PETITE ENCYCLOPÉDIE
LAROUSSE

# البحار والمحيطات

آن لوفيڤر- باليديه

كتاب العربية
154

الثقافة العلمية للجميع
(ثقافتك)

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

الثقافة
العلمية
للجميع
(ثقافتك)

**154**

© المجلة العربية، 1435هـ

**فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر**

باليديه، آن لوفيڤر

البحار والمحيطات. / آن لوفيڤر باليديه؛ زينب منعم - الرياض، 1435هـ

**128 ص ؛ 14 × 19 سم**

ردمك : **978-603-8138-89-2**

1 - البحار 2 - المحيطات أ. منعم، زينب (مترجم) ب. العنوان

ديوي **551,46** **1435 / 7556**

رقم الإيداع: **1435 / 7556**

ردمك: **978-603-8138-89-2**

**الطبعة الأولى 1436هـ/ 2015م**

جميع حقوق الطبع محفوظة، غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو اختزانه في أي نظام لاختزان المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أي هيئة أو بأي وسيلة، سواء كانت إلكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية، أو استنساخاً، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا في حالات الاقتباس المحدودة بغرض الدراسة مع وجوب ذكر المصدر.

رئيس التحرير: **د. عبد الله نعمان الحاج**

لمراسلة المجلة على الإنترنت:

info@arabicmagazine.com www.arabicmagazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) شارع المنفلوطي

تليفون: 4778990 1-966فاكس: 4766464 -1-966. ص.ب: 5973 الرياض 11432

---

هذا الكتاب من إصدار: **Larousse**

**Petit atlas des mers et des océans**

Copyright ©2003 All rights reserved.

تأليف: Anne Lefèvre - Balleydier

رسم الخرائط: Vincent Landrin

آن لوفيڤر- باليدييه

# البحار والمحيطات

ترجمة: زينب منعم

# المحتويات


مقدمة 7

**بنية المحيطات** 9

كوكب تغلّفه المحيطات 10
تغيّر مستوى البحار 14
الرواسب المحيطية 18
تضاريس ما تحت الماء 20
تاريخ المحيطات 22

**كيمياء المحيطات** 27

أملاح وغازات ذائبة 28
ملوحة المحيطات 32
حرارة المحيطات 36
الجليد البحري 38

**دينامية المحيطات** 41

أصل المدّ والجزر 42
أمواج مسافرة 46
التيارات البحرية 48
حين تصبح المياه ثقيلة جداً 52
قدرة المحيط على ضبط المناخ 54
المحيط: حارس التوازنات 56

**الحياة في المحيطات** 61

القيود المكانية 62
شبكة واسعة 66

الحياة في المياه المفتوحة 68
الحياة في القاع 72
هجرات لا بدّ منها 76
في ظلمات الأعماق 78
الشعاب المرجانية 80

**استغلال المحيطات** 83
النقل البحري 84
أزمة الصيد 88
زراعة البحر 92
صيد الكنوز 94
حقوق السيادة 96

**المحيطات الكبرى** 99
المحيط الهادئ 100
المحيط الهندي 104
المحيط الأطلسي 108
المحيطات القطبية 112
118

**وجهات نظر ونقاشات** 116
التنبؤ بأحوال المحيطات 116
كوليربا: الطحالب القاتلة 118
معجم المصطلحات 121
فهرس 124

# مقدمة

تقع البحار والمحيطات في صلب اهتمامات شريحة كبيرة من البشرية؛ فنصف البشر يعيشون على مسافة تقل عن 150 كلم من الشواطئ، وأكثر من 200 مليون إنسان يعتاشون مباشرة من البحر. لقد شكلت البحار والمحيطات منذ الأزمان الغابرة مصدر إلهام ترك في نفس الإنسان خليطاً من مخاوف كبيرة وإغراء لا يُقاوم. أما اليوم فقد باتت الآليات الكبيرة التي تحكم المحيطات أكثر وضوحاً، الأمر الذي ساهم في تحديد تأثيرها الاستثنائي على المناخ وعلى توزع الحياة على الأرض.

ظهرت الحياة في المحيطات منذ أكثر من ثلاثة مليارات عام، وهي تساهم اليوم إلى حدٍّ كبير في المحافظة على هذه الحياة. وإذ تشكل المصدر الأساسي للأوكسيجين المتواجد في الغلاف الجوي، ومضخة هائلة لثاني أكسيد الكربون وخزان مياه عالمياً (تحوي 99 % من كمية المياه الإجمالية الموجودة على سطح الأرض)، تؤدي المحيطات دوراً هاماً في تحديد مستقبل الكائنات الحية كافة بما فيه مستقبل البشر. ونظراً إلى قدرتها على تخزين كمية حرارة تفوق بألف مرة تلك التي يخزنها الغلاف الجوي، تراها تؤدي دوراً جوهرياً في ضبط المناخات. ولقد أظهرت دراسة ظاهرة النينيو دقة التوازن في التفاعلات بين الغلاف الجوي والمحيطات. فحين تضعف الرياح على امتداد البيرو، يتغير اتجاه التيارات البحرية في تلك المنطقة، ليطال الاضطراب الحالة الجوية العالمية! من ناحية أخرى، تقدّم المحيطات والبحار ثروات كبيرة إلا أنها معرضة للنضوب، لا سيما وأن نحو ربع مخزون الصيد العالمي قد استُنزف، وهو مخزون لا يتجدد من تلقاء نفسه. يشكل تلوث المحيطات الكبير وارتفاع حرارة مياهها، مترافقاً مع ارتفاع حرارة الغلاف الجوي، مشكلتين أخريين مهمتين. في الواقع، تبدو حماية ثروات البحار أمراً ملحاً وضرورياً جداً، أولاً لكون الوزن الاقتصادي لمجموعة الموارد والأنشطة البشرية المرتبطة بالبحر كبير جداً إذ يصل سنوياً إلى 70 مليار دولار؛ ثانياً لأن مستقبل المحيط الحيوي برمته - بما في ذلك مستقبل البشرية - هو على المحك.

يخضع مستقبل الصيد، أقدم الأنشطة البشرية المرتبطة بالبحر، لإدارة رشيدة للكميات التي تُصطاد على الصعيد العالمي. فإن بدا أنه بإمكاننا دائماً تطوير تقنيات الصيد، فلا يمكننا أن نضمن تجدد مخزون الأسماك.

تشكل المحيطات طبقة مائية ضخمة تقع على أرضية مؤلفة من صفائح تكتونية متحركة. تغرق كل عام مليارات الأطنان من الرواسب في قاع المحيطات وتتراكم على هذه الأرضية. على مرّ العصور الجيولوجية، تطور شكل المحيطات وأحجامها وتضاريسها. فتلاقت محيطات وانفصلت أخرى. كذلك فإن مستوى المحيطات ليس ثابتاً؛ إذ يشهد منذ قرن من الزمن ارتفاعاً بطيئاً وثابتاً. فهل هو تقلب بسيط عرضي أم نتيجة ارتفاع حرارة الكوكب؟

**في أيسلندا،** تطفو أرضية المحيط الأطلسي على السطح على شكل جزر بركانية.

# بنية المحيطات

# كوكب تغلّفه المحيطات

ليس صدفةً أن تعرف الكرة الأرضية باسم «الكوكب الأزرق».
فالبحار والمحيطات تشكل 71 % من مساحتها لتغطي نحو 361 مليون كيلومتر مربع.

## ثلاثة محيطات تسيطر على نصف الكرة الجنوبي

لا يتساوى توزع المحيطات على كوكبنا، فنصف الكرة الجنوبي تغمره المياه أكثر مما تغمر نصف الكرة الشمالي: 81 % من البحار و19 % أراض ظاهرة في نصف الكرة الجنوبي مقابل 61 % من البحار و39 % أراضٍ ظاهرة في النصف الشمالي. يبدو هذا التباين أكثر وضوحًا حين نلقي نظرةً على الكرة الأرضية انطلاقاً من خط الطول الذي يمر في فرنسا، ومن ثم انطلاقاً من خط الطول الذي يمر في نيوزيلندا. وبالتالي، يمكننا أن نقسم الأرض إلى نصفين، أحدهما قاري يضم 120 مليون كيلومتر مربع من أصل 149 مليون كيلومتر مربع من الأراضي الظاهرة، وثانيهما بحري يحتوي على نحو 63 % من مساحة المحيطات الإجمالية.

**صورة للأرض** التقطها قمر صناعي فوق المحيط الهادئ، تبيّن مدى انتشار رقعة المياه.

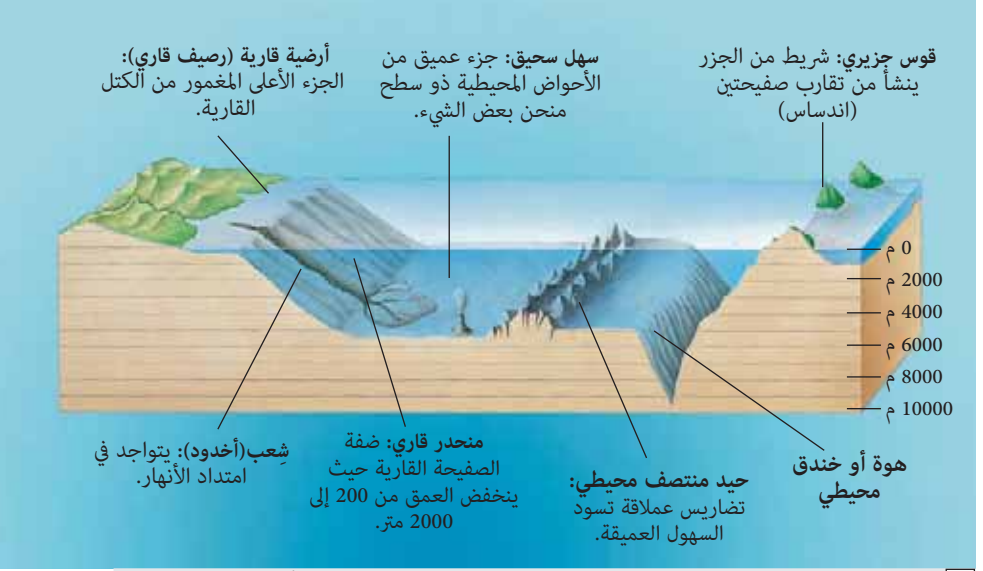
يمكننا أن نميّز ثلاثة محيطات كبيرة: الهادئ، الأطلسي والهندي. وإذ ترتبط المحيطات الثلاثة هذه في ما بينها عند الدائرة المحيطة بقارة القطب الجنوبي، تتشارك جيمعها بميزات أساسية: أحجام كبيرة من حيث المساحة والعمق، وسواحل على ضفافٍ قارات مختلفة. يُعتبر المحيط الهادئ أكبر المحيطات مساحةً على الإطلاق، إذ يمتد على مساحة 180 مليون كيلومتر مربع، يليه المحيط الأطلسي ومن ثم المحيط الهندي اللذان تبلغ مساحة كلٍ منهما على التوالي 106 و75 مليون كيلومتر مربع.

