم في

## 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 الحار): وهي اقل ذوبان.

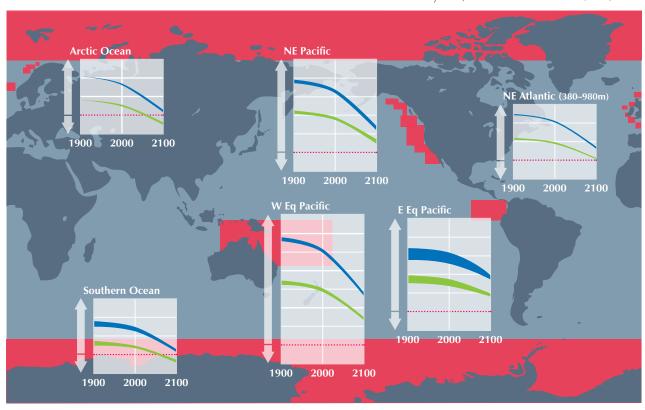
أراجوانيت هو أكثر اشكال كربونات الكالسيوم قابلية للذوبان: وهو موجود في المرجان. ومعظم الرخويات (بما فى ذلك عوالق السباحة الحرة ( حلزون العوالق الصغيرة)). كبعض انواع الطحالب.



جناحيات القدم من نوع Cuvierina columnella حَّوي صدفة من الارغونايت.

التقديرات التاريخية ، بالإضافة إلى التغيرات المتوقعة مستقبلاً في كيمياء الحيطات 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 تشبع 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).



التشبع السط الكالسبت سطح الحيط pH (SWS) pCO<sub>2</sub> (μatm) جوی أراجونيت 800 8.1 600 8.0 أراجونيت 400 7.9 200 7.8 2000 2100 1900 2000 2100 1900 2000 2100 1900

مياه الحيطات العميقة، والباردة بطبيعتها فيها نقص بالاشباع في أيونات كربونات الكالسيوم ممايسبب 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 بمكنها البقاء على قيد الحياة خت أفق الإشباع بسبب آليات خاصة لحماية كربونات الكالسيوم من الذوبان. كما أن تحمض الحيطات يؤدي 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 وهياكلها. أفق تشبع الكالسيت يحدث على عمق أكبر من الأرجوانيت لكن كلا الأفقين إقتربا من السطح بايقارب 200-50 متر مقارنة بالقرن الثامن عشر 18008.



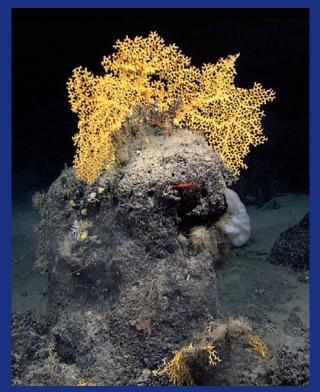
المرجان الأبيض مثل نوع Lophelia pertusa والتى تبنى هيكلها من الأرجونيت تعتبر حساسه لأرتفاع مستوى التركيزات. المرجان الأحمر المعروف بالمرجان المروحي يتم بناء هيكلها من الكالسيوم.

# خَمض الحيطات ومصير الكربون قصير الأمد وطويل الأمد في النظام

على فترات طويلة الأمد (أكثر من 100,000 سنة). هناك توازن طبيعي يصون بين الأخذ والإطلاق لثاني أكسيد الكربون المنتج من 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 الحيطات. ومدة زمنية أقصر (أقل من يربط بين دورة الكربون في الحيطات 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 الحيطات هناك نقص في الاشباع فتذوب الكربونات بسهولة. فيعرف الحاجز الأول بين الإحلال في عمق الحيط الاربونات الإحلال في عمق الحيط بشكل أقوى. فتغرق كربونات الكالسيوم الموجودة في الأصداف الميتة إلى قاع البحر. فالمعظم في المياه سطحية العمق تدفن في الترسبات وحجز هناك لفترة زمنية طويلة. لكن حيث تغرق الأصداف في المياه العميقة تقريبا تذوب جميع كربونات الكالسيوم، وهنا لا يحجز ثاني أكسيد الكربون بعيداً للكايين السنين.

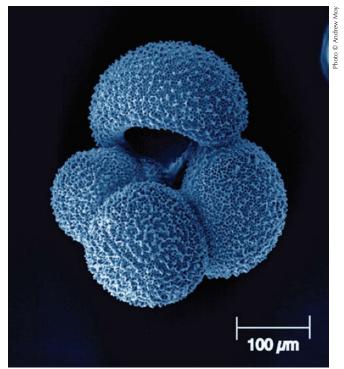
فالزيادة الحالية في معدل ذوبان ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الحيط تنتج عدم توازن في أعماق تعويض الكربون (CCD)، وهو العمق الذي يذوب به



مكن ان تعمل رسوبيات القاع كمخزون لترسبات كربونات الكالسيوم.

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

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



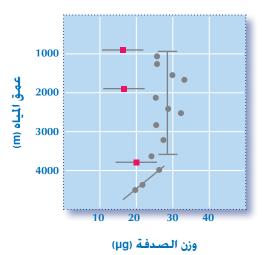
#### خطوط العرض أعلى، وعوالق أخف؟

تشير التوقعات أن الأرجوانيت ناقص التشبع يبدأ في الحدوث في مياه المحيط الجنوبيفي الفترة مابين 2070-2030. فالتجارب الخبرية والمشاهدات المباشرة تشير إلى أن انخفاض مستويات الكربونات التي قد خدث قبل ذلك ستجعل من الصعب للعديد من الكائنات الحية صنع أو المحافظة على أصدافها. العينات من الحيط الجنوبي تشير إلى أن الأصداف تظهر أن العوالق المنخرية في هذه الأيام اخف بـ 35%-30 من نظائرها في ما قبل الثورة الصناعية. مع ازدياد انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون لوحظ أن فقدان الوزن الأصداف المثقابيات مثل Globigerina bulloides والأنواع الأخرى من عوالق المياه القطبية مثل جناحيات الأقدام ، والتي أأصدافها مصنوعة من أحد أكثر أشكال الأراجونيت قابلية للذوبان وهو مرمسبب القلق جناحيات الأقدامتاعب دوراً هاماً في الشبكات

جناحيات الأرجل من نوع Limacina helicina antarctica التى تم جَميعها بواسطة السفينه أميتاكا مارو فى الأستكشافات التعاونيه التعداديه البحريه شرق الحيط المتجمد الجنوبي (CEAMARC) خلال السنة الدولية للأقطاب 2008.

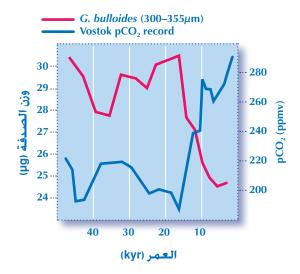


الغذائية للمحيط المتجمد الجنوبي وتعتبر مصدر غذاء للكثير من الكائنات بما في ذلك الأسماك. حيث تساعد على تشكيل خزان طويل الأمد لغاز ثاني أكسيد الكربون الجوي فى الحيط العميق عند موتها. ومن خلال أصدافها التي تعمل كثقل لنقل الكربون العضوى من الحيوانات النافقة الى قاع الحيط.



متوسط وزن صدفة نوع Globigerina bulloides (300-355μm) ميكرو ميتر) والتى يتم جميعها 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 حَّت المتشبعه والتي أثرت بالفعل.



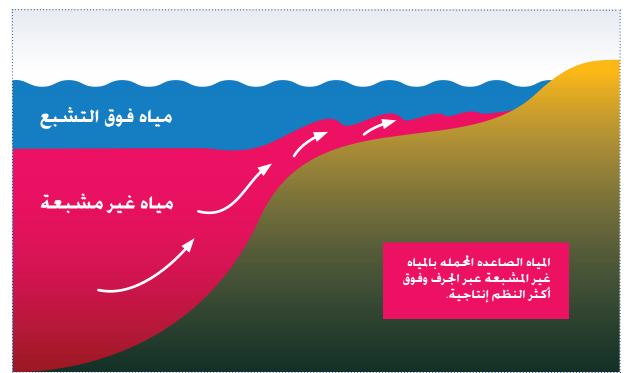
#### ظهور مشكلات الحيط إلى السطح

تشهد المناطق الساحلية بشكل دوري أحداث المياه الصاعده. حيث مياه الحجيفة 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. حَمّض الحيطات يجعل الطبقة العليا ذات التشبع العالى من مياه البحر أكثر ضحالة كل سنة. فالأحداث الطبيعية للمياه الصاعده ستحدث بشكل أكثر وستسبب في ارتفاع المياه اللشاطئ.