### خزان واسع

يصل معدل عمق المحيطات إلى 3800 متر. اضرب هذا الرقم بمساحة المحيطات سيتبيّن أن الحجم يصل إلى 1370 مليون كيلومتر مكعب، أي نحو 97 % من مخزون المياه المتواجدة على الأرض. إلا أنه في ما يتعلق بالكرة الأرضية كحجم، لا يمثل مخزون المياه على سطحها إلا قشرة رقيقة، إذ لا يشغل إلا 1/800 من الحجم الإجمالي.

## لكلّ محيط بحاره الخاصة

ترتبط معظم البحار بأحد هذه المحيطات وتتصل بها في شكل مباشر كبحر الشمال (500 ألف كيلومتر مربع)، بينما أو البحر الأبيض المتوسط (2.5 مليون كيلومتر مربع)، أو في شكل غير مباشر كبحر البلطيق (350 ألف كيلومتر مربع) أو البحر الأسود (400 ألف




**تضاريس تحت المياه.** يبين هذا المجسم موقع مختلف الوحدات الطوبوغرافية للأعماق البحرية وكذلك علاقاتها المكانية.

كيلومتر مربع)، بينما لا يرتبط بعض البحار بأي من المحيطات هذه ومنها بحر آرال (60 ألف كيلومتر مربع). أما في ما يتعلق بالكتل المائية التي تقع عند القطبين، فإنها تؤدي دوراً رئيسياً في الدورة المحيطية ما أكسبها أيضاً اسم محيط على الرغم من أنها لا تلبي الشروط كلها التي يحددها تعريف المحيط؛ فالمحيط المتجمد الشمالي، وهو الجزء القطبي من المحيط الأطلسي، يغطي 14 مليون كيلومتر مربع، في حين أن قارة القطب الجنوبي، نقطة التقاء المحيطات كلها، تغطي نحو 77 مليون كيلومتر مربع.

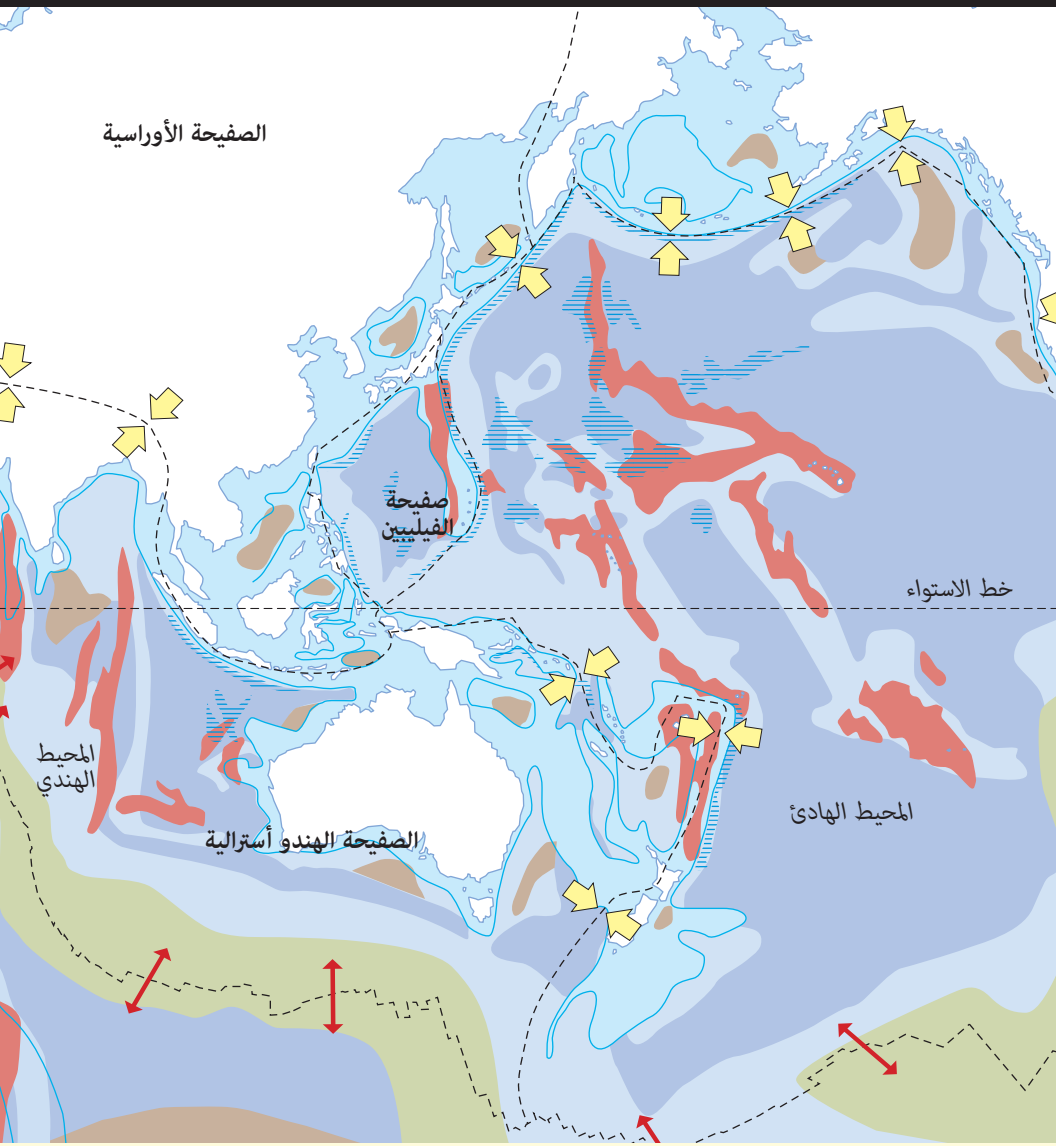
**خريطة** (على الصفحتين التاليتين)

تقع المحيطات على أرضية صخرية تتألف من صفائح صخرية متحركة. يعتمد توزع التضاريس المحيطية في شكل كبير على توزع الصفائح. وبالتالي، تتوزع السهول الواسعة السحيقة على جهتي الحيود المحيطية (مناطق تباعد الصفائح)، في حين أن الهوات المحيطية تتركز في مناطق التقاء الصفائح.

## مقطع جانبي للمحيطات

تتشارك المحيطات من الناحية التخطيطية بالجانبية عينها. بدءاً من السواحل وصولاً إلى عرض المحيطات، نجد في البداية منطقة تُعد امتداداً للقارة: إنه الرصيف القاري الذي لا يتجاوز عمقه عموماً 200 متر ويصل متوسط امتداده إلى 50 كيلومتراً. بعد ذلك، تزداد حدة المنحدر ليصل عمقه إلى 2000 – 3000 متر، حيث يمثل هذا المنحدر القاري الانتقال من القشرة الخاصة بالقارات إلى تلك الخاصة بالمحيطات. تبدأ بعد ذلك منطقة الأعماق الكبرى التي تشبه حوضاً يغوص وسطه حتى 6000 – 7000 متر. يضم عمق هذا الحوض، الذي يتألف من حفر أعمق، كما هو الحال على امتداد البيرو أو الجزر الإندونيسية، سلاسل بركانية طويلة تشكل نتوءات تسمى حيوداً، تتشكل عندها على الدوام، وبفعل الصهارة المتصاعدة من الدثار الأرضي، القشرة المحيطية الجديدة.

# أرضية المحيطات




**أنواع الأعماق الرئيسية:**

- رصيف قاري من 0 إلى 200 متر
- سهل عميق رئيسي
- هضاب عميقة
- خنادق وأعماق محيطية تزيد على 6000 متر
- حيد وسط محيطي غير ناشط
- حيد وسط محيطي ناشط

الصفيحة الأمريكية الشمالية
الصفيحة العربية
الصفيحة الأفريقية
صفيحة الكاريبي
صفيحة الكوكو
الصفيحة الأمريكية الجنوبية
صفيحة نازكا
المحيط الأطلسي
صفيحة قارة القطب الجنوبي
حركات الصفائح الصخرية
تقارب
تباعد
حدود
0 2000 كم
المقياس عند خط الاستواء

# تغيّر مستوى البحار

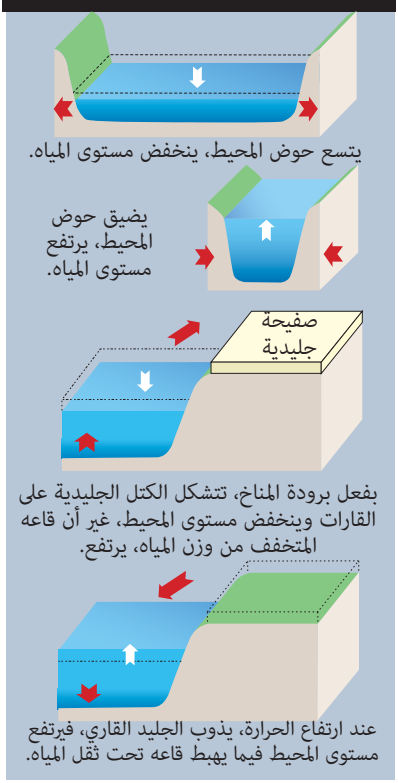
لا يتميز مستوى البحر، الذي يستعمله علماء الجغرافيا كمسطح مرجعي، بالثبات. ففي ظلّ الحركة التكتونية، وديناميكية الترسب والتجمد، يتغير مستوى البحار باستمرار على مرّ القرون.

## واقعة مثبتة: منسوب المحيطات إلى ارتفاع

على مدى حياة الإنسان، يبدو مستوى منسوب المحيطات في شكل عام غير متغير والدليل على ذلك هو استخدامه كمرجع لتحديد الارتفاعات الأرضية. يحدّد الاختصاصيون نقطة الصفر في منطقة تكون حركة المدّ والجزر عندها ضعيفة. في فرنسا، تقع هذه النقطة في مرسيليا. يقيس مقياس المدّ والجزر عند وضعه في منطقة بعيدة من الأمواج، هذه التغيرات على الدوامَ. عملياً تتغير نقطة الصفر هذه، على غرار أجهزة قياس المدّ والجزر في بقية مناطق العالم. على مدى قرن من الزمن، سجلت أجهزة القياس جميعها ارتفاعاً في منسوب البحار بمعدل ميليمتر كلّ عام.

تشير أجهزة قياس المحيطات جميعها إلى هذا التغيير وإلى أسبابه أيضاً؛ ومن ضمن هذه الأسباب نذكر حركة الصفائح التكتونية من جهة والترسب من جهة ثانية، والأهم من ذلك ديناميكية الكتل الجليدية القارية الضخمة من جهة أخيرة. تسبب تأثيرات الظواهر الثلاث هذه مجتمعة على مدى عشرات آلاف السنين تقدم مياه البحار في شكل كبير لتغطي بعض أجزاء اليابسة (الظاهرة التي تُعرف باسم التعدي البحري أو المد العظيم) أو تراجع المياه عن اليابسة (الظاهرة التي تُعرف باسم التراجع). ولا بدّ من الإشارة إلى أن هاتين الظاهرتين قد تشملان ملايين الكيلومترات المربعة.

### أسباب تغير مستوى البحار




## أسباب التغيرات

يمكن تفسير تأثير الحركات التكتونية بسهولة كبيرة. تشكل الصفائح التي تتألف منها القشرة

**قارة القطب الجنوبي:** يساهم الحجم الهائل للمياه المختزنة على شكل جليد في المناطق القطبية في تخفيض مستوى المحيطات العام.

## معجم

**حركة الصفائح التكتونية:** نظرية ظهرت في سنة 1968 للوقوف عند حركات الصفائح التي تؤلف القشرة التي تشكل غطاء كوكبنا: التباعد، الانزلاقات، الاندساس...

الأرضية قاع أو أرضية المحيطات. إلا أن هذه الصفائح تتحرك فتتقارب أو تتباعد في ما بينها.

حين تتقارب، تتراجع مساحة قاع المحيط. وإذا ما شغلت كمية المياه نفسها حوضاً أصغر، فسوف يرتفع منسوبها العام. في المقابل، حين تبتعد صفيحتان الواحدة عن الأخرى، يتسع المحيط الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض مستوى منسوب المياه. إلا أن هذا الفارق لا يتجاوز 0.5 أو 1 سم كلّ 1000 عام. أما تأثير الترسب على مستوى منسوب مياه البحر فيخضع لمبدأ أرخميدس: فحين يمتلئ حوض مياه ثابتة الحجم بالترسبات، يرتفع منسوب المياه. إلا أن التأثير يبقى ضعيفاً جداً لأن هبوط الصفيحة المحيطية تحت ثقل الترسبات يعوّض عنه. يترك تراكم الجليد على القارات (ما يُعرف بِاسم الدرع الجليدي أو الصفيحة الجليدية) أثراً كبيراً جداً على تغير مستوى منسوب البحار. فكلما كانت كمية المياه المتواجدة على اليابسة على شكل كتل جليدية كبيرة، انخفض مستوى منسوب المحيطات. ولكن في المناطق حيث يتراكم الجليد، تغوص القاعدة القارية تحت ثقل الجليد، فيبقى مستوى البحر النسبي في هذه المناطق أعلى من مناطق أخرى.

## لكلّ نقطة صفره

يهتم البحارة أكثر ما يهتمون بالإبحار من دون التعرض لأي خطر ومن دون الخوف من الغرق. لذلك من الضروري معرفة مدى عمق البحر الذي يُستدل عليه بواسطة الخرائط البحرية التي توافق نقطة الصفر فيها أكثر المستويات انخفاضاً عند حدوث الجزر. ومن هنا نستنتج أن هدف البحارة يختلف تمام الاختلاف عن هدف المهتمين بقياس المدّ والجزر.

**تُظهر إعادة تشكيل الأرض كما كانت قبل نحو 100 مليون عام،** عند منتصف العصر الطباشيري، المحيط الأطلسي أثناء انفتاحه. كان موقع القارات في ذلك الحين يختلف عما هو عليه اليوم وكذلك محيط الشواطئ لأن مستوى البحار كان أعلى بكثير.

## تأثير التغيرات المناخية

تتركز هذه الصفائح الجليدية اليوم عند القطبين وتمثل حجماً لا يتجاوز 24 مليون كيلومتر مكعب، إلا أنها لم تعد كذلك في الوقت الحاضر. ففي ظل التغيرات المناخية، تتفاوت كميات المياه المحتجزة داخل الكتلة الجليدية. وهكذا تتمدد في خلال الفترات الباردة الصفائح الجليدية فتنخفض تالياً كميات المياه في المحيطات ويتراجع مستوى هذه الأخيرة. تميل الأعماق، التي باتت تتلقى وزناً أخف بعد أن أنقصت منها كتلة المياه، إلى الارتفاع، مخففة بالتالي من حدة انخفاض مستواها.

في ذروة عملية التجلد (العصر الجليدي) الأخيرة منذ 18 ألف عام، احتوت الصفائح الجليدية نحو 50 مليون كيلومتر مكعب من المياه. كانت أميركا الشمالية وأوراسيا مغمورتين بجبال من الجليد التي يصل

**معجم**

**ارتفاع مستوى البحر:** ارتفاع في معدل المياه ناتج من انخفاض الضغط الجوي الذي يسبب ارتفاع مستوى البحر بمعدل 30 سم، وقد يصل استثنائيا إلى متر.

ارتفاعها إلى بضعة كيلومترات، في حين أن قسماً كبيراً من ألاسكا ومن سيبيريا افتقد إلى هذه الجبال. وبالتالي فقد كان بإمكان إنسان ما قبل التاريخ أن ينتقل على قدميه من فرنسا إلى بريطانيا من دون أن يصادف أي بحر، إذ كان مستوى البحر أقل بـ 120 متراً مما هو عليه الآن. أما قبل 100 مليون عام، فقد كانت الأمور مختلفة تماماً عما هي اليوم. كانت درجة الحرارة مرتفعة جداً على سطح الأرض، وقد ذاب الجليد الذي سبق وتراكم في خلال الفترات الباردة وغمرت المياه تدريجياً الأراضي. كان مستوى منسوب المياه أعلى بـ 200 متر مما هو عليه اليوم، وكانت القارة الأوروبية أشبه بسلسلة من الجزر، وكذلك الأمر بالنسبة إلى أستراليا، في حين أن المياه كانت تغمر جزءاً من أفريقيا وغرب أمريكا.

## إعادة تشكيل الماضي من طريق المتحجرات والأملاح

عثر الإنسان على بعض المتحجرات لتكون شاهدةً على الماضي المتقلب؛ تدلّ متحجرات الشعاب المرجانية، مثلاً، على حدود منطقة الجزر القديمة، وهي المنطقة التي يمكن أن تنمو فيها. كذلك يدل وجود بعض أنواع المحار، أو القواقع أو الطحالب الكلسية المتحجرة، على مستويات معينة من العمق. كذلك، فإن احتواء التربة على رسوبيات غنية بالكلور والكبريتات القلوية كالجص أو الملح الصخري يحيلنا على معلومات جمّة. فتلك التي نجدها على سبيل المثال في أعماق البحر الأبيض المتوسط تشير إلى تشكل البحر على النحو الذي هو عليه حالياً منذ خمسة ملايين عام. إلاّ أن المفارقة أن معرفتنا بتغيرات مستوى سطح البحر تكون أقل بكثير على مدى فترات زمنية أقصر. فمنذ 7 آلاف عام، ارتفع مستوى البحر بشكل متقطع، ثم في مقاطعتي بريتانيا وفانديه، إلا أننا لا نزال نجهل التسلسل الزمني لهذا الارتفاع بطريقة واضحة ودقيقة. فقد ارتفع البحر بشكل بطيء بين – 5900 و – 4800 عام، ثم تسارعت الحركة إلى ما قبل نحو 4200 عام. بعد ذلك تراجعت قليلاً أو بقيت مستقرة حتى ما قبل 3500 عام، قبل أن تبدأ باجتياح الأراضي لتصل إلى مستوى قريب من ذلك الذي نعرفه اليوم.

**تنتج المناظر المميزة** لخليج ألونغ في فييتنام عن عملية التآكل النمطية في البيئة القارية، في فترة كان في خلالها مستوى البحر أكثر انخفاضاً مما هو عليه اليوم.

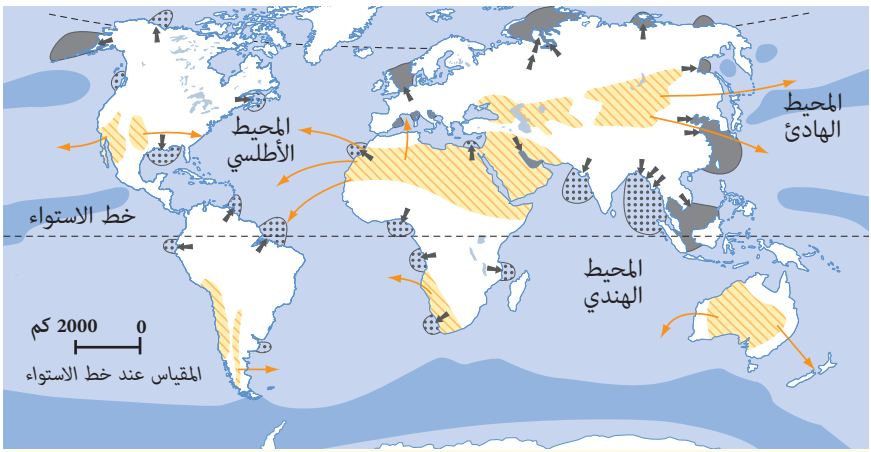
لا يزال هذا المستوى يرتفع، ويُعزى ذلك جزئياً إلى ذوبان الصفائح الجليدية القارية وإلى تمدد المياه الحراري الناتج من الاحترار العالمي. يبقى أن نعلم إلى أي مدى هاتان الظاهرتان معنيتان ووفق أي إيقاع سيستمر مستوى البحر بالارتفاع. تراهن النماذج الحالية على ارتفاع متوسط من 10 إلى 30 سم كلّ قرن. ولكن في المستقبل لن يكون المستوى المتوسط للأمواج والفيضانات الناجمة عن العواصف هو من سوف يسبب المشكلات.