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 الجتمعات. 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 الحيط.

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

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



# التعلم من التاريخ

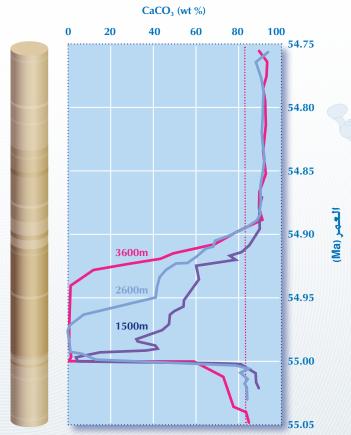
كيمياء محيطات الأرض ليست بحالة ثابتة دائماً. فهناك فترات في الماضي البعيد حيث حدث تحمّض للمحيطات. فهل يمكننا استخدام معرفتنا من أحداث تحمّض الحيطات السابقة. للمساعدة في توقع حدة التأثيرات المستقبلية النابعة من مسلسل التحمّض الحالي؟

# ماذا يُمكن أن تعلمنا أحداث خَمض الحيطات 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 الهيدروجينى بشكل غير مباشر والتي يمكن حسابها من خلال الفقاعات المحصورة في الجليد وثانياً من قابلية دراسة الظروف السابقة باستخدام السجلات المحفوظة في الأرض والرواسبيات.

#### التاريخ من الجليد

ان فقاعات الهواء الحصورة في طبقات الجليد تقدم تسجيلا لمستويات ثاني أكسيد الكربون الجوي في الماضي. ثم بحكن منها



العينات المأخوذة من الحيط الأطلسي لأعماق قديمة مختلفة تظهر كيف كانت درجة الحرارة القصوى فى 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 الحتمل ان هذا الحدث قد ساهم بعوامل الانقراض الكثيف المثقابيات القاعيه في ذلك الوقت.

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



فقاعات الهواء الحجوزة 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 800,000 سنة الماضية حتى منتصف القرن الثامن عشر 1800 لم تكن أبدا تزيد عن 280ppmv وتنتج درجة حموضة 8.2 في مياه البحر. في حين أن تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي حالياً في مياه البحر. في دين أن تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي حالياً يقارب ~90ppmv. ودرجة الحموضة للمياه السطحية للمحيط الأن هي 8.1.8.

#### أوجه الشبه المتباعدة

تنخفض فيها درجة الحموضة في الحيطات 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 55 مليون سنة في حقبة الحياة الحديثة Cenozoic Era الحداري الأقصى في العصر الباليوسيني الفجر الخراري الأقصى في العصر الباليوسيني الفجر شفرا الحدث الكبير في تاريخ الأرض شهد ارتفاع بدرجات الحرارة هذا الحدث الكبير في تاريخ الأرض شهد ارتفاع بدرجات الحرارة العالمية بمقدار 6 درجات مئوية حوالي (11 درجة فهرنهايت) خلال أقل من 10,000 سنة. وبالمقابل ارتفاع في مستوى سطح البحر ودرجة حرارة الحيط. إرتفعتركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي. مما تسبب في أن عمق المياه المشبعة بكربونات الكالسيوم يصبح أقل بكثير. ورمما ارتبط هذا الحدث في إضافة كبيرة للكربون في النظام بكثير. ورمما ارتبط هذا الحدث في إضافة كبيرة للكربون في النظام لنشرا لارتفاع درجة حرارة الحيط والتي تأكسدت في مياه البحر