# الرواسب المحيطية

كلّ سنة، يستقبل قاع المحيط مليارات الأطنان من فتات الصخور، والرمل المتحول إلى غبار، والرماد وبقايا الكائنات البحرية.

## رواسب تنقلها الرياح والمياه

ترسل القارات إلى المحيطات عدداً كبيراً من الجزئيات، منها فضلات الصخور المتآكلة التي تأتي بها الأنهار والجليد والسواقي.
من جهتها تساهم الرياح والمتساقطات في جلب الرماد البركاني وغبار الصحراء. تغوص




**أبرز الترسبات الحتاتية على السواحل وتحت المياه**

- رواسب الرصيف القاري
- مناطق صحراوية وشبه جافة
- ترسبات صوانية بيولوجية المصدر
- ترسبات «مروحية» عميقة
- حركة رياح الغبار باتجاه المحيط

الأجسام الكبيرة بسرعة إلى القاع في حين أنّ الأجسام الأصغر لا تبلغه إلا بعد فترة طويلة جداً تمضيها معلقة بين السطح والقاع. بالنّتيجة، يَصل وزن هذه الرواسب التي تعرف باسم الرواسب القارية إلى نحو 20 مليار طن كلّ عام، يُضاف إليها بقايا الطحالب الكلسية وصدف الحيوانات والهياكل العظمية أو بقايا العظام التي تصل إلى القاع. تتميز هذه الرواسب البيولوجية المصدر بمعدل ترسب قليل جداً؛ من 1 ملم

### انهيارات تحت الماء

تتدفق الترسبات المتراكمة على طول الرصيف القاري أحياناً على شكل انهيارات حقيقية. وتاليا تندفع الترسبات التي يصل حجمها إلى بضع عشرات من الكيلومترات المكعبة المنحدر القاري بسرعة تصل تقريباً إلى 100 كلم/ساعة، وتمتد على مئات الكيلومترات في السهل العميق الواقع أسفل المنحدر.

### الكلس المهيمن

تشكل بقايا الأجسام الحية الجزء الأهم من الترسبات المحيطية، إذ تغطي 47 % من قاع المحيطات. تشكل أوحال المياه الحارة الكلسية نحو 75 %، في حين تبلغ نسبة أوحال المياه الباردة السيليكية أقل من 25 %.

إلى 2 سم في الألفية. أخيراً، تنتج المحيطات مباشرة كميات كبيرة من الرواسب البحرية: من طريق ثوران البراكين البحرية من جهة والمتساقطات الكيميائية المؤلفة من عناصر تذوب في مياه البحر من جهة أخرى. على غرار عملية الترسب، يعتمد نقل الرواسب علّى حجم الجسيمات وسرعة التيار. على مقربة من الساحل، تخضع المواد الكبيرة التي تجمع بين بقايا الصخور والصدف والطحالب الكلسية أو الشعب المرجانية لحركة الأمواج وتيارات المدّ والجزر وتدور في الأعماق مشكّلةً أخاديد وكثباناً. تفرّق مدة النقل والمسافة التي تمّ اجتيازها في ما بين هذه المواد مخففةً بشكلٍ أو بآخر من حدة نتوءاتها.

## التضاريس والتيارات تقوم بالفرز

عموماً، يتقلص قطرها مع ازدياد المسافة التي تفصلها عن الساحل ومع ازدياد العمق، باستثناء حالتين: الاصطدام بالتضاريس وحدود الرصيف القاري الخارجية. في كلتا الحالتين، تضرب الأمواج العاتية بكلّ قوتها لتفتت الأجسام ووحدها كتل الرمال الضخمة هي التي تبقى صامدة أمامها. يمكن هذه الرمال والحصى أن تهبط المنحدرات على شكل انهيارات ثلجية على مدى الأودية الضيقة في قاع البحار، لتنتشر في السهول العميقة على شكل «مراوح» (تشبه مروحة اليد) واسعة النطاق.

أما مصير الرواسب الأصغر فمختلف تماماً. إذ يقل قطرها عن 80 ميكرومتراً، تعجز عن المحافظة على نفسها في أعماق المياه المتحركة، فتتنقل وهي معلقة ويمكن أن تعبر العالم عدة مرات قبل أن تترسب وتستقر في عرض البحار والمحيطات. كلما كانت صغيرة، كان هبوطها بطيئاً: يحتاج جسيم يبلغ قطره ميكرومتراً واحداً نحو 500 عام قبل أن يغوص في المياه إلى أعمق من 5000 متر. تولد عملية التصفيق (الترقيد) التي تخضع لها وحلاً أحمر في أعماق المحيطات، أو تندمج بفعل المطر مع بقايا العوالق. في حال كانت سيليكية، كالدياتومات (عوالق أحادية الخلايا) أو الشُعاعيّات، تصل هذه الأخيرة إلى الأعماق السحيقة. في المقابل، تذوب البقايا الكلسية قبل أن تصل إلى الأعماق، وقد تترسب عناصرها الكيميائية لتشكّل وحولاً كلسية، أو تتركز من طريق أجسام أخرى ليُعاد تدويرها.

**بعد أن تفرزها التيارات،** يستقر الرمل والحصى الصغيرة على الشواطئ وكذلك بعيداً عنها عندما تهبط منحدرات الأودية العميقة تحت سطح البحر.

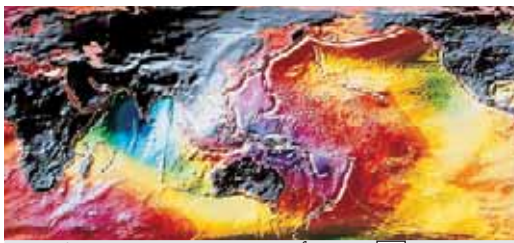
# تضاريس ما تحت الماء

نظراً لوجود خنادق يصل عمقها إلى أكثر من 10 آلاف متر، وبراكين ترتفع من القاع لتطفو فوق سطح البحر... فإن قاع المحيطات بعيد من أن يكون مسطح الشكل.

## من الرصيف القاري حتى الأعماق الكبيرة

يعرف كلّ بحار متمرس حق المعرفة الطريقة السائدة: قطعة صغيرة من الرصاص مدلاّة من حبل تساعده على تقدير ارتفاع المياه.

منذ نهاية القرن الثامن عشر، تبيّن لنا أنه كلما ابتعدنا عن السواحل ازداد العمق ببطء أولاً، ثم بشدة بعد المئتي متر. وهكذا أطلقنا اسم الرصيف القاري على منطقة المنحدرات الخفيفة التي تشكل امتداد القارة، واسم المنحدر القاري على الانحدار الشديد باتجاه الأعماق الكبيرة. نعلم اليوم أن هذه الأرضيات تصل إلى عمق يتراوح بين 100 و400 متر. وإذ تختفي هذه الأرصفة في عمق السواحل الجبلية، فإنها تمتد على السواحل السهلية حتى أكثر من 600 كلم على طول الساحل على مقربة من الشواطئ السيبيرية. ويصل متوسط انحدارها إلى 0.4 %. إلا أنها بعيدة من التماثل تحت الماء كما هي على الأرض، إذ يشوب هذه الأرضيات بعض الهضاب والمنخفضات.



**تسمح أجهزة القياس** التي توفرها الأقمار الصناعية اليوم عن تنوع ارتفاعات المساحة المحيطية بتحديد التضاريس تحت البحرية بدقة.

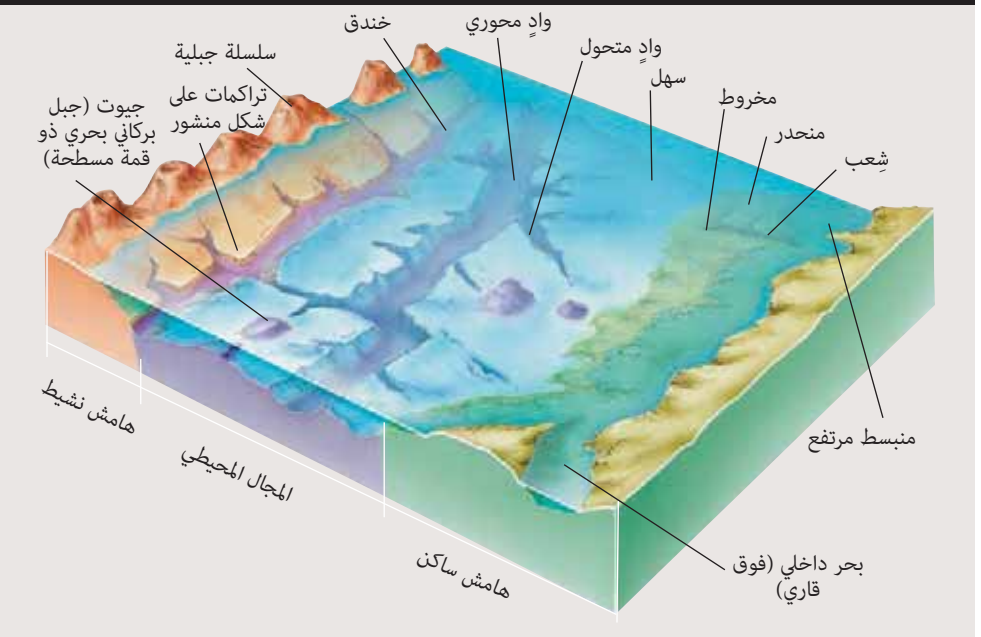
## أودية ضيقة (شعاب) تحت البحر

تتخلل الرصيف القاري أثلام عميقة تشكل أحياناً امتداداً لوديان الأنهار الموجودة: إنها الشعاب تحت البحرية الموجودة في البحر الأبيض المتوسط، وكذلك عند مصبات أنهار الهادسن، والغانج، والكونغو... يرتبط تاريخ الشعاب هذه بحركات البحر، تيارات المد والجزر القوية، وكذلك الانزلاقات الأرضية الناتجة من تدحرج الرمل والحصى التي تهبط المنحدرات. قد يصل طول الأودية الضيقة التي تشكلها إلى بضعة كيلومترات. وقد تمتد أحياناً حتى المنحدر القاري، حيث تبلغ نسبة انحدار هذا الأخير 4 % أو حتى 6 %، وهي تصل الرصيف القاري بالسهول والهضاب العميقة، منخفضةً إلى عمق يتراوح بين 3000 و7000 متر، وأكثر من ذلك في حالة الهوة.

### أعماق سحيقة مسيطرة

لا تمثل الخنادق المحيطية الضيقة جداً، التي يتخطى عمقها 7000 متر، إلا 0.1 % من مساحة المحيطات، في حين تتقاسم الأعماق السحيقة والرصيف القاري ومنحدره الباقي وتصل نسبة كل منها إلى 77 %، 7.6 % و15.3 % على التوالي. يقع الجزء الأكبر من المحيطات على عمق يتراوح بين 4000 و6000 متر.

## طوبوغرافيا المحيطات




# المساحات الأكثر استواءً على الكرة الأرضية

تمثل هذه الأعماق السحيقة أكثر من 75 % من مساحة المحيطات. تشكل السهول العميقة التي يفصل أحدها عن الآخر مضائق وممرات، المناطق الأكثر استواءً على الكرة الأرضية، إذ لا يتجاوز انحدارها 0.1 %. وهي تتموضع على شكل مسبحة أمام القارات أو حول الأرخبيلات في عرض المحيطات ولا يتخطى طولها بضع مئات من الكيلومترات، في حين يبلغ عرضها النصف تقريباً. تحلّ الخنادق محلها في المناطق حيث تغوص الصفيحة المحيطية تحت القارات: قد تتواجد السهول أحياناً في القعر ولكن بمساحات محدودة. في عرض المحيطات، تفسح السهول هذه المجال أمام تضاريس تجمع بين الهضاب والأرضيات والجبال والبراكين تحت البحرية. تظهر هذه البراكين أحياناً فوق مستوى سطح البحر، لتفسح المجال أمام الشعاب بالتشكل على ضفافها. إلا أن الجزء الأكبر من التضاريس يقع تحت الماء: يشكل نظام الحيد المنتصف محيطي الذي يبلغ متوسط عرضه 1500 كلم وارتفاعه 1000 إلى 3000 متر، سلسلة يبلغ طولها أكثر من 65 ألف كلم. في قلب منخفضاتها، التي تعرف باسم الصدوع، تتشكل بواسطة الصهارة أرضية المحيطات الحالية والمستقبلية.

**معجم**

**رصيف (جرف) قاري:** حدود قارة اجتاحتها مياه البحار خلال المرحلة الأخيرة من المد البحري العظيم في الدهر الرابع.

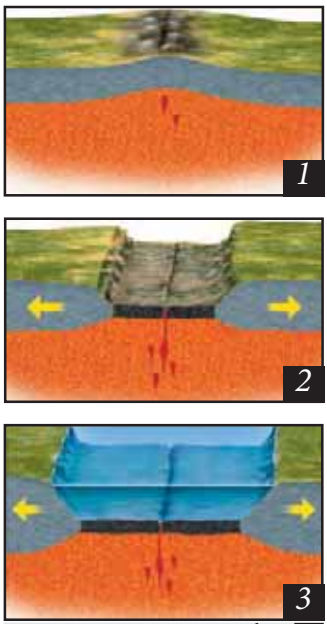
# تاريخ المحيطات

بعدما تنشأ المحيطات غالباً من انفصال قارتين الواحدة عن الأخرى، ينتهي الأمر بها بالاختفاء تحت الأرض، تاركة وراءها جبالاً وبراكين كشاهد على وجودها في ما مضى.

## حياة المحيطات وموتها

يتبين أن المحيطات لا تزال فتية جداً عند مقارنتها بالقارات: فقد وُجدت الأرض منذ فترات طويلة تتراوح بين 2 و3 مليارات سنة، في حين أن المحيطات لا يعود وجودها إلى أكثر من 400 مليون سنة. ولهذا سبب بسيط هو أن المحيطات غالباً ما تتشكل داخل القارات. تعمل القشرة التي تتشكل من خلالها كبساط متحرك دائم التجدد. حتى بعد أن تظهر المحيطات وتتمدد في شكل كامل، تعود لتنغلق بعد أن تغوص أرضيتها تحت القارّات.

إذاً يبدأ الأمر بانتفاخ القشرة الأرضية، وهو المؤشر الأول لولادة محيط. ينتج هذا التشوه الذي قد يصل ارتفاعه إلى 1000 متر من حركات الحمل الحراري التي تحرك الصهارة الحارة جداً الموجودة داخل الدثار التحتي، فتتشقق القشرة المنتفخة ثم تنهار متحولة إلى هوة ضخمة تُعرف باسم «الصدع القاري» (أو الأخدود القاري)، يتراوح عمقها بين 0.5 و1.5 كلم. ويُعتبر الأخدود الأفريقي الشرقي العظيم أحد أهم الأمثلة حالياً على الأرض.



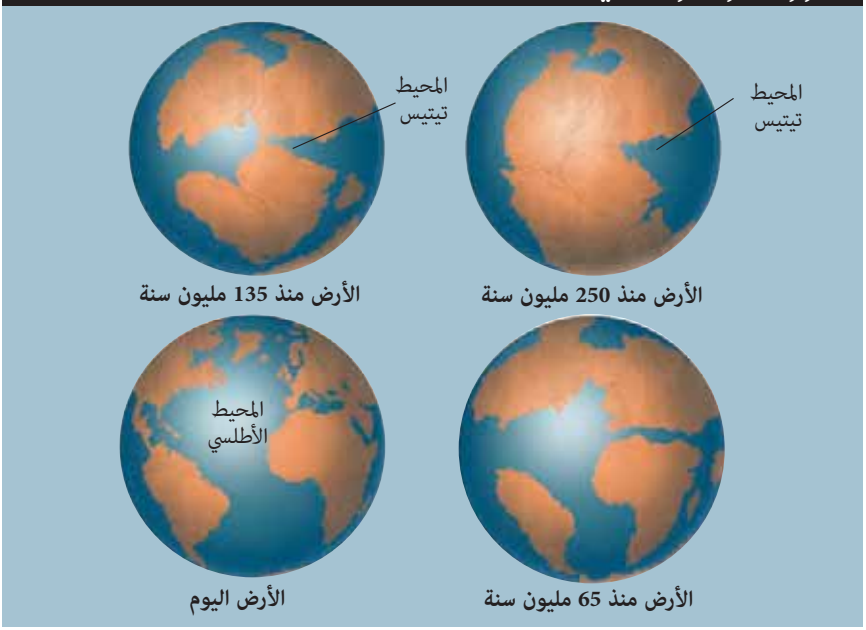

**يبدأ تشكل المحيط** بانتفاخ القشرة الأرضية (1). تتمدد هذه القشرة وتتشقق ثم يتشكل صدع (2)، ينتهي بالغوص إلى ما دون مستوى البحر (3).

## ولادة المحيط

في حال توقفت حرارة الدثار عن الارتفاع، تتراجع حركات الحمل الحراري ويتوقف السيناريو عند هذه النقطة، ومثالاً على هذه الحالة نذكر بحيرة بايكال.

ولكن في حال استمرت العملية في التطور، تستمر حدود التصدع بالتباعد. ويتحول الصدع القاري إلى صدع محيطي. تباعد سلاسل طويلة من البراكين ـ هي حيود منتصف المحيط ـ رويداً رويداً عند مستوى المحور الصدعَ الذي توسع وتحول إلى واد. تختلف مدة هذه المرحلة التي يطلق عليها العلماء اسم «التصدع» (Rifting)، إذ يقدرون أنها تراوحت بين 5 – 10 ملايين سنة في ما يتعلق بالقسم الغربي من البحر المتوسط، وبين 10 – 15

## تطور القارات والمحيطات




مليون سنة في ما يتعلق بالأطلسي الجنوبي، إلا أن البعض يعتقدون أنها كانت أطول بكثير في ما يتعلق بالأطلسي الشمالي. إذاً مرحلة التصدع هذه هي التي تحدد تاريخ ولادة المحيط. يتيح التصدع المحيطي عند فصل القارة إلى جزأين صعود الصهارة إلى السطح. مذاك، تبدأ حرارة الصهارة بالانخفاض وتتسلل مياه البحر إليها لتنشأ بذلك أرضية المحيط المستقبلي. تكون القشرة المحيطية هذه المؤلفة من البازلت أرق (تتراوح سماكتها بين 5 و8 كلم) وأكثر كثافة من القشرة القارية، وهي سوف تتمدد عند جهتي الصدع المركزي بمعدل بضعة سنتيمترات كلّ عام. ومع الابتعاد، تستمر حرارتها في الانخفاض وكثافتها في الازدياد وتغوص أكثر تحت ثقل وزنها. وهكذا يمكن الحوض أن يمتلئ بالمياه وأن يتشكل تدريجياً محيط حديث التكوين على غرار البحر الأحمر الذي انفتح منذ 20 مليون سنة. بعد ذلك، وعلى أثر عملية تآكل شديد، تتراكم الترسبات عند هوامش (أطراف) المحيط. تحت ثقلها، تغوص الأرضية المحيطية أكثر فأكثر؛ وهذا ما يحدث حالياً في جنوب البرتغال. ولما كانت أكثر كثافةً وثقلاً من الأرضية القارية، فإنها تغوص في النهاية تحت إحدى قارتي المنشأ. ويشهد وجود خندق (هوة) محيطي على ذلك.

### محيطات في قلب المحيط

لا يتشكل بعض المحيطات داخل القارات، إنما داخل الأحواض المحيطية الموجودة. ويُستدل على ذلك من الحيد المنتصف محيطي، إلا أنه يصعب أحياناً تحديد أطوار تشكلها الرئيسة. هذا هو حال الصفيحة الفيليبينية، مثلاً، أو أيضاً على مقربة من جزر غلاباغوس.

**على غرار غيره من البحار**، من المتوقع أن يختفي البحر الأبيض المتوسط الذي تشكل جزئياً منذ أكثر من 25 مليون عام، والذي يُعتبر آخر ما تبقى من المحيط تيتيس الذي كان يفصل بين أوراسيا وأفريقيا.