إلى الوراء في التاريخ كانت هناك فترات طويلة وأأحداث مفاجئة

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 55 مليون عام. وإنه يجدر بها البقاء على قيد الحياة 55 مليون عام. وإنه يجدر بها البقاء على قيد الحياة بشكل ممتاز خلال حمّض الحيطات الحالي. ولكن الخطورة في هذا الادعاء يهمل الفرق الأساسي والححوري 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 10,000 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 الحيطات في 65 مليون سنة الأخيرة قد أضيف ثانى أكسيد الكربون ببطئ فى مدة آلاف السنين وفى بعض الحالات مئات آلاف السنين بسبب النشاط البركاني. حصل الحيط على فرص وافرة لاستكمال دورة خلط ألفية على نطاق كامل حيث يمكن أن تدور المياه السطحية في أعماق الحيطات والعودة. والنتيجة كانت أن ترسبات الكربونات على أرضية البحر بدأت بالذوبان وإطلاق أيونات الكربونات التي تساعد في خييد الحموضة. كان المحيط قبل ملايين السنوات الماضية يحتوي على تراكيز لأيونات كالسيوم ومغنيسيوم أعلى من التراكيز الموجودة فى الحيط بالوقت ، والتي ساعدت على إستقرار كربونات الكالسيوم في هياكل الحيوانات البحرية مما جعلها قادرة بشكل أفضل على خمل ظروف التحمّض من قدرة الجيطات 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 %50 من كل ما لدينا من ثاني أكسيد الكربون المنبعث ويتواجد في %10 العليا من الحيطات. قدرة الرواسب لتنظيم كيمياء الحيط وخييد الحموضة هى ببساطة بطيئة للغاية. فهي خدث على مدى أكثر من 1000 سنة. فدرجة الأس الهيدروجينى للمحيطات والكمية المتوفرة من أبونات الكربونات الكربونات.

يحدث خَمض الحيطات بشكل 10 مرات أسرع من ذلك الذي أحدث الانقراض للعديد من الأنواع البحرية منذ 55 مليون سنة مضت.

# هل من الممكن أن يرشد الماضى المستقبل؟

من المكن أن نقارن ماذا يحدث الآن مع ما حدث منذ ملايين السنين الماضية، حين كان الحيط أكثر حامضية. فالتحمض اليوم يحدث أسرع وعلى نطاق أعظم من أي شي شوهد في السجلات الأحفورية خلال 65 مليون سنة الماضية، فلنفترض على سبيل المثال أن تحمض الحيطات الآن أسرع بعشر مرات من ذلك الذي سبق الانقراض أى قبل الباليوسيني الفجري، وهو أكبر حدث لتحمض الحيطات الباليوسيني الفجري، وهو أكبر حدث لتحمض الحيطات منذ انقراض الديناصورات، تظهر عينات قلب الترسبات الموجودة في قاع البحر في المنطقة الجنوبية الشرقيه من الحيط 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 الحيطات إلى الانقراض، من قلب قاع البحر يبدو أن الأمر استغرق الحيطات ألى الانقراض، من قلب قاع البحر يبدو أن الأمر استغرق الحيطات ألى الانقراض، من قلب قاع البحر يبدو أن الأمر

#### 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. حقض الحيطات الخاصل بسب الإنسان يؤثر على الحيط أسرع بكثير من أن تتمكن الأرض من استيعابه طبيعياً. فمعدل اليوم من حققض الحيطات أسرع بعشر مرات من أي شيء قد شهدته الأرض منذ زوال الديناصورات قبل 65 مليون سنة.

الحيود المرجانية بأماكن كجزيرة سيشل Seychelles تدعم تنوع حياة رائع. والذي قد يتأثر بشكل كبير بحلول 2050 إذا ما استمر العدل الحالي لتحمض الحيطات.



# هل من المكن التنبوء بحدة خمض الحيطات في المستقبل؟

الأمر الذي لا مفر منه ان مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوي ستزداد من 391ppmv 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 في ثاني أكسيد الكربون الجوي لا تتوقف فبنهاية القرن ال21. من الممكن أن تصل هذه التركيزات إلى 800ppmv، ودرجة الحموضة في الخيطات ستنخفض بنسبة 20.4-0.3 وحدة. والتي تعادل 200%-150 في أيونات الهيدروجين.