## اختفاء يترك بعض الآثار

تُعرف عملية اختفاء أرضية محيط معين تحت قارة معينة باسم الاندساس. تترك عملية الاندساس هذه آثاراً عديدة على القارة المعنية، فتُلحق بها بعض التشوهات عند ضغطها وتلويها وتقصها وتحول أحياناً أكوام الترسبات التي تنقلها الأرضية المحيطية إلى سلاسل جبلية حقيقية؛ وعند الاحتكاك بالقارة، تسبب هزات أرضية سطحية وعميقة على حد سواء؛ وأخيراً بإفساحها المجال أمام جيوب الصهارة بأن تصعد باتجاه القشرة المحيطية، تتشكل البراكين. كذلك تترك هذه العملية أثرها على المحيط؛ فالسرعة التي تختفي بها الأرضية المحيطية تحت القارات يمكن أن تفوق سرعة تشكل أرضية جديدة. وبذلك، ينكمش المحيط وينغلق: وهذا ما يحصل حالياً في البحر الأبيض المتوسط الذي يُعتبر الأثر الأخير الباقي من المحيط تيتيس، ذلك المحيط الواسع الذي اختفى والذي كان يفصل أوراسيا عن أفريقيا خلال الدهر الثاني (منذ 240 إلى 65 مليون عام).

### معجم

**معدل التوسع**: نصف معدل انفتاح المحيطات: على غرار المحيط الهندي، يصل هذا المعدل في المحيط الأطلسي إلى نحو 0.8 إلى 2.5 سم/ عام في خلال الخمسة ملايين سنة الأخيرة. في حين يبلغ في المحيط الهادئ بين 16 و20 سم/ عام.

## أنواع مختلفة من البحار

عندما يحين موعد الذهاب في عطلة صيفية، لا فرق البتة بين الغوص في البحر أو في المحيط رغم أن لكل من هذين المصطلحين تعريفه الخاص؛ فالأول هو كتلة مائية صغيرة خاصة بإقليم مناخي معين. إلا أنه يمكننا أن نميز بين أنواع مختلفة من البحار. بالعودة إلى هيدرولوجيتها، يمكن أن نتحدث عن بحار مفتوحة، مغلقة أو داخلية. ترتبط البحار المفتوحة في شكل كبير مع المحيط الذي تتصل به: كبحر الشمال وبحر الصين. أما البحار المغلقة فلا ترتبط بمحيطها إلا عبر عتبات لا تتيح المرور إلا للمياه السطحية، كالبحر الأبيض المتوسط وبحر الكاريبي وبحر اليابان. وأخيراً، تُعتبر البحار الداخلية بحيرات مالحة كبيرة تصب في أفضل الحالات في بحار أخرى (بحر أزوف، البحر الأسود وبحر البلطيق) أو لا صلة لها على الإطلاق في أسوأ الحالات مع أي بحر (بحر أرال).

من الناحية الجيولوجية، يمكن أن نصنف البحار ضمن فئات مختلفة تتناسب وامتدادات المحيط على القارات (بحار داخلية أو فوق قارية)، كبحر المانش، بحر الشمال، بحر البلطيق وبحر السوند، وتلك التي تتشكل فوق المناطق حيث تغوص أرضية المحيط تحت قارة (بحار هامشية) كبحر اليابان وبحر الصين وبحر الكاريبي. انطلاقاً من هذا المفهوم، يُعتبر بحر بيرينغ في الوقت عينه هامشياً في الجنوب وبحراً داخلياً في الشمال. وغير ذلك، يُشار بمصطلح خليج إلى البحار المغلقة (الخليج العربي)، المفتوحة (خليج غاسكونيا/أو بسكاي) والداخلية (خليج بوثنيا)!

**يحد القارة الأوروبية** عدد من البحار، منها المفتوح ومنها المغلق، تقع على مناطق كانت في ما مضى إما يابسة أو محيطاً؛ الأمر الذي يفسر تعدد التسميات.

تحتوي مياه المحيطات على عددٍ من المكونات الكيميائية الذائبة ومنها الكلوريدات، ككلوريد الصوديوم على وجه الخصوص (ملح الطعام) والكبريتات التي تتواجد بكميات كبيرة جداً. تحدد كمية هذه المكونات الإجمالية نسبة الملوحة التي تختلف قليلاً بين محيط وآخر علماً أن معدلها يصل إلى 35 في الألف (35 غراماً في كلّ كيلوغرام من المياه). خلافاً لذلك، يمكن أن تتفاوت الحرارة من السطح إلى القاع ومن المدارين إلى القطبين من 28 - 30 درجة إلى أقل من صفر. تحدد نسبة الملوحة ودرجة الحرارة على حد سواء كثافة المياه وتتحكم جزئياً بدورتها.

**تعتمد نسبة الملوحة** في المحيط على التبخر وكميات المياه العذبة. حين تنخفض كمية المياه العذبة، يميل الملح إلى التبلّر.

# كيمياء المحيطات

# أملاح وغازات ذائبة

مياه البحر هي خليط معقد من أملاح وغازات ذائبة. يتوافر بعض هذه العناصر بكميات أكبر من غيره، محددا تاليا نسبة ملوحة المياه.

## خليط غني ومعقد

تتميز مياه البحر بطعمها المالح الذي يُعزى إلى كلوريد الصوديوم، علماً أن هذا الأخير لا يُعتبر إلا عنصراً واحداً ضمن مجموعة كبيرة من العناصر التي تتشكل منها مياه المحيطات. في الحقيقة، تتواجد أغلبية العناصر الكيميائية المتوافرة على الكرة الأرضية بكميات كبيرة أو صغيرة في مياه البحر على شكل أملاح أو غازات ذائبة.

في الواقع، تحدد كمية الأملاح في المياه درجة الملوحة، وتُقاس بعدد غرامات الأملاح الذائبة في كيلوغرام من مياه البحر، حيث يبلغ معدلها 35 في الألف. ويُشار إلى أن بعض الأملاح يتواجد بكميات كبيرة في حين يتواجد بعضها الآخر بكميات أقل.

يُعتبر كلوريد الصوديوم، الذي يتبلّر ليشكل ملح الطعام الذي نستعمله، أحد الأملاح التي تتواجد بكميات كبيرة، إذ يصل إلى 27 غراماً في كيلوغرام من المياه المالحة بنسبة 35 في الألف نحو 78 % من كمية الأملاح الذائبة الإجمالية، يليه بعد ذلك ضمن تسلسل تنازلي: كلوريد المغنزيوم (10.9 %)، سلفات المغنزيوم (4.7 %) وسلفات الكالسيوم (3.6 %) وسلفات البوتاسيوم (2.5 %)، وكربونات الكالسيوم (0.5 %) وبروميد المغنيزيوم (0.5 %).

**ليس كلوريد الصوديوم** أي ملح الطعام الذي يتبلّر في المياه المالحة إلا واحداً من أنواع كثيرة من الأملاح الموجودة في مياه البحار.

تتواجد الأملاح في المياه على شكل أيونات موجبة (كاتيونات) أو سالبة (أنيونات) قد تتوحد مركباتها أو تتفكك، حيث يسيطر الكلور $Cl^-$، والصوديوم $Na^+$، يليهما الكبريتات ($SO_4^{-2}$)، المغنيزيوم ($Mg^{2+}$)، الكالسيوم ($Ca^{2+}$)، البوتاسيوم ($K^+$)، البيكربونات ($HCO_3^-$)، البروم ($Br^-$) والسترونتيوم ($Sr^{2+}$)...

### معجم

**مكوّنات أساسية**: أملاح وفيرة موجودة بنسب ثابتة في المحيطات وهي مسؤولة عن نسبة ملوحة المحيطات بنسبة 99 %.

**مكوّنات ثانوية**: أملاح موجودة بنسبة تركيز ضئيلة جداً ومتغايرة بالنسبة إلى الزمان والمكان، وهي أملاح لا تؤدي دوراً ذا أهمية في نسبة ملوحة المحيطات إلا أنها في المقابل تؤدي دوراً هاماً جداً في العملية البيولوجية.

| مكوّنات مياه البحر الأساسية | | | |
|---|---|---|---|
| العنصر | تركزه في مياه البحر (غرام/ كلغ) | مصدر ه | طريقة خسارته |
| **كلور** | 19 | براكين، أنهار | ترسبات على شكل ملح(NaCl) |
| **صوديوم** | 10.6 | أنهار | ترسبات على شكل ملح(NaCl) |
| **سلفات** | 2.7 | براكين | تغوص إلى أعماق المحيط |
| **مغنزيوم** | 1.3 | أنهار | تمتصها الرواسب الصلصالية |
| **كالسيوم** | 0.4 | براكين، وأنهار | تمتزج في هياكل الكائنات الدقيقة البحرية؛ ترسبات على شكل كالسيت |
| **بوتاسيوم** | 0.4 | أنهار | تمتصها الرواسب الصلصالية |

## مكونات مهمة للحياة

### مخزون الملح

تقدّر كمية الأملاح الإجمالية المذابة في البحار بـ 48 مليون مليار طن. في حال أردنا تغطية القارات الظاهرة بطبقة من الملح، فإن ارتفاع هذه الطبقة سيصل إلى 140 مترا. وفي حال تبخرت المحيطات جميعها، فسوف تغطي أملاحها قاعها بطبقة تصل سماكتها إلى 40 مترا.

فضلاً عن تلك المكونات الأساسية، تتواجد العناصر الثانوية كذلك على شكل أيونات في مياه البحر ولكن بتركيز أقل بكثير من المواد المذكورة أعلاه، بحيث لا تزيد على بضعة ميليغرامات في كل كيلوغرام من المياه. تؤدي المكونات النيتروجينية (نتريت، نيترات، وأملاح الأمونياك) والفوسفورية (فوسفات) دوراً أساسياً إذ تشارك في الواقع في التمثيل الضوئي. ومن ضمن هذه العناصر نذكر أيضاً السليكا (الصوان) الذي تستعمله الدياتومات (الطحالب الأحادية الخلية) لصنع هيكلها العظمي، زد أيضاً أنواعاً أخرى من المغذيات الدقيقة كالفلور واليود والزرنيخ والحديد والزنك والنحاس والكوبالت والنيكل والمنغنيز والألمينيوم والرصاص والفاناديوم...

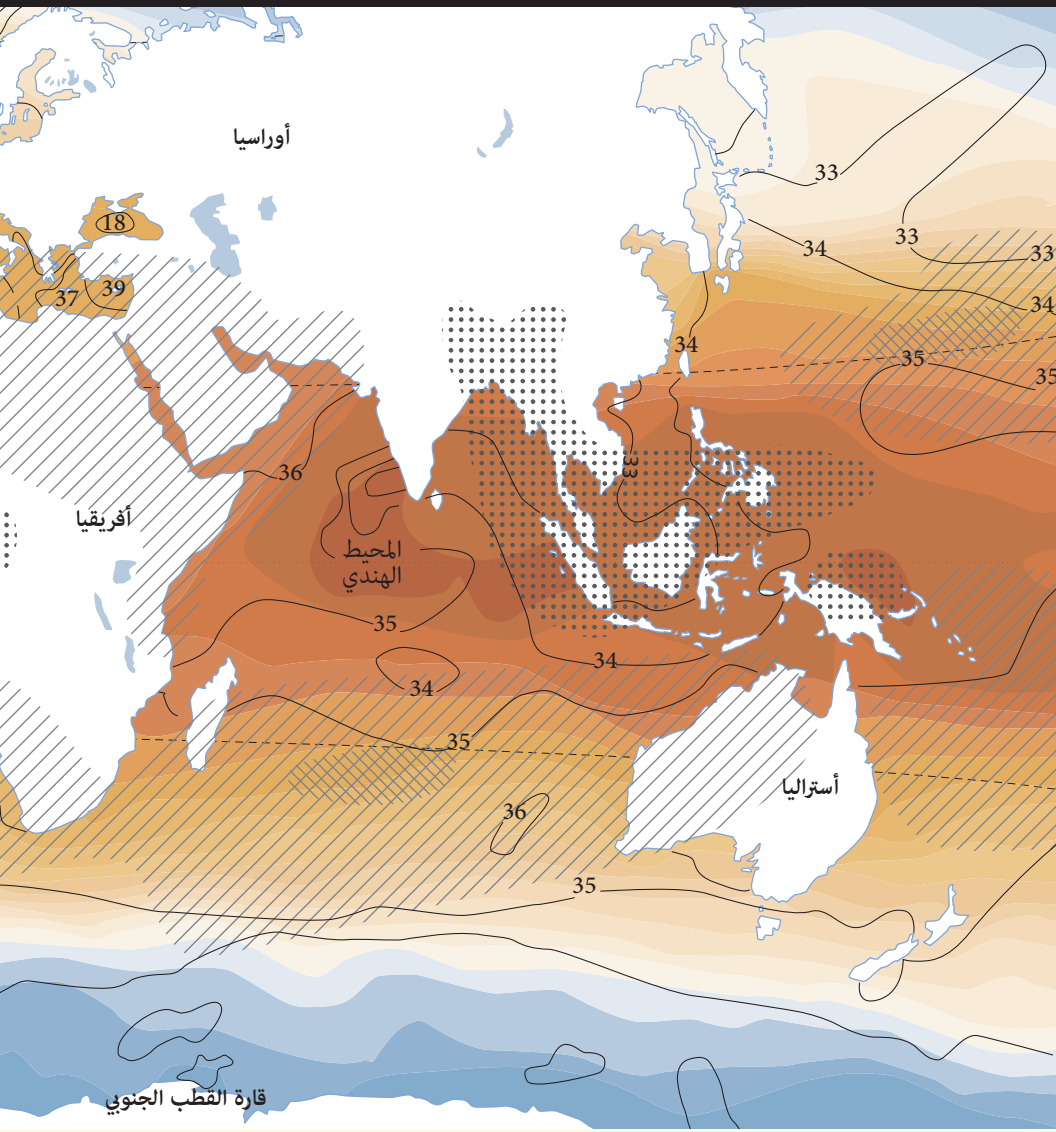
تتمتع الكائنات الحية بالقدرة على تركيزها لبضعة آلاف إلى ملايين المرات قبل أن تعيدها إلى المحيط عند موتها.

ولا بدّ من الإشارة إلى أن كلّ ذلك ما كان ليكون من دون وجود الأوكسيجين وثاني أكسيد الكربون في المحيط، وهما كغيرهما من غازات الغلاف الجوي، يتواجدان ذائبين في المياه. ومن دون هذين الغازين، لا يمكن أن تتمّ عملية التمثيل الضوئي أو التنفس. ترتبط نسبة كل من هذه الغازات في ما بينها ارتباطاً وثيقاً. فنسبتها، خلافاً للنيتروجين، أكثر ارتفاعاً مما هي عليه في الجو. يؤدي المحيط من هذا المنطلق دوراً أساسياً؛ فهو يضبط معدلات الأوكسيجين وثاني أكسيد الكربون في الجو بفضل دوراته الجيوكيميائية الكبيرة.

**خريطة** (على الصفحتين التاليتين)

بين جهة وأخرى على الكوكب، تختلف نسبة ملوحة المياه في شكل ضئيل جداً، ويُعزى هذا الاختلاف في شكل رئيس إلى الفارق بين المتساقطات والتبخر، وتتراوح بنسبة 90 % بين 34 و35 في الألف. في المقابل تتسبب الحرارة على السطح بفروقات هامة وذلك بحسب خطوط العرض، وهي فروقات تتراوح عند القطبين بين - 2 وصفر درجة، لتبلغ في المناطق القريبة من خط الاستواء 28 – 30 درجة.

# حرارة المحيطات ونسبة ملوحتها

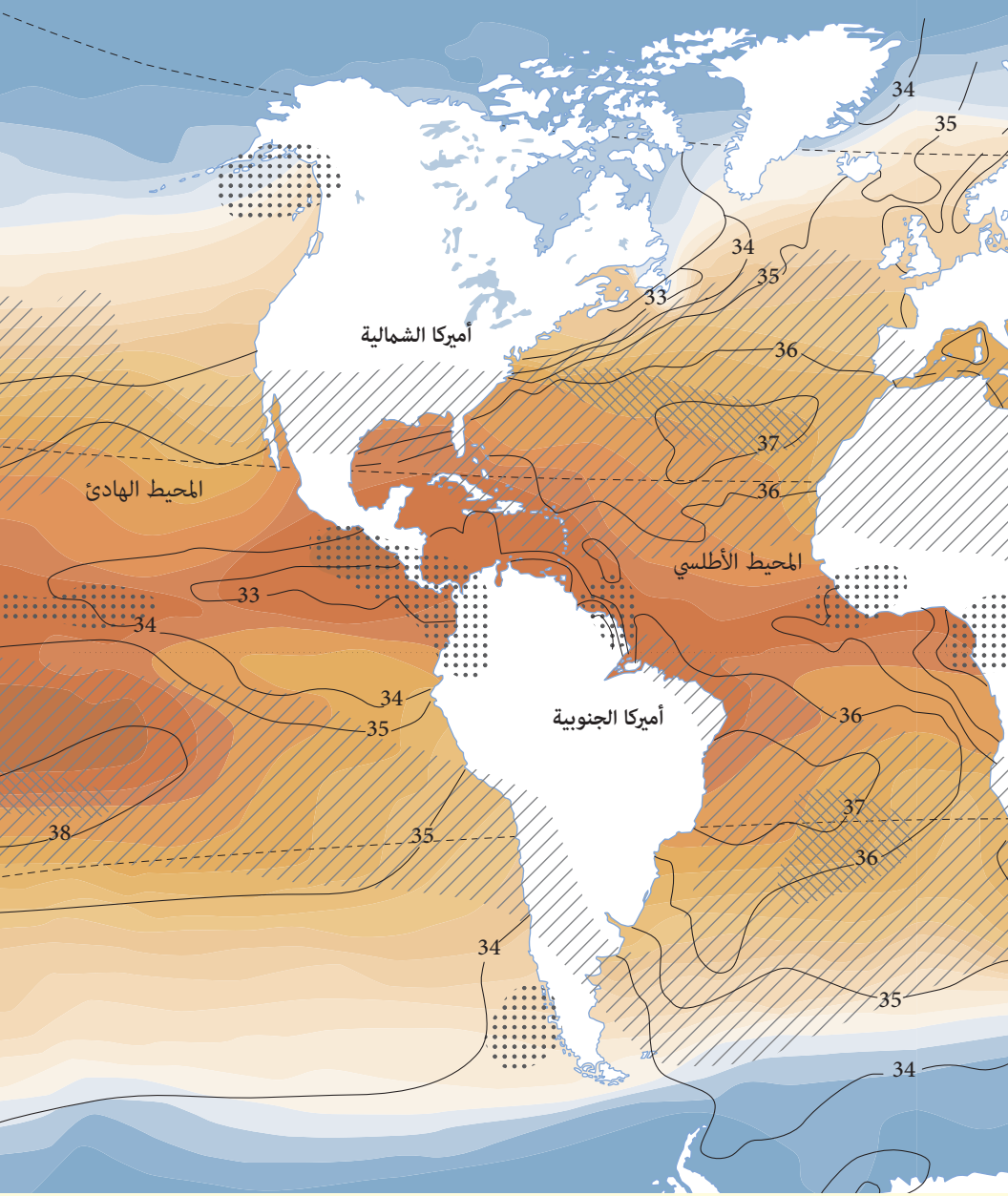



توزع حرارة سطح المحيط (°C)

29 28 27 26 24 23 22 20 18 16 14 12 10 8 6 4 2 0 1-

تنوع نسبة ملوحة سطح المحيطات

34




تمثيل فائض التبخر والمتساقطات

تبخر

متساقطات

0 2000 كم

المقياس عند خط الاستواء

# ملوحة المحيطات

لا تختلف نسبة الملوحة إلا قليلاً من محيط إلى آخر ومن السطح إلى الأعماق، كما لا تتأثر إلا قليلاً بتنوع الفصول.