هناك يقين أقل ومع ذلك فإن التأثيرات الحيوية المحتملة من حَمّض الحيطات. بسبب نقص الخبرة في تأثير هذه التغييرات على المجموعات الختلفة 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 الحيطات. 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 الحيطات, يقوم الضغط عادة بتحديد أداء الكائنات الحية - على سبيل المثال, فالكائنات الحية التي ترزح حَت الضغط تنمو ببطئ, وأصغر حجماً, لذا ستكون المفترسات أقل فعالية والفرائس قد تكون أقل قدرة على جنب القبض عليها. يؤثر الضغط الناجم عن خَمّض الحيطات 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 التحمعات أيوري إلى عدد أقل من المواليد الأمر الذي سيضر التحمعات أيضاً.

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



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

### قضايا المرجان المعقدة

يستضيف المرجان طحالب صغيرة وحيدة الخلية تسمى بال zooxanthellae، ضمن خلاياه والتي بقيامها بعملية التمثيل الضوئى 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 المُرجان المضيف. إذن حتى بإذدياد عملية التَّمثيلُ الصُّوثِي في الطِّحالب وحيدة الخلية بسِبب زيادة ثاني أكسيد الكربون. فإن هذا ليس يعني بالضرورة أنه جيدٌ للمرجأٌن المضيف. ومعٌ ذّلكُ ، وعلى الرغم من أن الدراسات أظهرت تعزز التمثيل الضوئي لبعض الأنواع الأخرى من الطحالب من خلال مستويات ثانى أكسيد الكربون المتوقعة بحلول نهاية هذا القرن، ما يقارَّب 800ppmv-700، لكن التمثيل الضُّونَّى لطحالبُ ال zooxanthellae لَم يظهر زيادة كبيرة تبعاً لمَّستوى ثاني أكسيد الكربون. وقد بينت التجارب أنه في معظم الحالات هناك إنخفاضا في معدل تكلس المرجانّ عند زيادة مستوى ثاني أكسيد الكرَّبون، لذَّا من الوَّاضُحُ أَنَّ الزيادَةُ في ثاني أُكُّسب الكربون تقلل بالفعل قدرة المرجان في بناء الهياكل ، وبالتالي قدرتُها على الصمود أمام العواصفُ بدلًا من حمايتُها. وهذا يعني أن نمو الشعب المرجانية في نهاية المطاف سيكون أقل من الطبيعي ومن ثم تتآكل وتنتهى.



الحيود المرجانية مهمة جداً لكنها أنظمة بيئية هشة وحساسة جداً لتحمض الحيطات.

## حكاية جراد البحر

أظهرت دراسة بحثية واحدة أن كتلة الصدف للعديد من القشريات ومن ضمنها جراد البحر. والذي تربى في مزرعة لمدة وم 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 "أمنه" من خمض الحيطات لسببين رئيسين هما:

1) 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 الحيطات 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 خّتوي كمية كبيرة من الكايتين جنباً إلى جنب مع معادن كربونات الكالسيوم. وتلقى هذه الأصداف بشكل دورى 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.

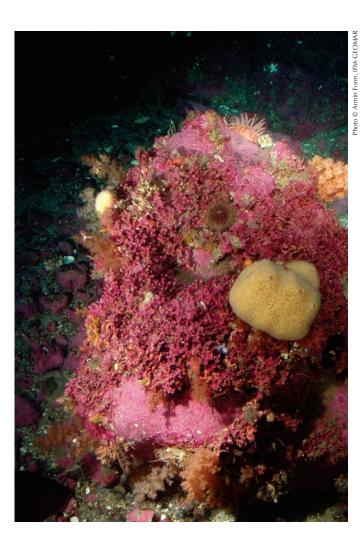
ومن غير الواضح حالياً ما إذا كان هذا الاختلاف في آلية النمو سوف يؤثر على كيفية استجابة لجراد البحر لتحمض الحيطات.



مراد 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 بناتات بحرية ستكون «الفائزة» في حين الأخرى ستكون الخاسرة» وبعضها قد لا يظهر أي إشارة بالجاه هذا المجح أن تكون العوالق النباتية المهيمنة الجديدة والأنواع النباتية في محيطات المستقبل المتحقضة أقل قدرة على دعم الإنتاجية. وتنوع السلاسل الغذائية التي نحن في الحاضر نعتمد عليها لدعم النظم البيئية الصحية في الحصطات والموارد السمكية.



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

# الكشف عن العواقب



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

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

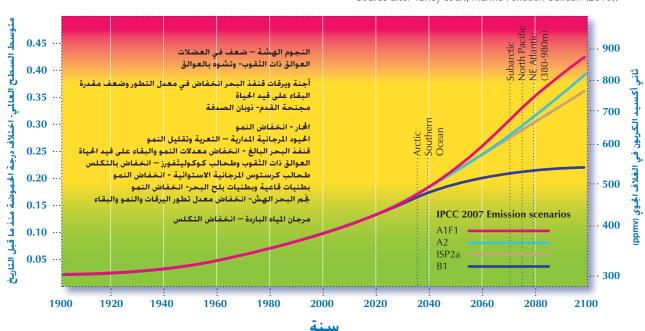
توجد مجتمعات من الكائنات في المياه الباردة في فتحات ثاني أكسيد الكربون البركانيةعلى قاع البحر (وليس الفتحات الحارة في أعماق البحرر) ومع انخفاض درجة الأس الهيدروجينى أقل من المتوقع للعقود اللاحقة نتبين أن هناك أنواعا معينة من الطحالب الدقيقة والأعشاب البحرية والحشائش البحرية يمكن أن تنمو بشكل جيد في مثل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

## ألن تتكيف الأنواع ببساطة لتحمض الحيطات؟

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 الجتمعات البحرية ستتغير. فمن المرجح ان الحيوانات والنباتات المعتمدة على كربونات الكالسيوم في بناء أجسامها مثل الأصداف أو الهياكل هي من ستتأثر أولاً, الكائنات بمكنها الاستجابة للتغير الضار في 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).





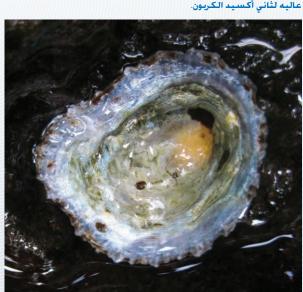
مجتمع قاع البحر فى منطقة البحر الأبيض المتوسط به فقاعات من ثاني أكسيد الكربون من الفتحات البركانية ما يجعله مختبرا طبيعياً مثاليا لدراسة خمض الحيطات.

#### 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

قَدَراً 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 لثانى أكسيد الكربون.

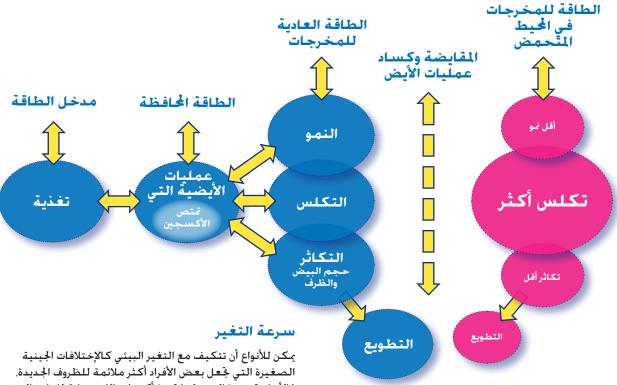


العناقيد الرجانية المدخله إلى منطقة منخفضة الحموضة طبيعيا تظهر تأكل هيكلها الجيري.

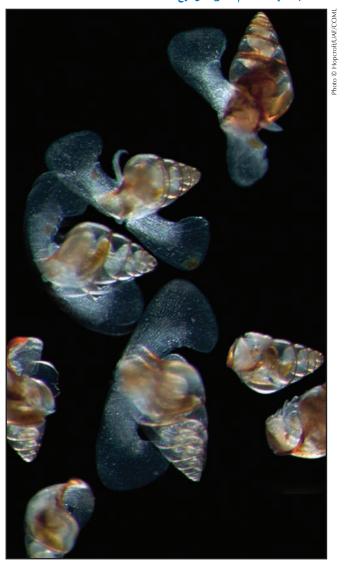


19

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



جناحيات الأقدام المداريه من نوع Limacina bulimoides.



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 المكن أن تطور 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 الحيطات سريع جداً مقارنة مقدرتها على التكيف. و من ثم هناك حاجة للقيام بمزيد من الأبحاث للتأكيد على هذا الوضع.

وكثيراً ما ارتبطت أحداث خَمّض الحيطات 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 الحيطات. لكن ما هو مشكوك فيه هو فيما إذا كانت الحيطات سريعة بالتكيف والتطور على نحو كافٍ لمواجهة خمّض الحيطات «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 الحيطات فيما يتعلق بالاراجونيت وأنها قادرة على الإيقاء على هذه المواكبة ذات الطبيعة المتغيرة. لكن من المستبعد أن تكون قادرة على التكيف ضمن تسارع تغير الظروف المتوقعة في العقود اللاحقة.

# فهم خياراتنا

سترتفع آثار خمض الحيطات 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 ثانى أكسيد الكربون الجوى أمر ضروري إذا ما أردنا خفض ومن ثم إيقاف خمّض الحُيطات قبل فوات الأوان.

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



## هل سيصنع انقطاع انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون الفرق؟

ازدادت مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو على مدى 250 عاماً للاضية بمقدار 40% أي من 280ppmv إلى 391ppmv اليوم. ويستمر هذا المستوى بالارتفاع بحوالي 2ppmv كل عام. فمستويات ثاني أكسيد الكربون الجوى قد خفت من خلال امتصاص الحيطات لغاز ثاني أكسيد الكربون (الأمر الذي أدى إلى خمقض الحيطات). وإلا لكان قد أصبح حوالي 460ppmv على خلاف ما هو اليوم. وهو مستوى كان سيؤدي إلى تغير مناخى أعظم.

#### مكن عكسه على المدى الطويل

على الرغم من أننا نرى التغير في كيميائية مياه الحيط 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.

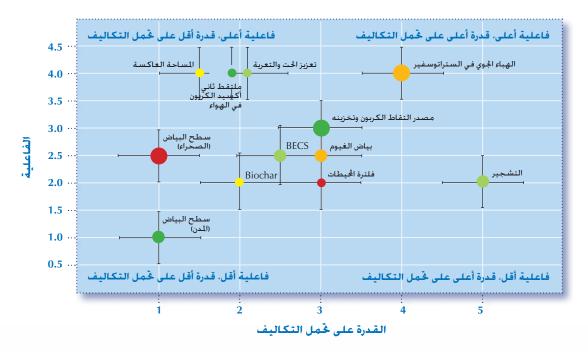
ومن المتوقع أن يبلغ مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو ذروته عند حد أعلى من 400ppmv. وستستمر ملاحظة الآثار على درجة حموضة الحيطات لبعض الوقت بالرغم من خقيق الانخفاض الكبير في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو. وسيستمر تغلغل ثاني أكسيد الكربون ألى تم امتصاصة على سطح البحر في الأعماق على سطح البحر في الأعماق على مدى القرون القليلة القادمة.



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

هناك عدد قليل من الخيارات الهندسية الجيولوحية للتصدي للتغير المناخي، ووالتي يمكن إعتبارها فعاله للغاية ويمكن الحصول عليها. فقط أسر الكربون في الغلاف الجوي. الحصول عليها. فقط أسر 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 حجمل التكاليف (الأفقى) والفعالية (العمودي).

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



# openhydro idal technology sei

#### لم يفت الوقت

لوحظت بعض التغييرات الناجّة عن خمض الحيطات 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 الحيطات.

# هل يمكننا حل مشكلة خَمض الحيطات من خلال الهندسة الجيولوجية؟

ان مفهوم الهندسة الجيولوجية هو التلاعب المتعمد بمناخ الأرض. وخاول 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 الحيطات. وبالتالي فإن هذا لن يقلل - بشكل ضئيل على كيمياء الحيطات. وبالتالي فإن هذا لن يقلل - بشكل واضح - من التهديدات التي يشكلها خمض الحيطات.



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

#### العواقب الجهولة

كان هناك اقتراحات حول خفض التغير في كيمياء الحيطات وذلك بإضافة مركبات إلى الحيط من شأنها خييد 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 ختية للمعالجة الكيميائية وعواقب بيئية مجهولة.

كما تم اقتراح تسميد أو إضافة مغذيات للمحيط، الأمر الذي يقلل من التغير المناخي وخمّض الحيطات. فالتسميد يحفز نمو العوالق النباتية بما يؤدي إلى زيادة أمتصاص ثاني أكسيد الكربون حيوياً من الغلاف الجوي. وتقليل تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قرب سطح الحيطات سيعمل على خفض تركيز الكربون غير العضوي المذاب في أسطح الحيطات. وتتنبأ نماذج الدورة العالمية للمحيطات أنه مع ثبات نسب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو سيكون لتسميد الحيطات تأثير معتدل

في تخفيف خَمَض الحيطات 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 خَمض الحيطات العميقة سيستمر. لذا فإن مقياس ومدة الجهد المطلوب بذلها في مثل هذه المنهجيات سيكون باهظ التكلفة في حين أن الفائدة ستكون في حدما الأدنى في أحسن الأحوال.

#### الوقاية خيرمن العلاج

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

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 خَمّض الحيطات والمشروع الأروبي لتحمّض الحيطات يمكنك زيارة الموقع الالكتروني التالي:

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

وبرنامج اللمملكة المتحده www.oceanacidification.org.uk

BIOACID وبرنامج ألمانيا BIOACID

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

#### دليل على الانترنت

حمّل نسخة من هذا الدليل الجديد حول خَمّض الحيطات وتعلم المزيد عن هذه القضية من خلال

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

# ما هو المرجع لجموعة المتسخدمين حول حَمض الحيطات؟

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

تم إنشاء الدليل المرجعي لتحقض الحيطات لجموعة المستخدمين في عام 2008 لدعم عمل المشروع الأوروبي حول خقض الحيطات (EPOCA). والآن يدعم الدراسات التكميلية في ألمانيا (BIOACID) والمملكة المتحدة (برنامج أبحاث المملكة المتحدة لتحقض الحيطات) ورابط قويه بالعمليات المشابه بالولايات المتحدة الأمريكيه. مع روابط قوية مع كبار العلماء في خقض الحيطات لتسهيل نقل المعرفة السريع والمساعدة التوصيل الفعال للعلوم ذات الجودة...

يعتمد هذا الدليل على الخبرة الماخوذة من مجموعة عمل خَمض الحُيطات. ليكون الحُيطات. ليكون مقابة مقدمة لمستشاري السياسة وصانعي القرار حول أكثر القضايا الملحة وأهمية.

#### مجموعة عمل تحمض الحيطات تتكون من مثلين 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





































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 Eltaveb.

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 خَمَّض الحيطات لجموعة المستخدمين (2010). خَمَّض الحيطات: الأسئلة الجابة.. لافولي دأ، وباكستر ج.م. و(محررون). المشروع الأوروبي لتحمّض الحيطات (ايبوكا). 24 صفحة.

هذا الدليل تم اصداره بدعم مالي من التراث الطبيعي الاسكتلندي ، إنجلترا الطبيعية ، والأخاد الدولي لصون الطبيعة. والمشروع الأوروبي لتحمّض الحج وبرنامج أبحاث الملكة المتحدة لتحمّض الحيطات، و يعتمد على أفضل الأساليب لمناهج التواصل الرائدة من خلال شراكة الملكة المتحدة لتأثير التغير المناخي في الحيطات. 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 متنون للأشخاص الذين ساهمو خديدا في تطوير هذا التقرير:

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

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

Sarah Cooley, Postdoctoral Investigator, Woods

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

Lina Hansson, EPOCA Project Manager, Laboratoire d'Oceanographie, Villefranche-surmer. France

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

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

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

Research Fellow, University of Bristol, UK

Ulf Riebesell, Professor for Biological Oceanography, Leibniz Institute of Marine

#### المصادر والمساهمات

هذه الوثيقة مقترضة من «الأسئلة والأجوبة والمتكررة حول خَمَّض الحيطات». (/www.whoi.edu OCB-OA/FAQs)، والتي تمثل آخر الآراء العلمية على اجابات لـ 37 سؤال تفصيلي. ساهم العلماء التاليين على الردود على تلك الوثيَّقة:

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,

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

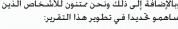
Joan Kleypas, Scientist III, National Center for Atmospheric Research, USA

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





England, UK

Hole Oceanographic Institution, USA

USA

Andy Ridgwell, Royal Society University

Sciences IFM-GEOMAR, Germany



**FSC**