## ما هو مصدر مياه البحار؟

يتميز تركيب مياه البحر بالثبات في شكل يثير الدهشة. وإذا تبيّن أن نسب تركز عناصرها الأساسية قد تغيرت، فإن تركيبتها من حيث النسب تبقى دائماً ثابتة. لماذا؟ أولاً لأن المياه تحكمها دائماً دورة المحيطات العامة، ثم لأن الأملاح الفائضة تسقط إلى القاع وتمتزج بالترسبات، وأخيراً لأن الكائنات الحية تستعمل في شكل دائم مخزون الأملاح الذائبة التي ينتهي أمرها في قعر المحيطات عند موت هذه الكائنات. كيف تكوّن هذا السائل المالح المتوازن توازناً مثالياً؟

حول هذا السؤال الحساس تتنوع الآراء وتختلف. فالبعض يشير إلى الفكرة التي قدمها عالم الكيمياء الإنكليزي روبرت بويل في العام 1673 ويعملون على تطويرها، فيعتبرون أن البحر ما هو إلا حوض تجميع واسع. استناداً إلى هذه النظرية، كانت أولى البحار التي تشكلت منذ 3.5 مليار عام مليئة بالمياه الحلوة. مع مرور الوقت، تدفقت كميات من الملح إلى البحار والمحيطات بفعل الأمطار التي هطلت على اليابسة فأوصلتها الأنهار إلى البحار. بعد ذلك، ازدادت نسبة ملوحتها بسبب التبخر خلال فترات ارتفاع الحرارة...

إلا أن الإشكالية تكمن في أن العناصر التي تؤلف القشرة الأرضية والموجودة في الأنهار تختلف عما هي عليه في مياه البحر، إن من حيث النوعية أو الكمية، ما دفع عدداً من العلماء إلى وضع سيناريو مختلف. منذ العام 1903، افترض عالم الكيمياء السويدي سفانت أرينيوس أن مياه الكرة الأرضية منبثقة من أحشاء الأرض، وأنه بفضل الثورات البركانية، تحرر بخار المياه وكذلك غازات أخرى وخرجت إلى السطح مع انخفاض درجة حرارة الصهارة. وبفعل تكثفها، شكلت هذه المياه الغنية بالغازات بحاراً ذات درجة حموضة عالية جداً اكتسبت ملوحتها في وقت مبكر بفعل ذوبان العناصر السطحية التي تؤلف القشرة الأرضية.

### مصدر المحيطات

منذ أكثر من 4 مليارات عام، كان الغلاف الجوي الذي يحيط بالأرض يتألف من بخار الماء (80 %) وثاني أكسيد الكربون (15 %). مع انخفاض حرارتها، تكثفت مياه الغلاف الجوي وتحولت إلى مياه سائلة وهطلت على شكل أمطار غزيرة جداً على الأرض على مدى مئات آلاف السنين. في البداية، كانت هذه الأمطار تتبخر فوراً ما إن تبلغ سطح الأرض الحار جداً. ومع انخفاض حرارة سطح الأرض في شكل كاف، جرت المياه على تضاريس هذا السطح وتراكمت في منخفضات القشرة الأرضية الفتية على شكل برك ثم بحيرات وأخيراً بحار ومحيطات. كذلك تعتبر المذنبات مصدراً آخر لمياه المحيطات. فمنذ نحو 3 أو 4 مليارات عام، تعرضت الأرض لوابل كثيف من النيازك والمذنبات التي تحتوي على كميات كبيرة من الجليد.

## نسبة ملوحة تراوح بين 34 و35 في الألف

أياً تكن النظرية المعتمدة، من الضروري أن

**عند مصبات الأنهار** (في الصورة، نهار سامبافا في مدغشقر)، تنخفض نسبة ملوحة مياه البحر كثيراً. ويمتد تأثير المياه العذبة أحياناً ليصل إلى بضع عشرات من الكيلومترات في عرض البحر.

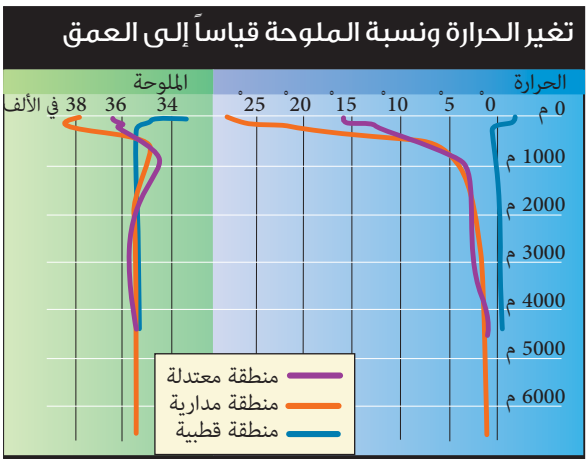
نقرّ اليوم أن نسبة ملوحة المحيطات تتفاوت قليلاً، إذ تراوح في 90 % منها بين 34 و35 في الألف. في عرض البحار، تختلف قيمتها عند مستوى المياه السطحية بين 33 و37 في الألف. يشير هذا التباين إلى فائض في كميات المياه العذبة التي تجلبها الأنهار أو المتساقطات، أو على عكس ذلك إلى نسبة تبخر كبيرة.

وهكذا فإن من شأن بعض الأنهار الكبيرة على غرار الأمازون والكونغو والنيجر تذويب بعض الأملاح وبالتالي تخفيف الملوحة فتنخفض في المياه القريبة من المصب إلى ما دون 30 في الألف. في شكل عام، وفي المناطق القريبة من خطّ الاستواء، حيث تهطل الأمطار في شكل شبه دائم، تصل نسبة الملوحة إلى 34 في الألف. أما عند المدارين، فتختلف الأمور إذ تسبّب المرتفعات الجوية تبخراً عالياً يُترجم ملوحة عالية تصل إلى 36 و37 في الألف. وهكذا تُسجل نسبة ملوحة عالية جداً في البحار المغلقة التي لا تبدل إلا كمية قليلة من المياه مع المحيط: إذ تصل نسبة ملوحة البحر الأبيض المتوسط إلى 38 – 39 في الألف، ونسبة ملوحة البحر الأحمر إلى 40 – 41 في الألف.

**تترك المتساقطات أثرها** على مياه السطح فتخفف من نسبة ملوحتها تبعاً لحدة موسم الأمطار.

## أعماق المحيطات: تركيبة واحدة

يحاكي توزع الملوحة عند المستويات قليلة العمق حركات الأمواج والتيارات. في المناطق التي تتمتع بمناخ معتدل أو مداري، تكون نسبة الملوحة موحدة ضمن الأمتار القليلة العليا، في الطبقة التي تُعرف باسم الطبقة المختلطة. ثم تنخفض بعد ذلك، لتبلغ أدنى معدل لها في عمق يتراوح بين 800 و1000 متر، ثم ترتفع في شكل طفيف عند عمق يتراوح بينً 2000 و2500 متر، قبلِ أن تعود وتنخفض مجدداً. إلا أن الأمر هو على خلاف ذلك



**في المناطق القطبية**، يؤدي ذوبان الجليد بفعل ارتفاع الحرارة صيفاً إلى انخفاض نسبة الملوحة في شكلٍ سريع إنما على نطاق محلي.

في المناطق القطبية، إذ تحصل التغيرات كلها في الأمتار الأولى؛ فتزداد نسبة الملوحة لتصل إلى درجة معينة وتبقى على حالها حتى الأعماق. ولكن بدءاً من 4000 متر، تتشابه المحيطات جميعها من حيث نسبة الملوحة التي تتراوح بين 34.6 و34.9 في الألف. لا تتغير هذه التوزعات مطلقاً بين يوم وآخر ولا

## أدوات القياس

لما كانت نسب العناصر التي تؤلف مياه البحر ثابتة، فإنه يمكننا عند قياس أحدها فحسب تحديد نسبة ملوحة المياه العامة. وهكذا لطالما تمّ تحديد نسبة الملوحة من طريق معرفة محتوى المياه من الكلوريد. أما اليوم فنقيس قدرة مياه البحر على توصيل الكهرباء التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية الأملاح الذائبة.

## حالات قصوى

يفلت بعض البحار المغلقة من الدورة المحيطية. ففي حال كانت كمية المياه العذبة، لا سيما من الأنهار، أكبر من التبخر، تنخفض نسبة الملوحة، حيث تصل في بحر قزوين إلى 13 في الألف، وتحتفظ مياه هذا البحر بمعدلات من الكربونات أعلى من تلك التي يحتفظ بها المحيط.

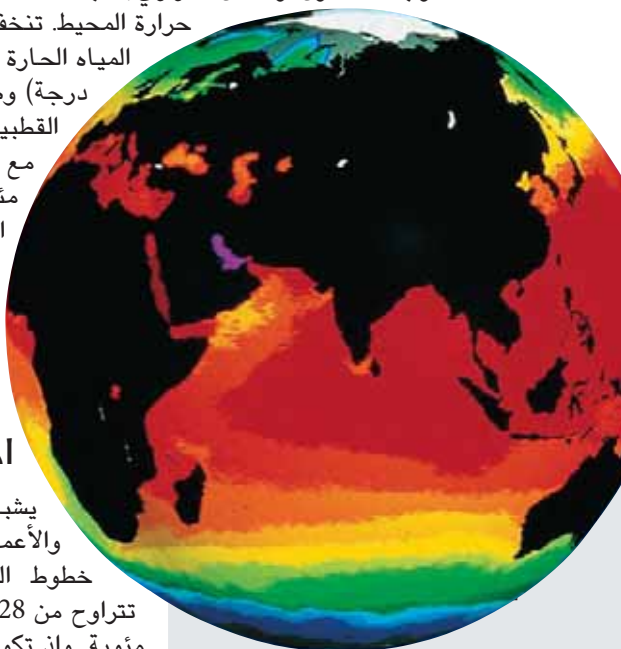
تتبدل إلا قليلاً مع تغير الفصول؛ بحيث لا تتجاوز أبداً الـ 0.5 في الألف. غير أنها يمكن أن تتبدل أكثر بكثير في المناطق حيث يتغير المناخ في شكلٍ كامل: فالرياح الموسمية تترك بصمتها في المنطقة الشمالية الشرقية من المحيط الهادئ بفعل كميات المتساقطات الهائلة التي تزيد من عذوبة المياه السطحية. كذلك فإنها تبدو أكثر تميزاً في المناطق القطبية حيث يسبب ذوبان الجليد صيفاً وتحركه فروقات كبيرة وغير منتظمة.

# حرارة المحيطات

| |
|---|
| خلافا لنسبة الملوحة، تتغير الحرارة في شكل كبير في المكان والزمان. |
| يعكس توزع الحرارة على سطح المحيطات بأمانة مناخات خطوط العرض المختلفة. |

## مياه ساخنة بفعل أشعة الشمس

إذا عكس المحيط جزءاً من أشعة الشمس، فإن كميات أخرى تنفذ. فهي إذاً إما يتم نشرها أو امتصاصها. تُحتجز الأشعة ما دون الحمراء التي لا تستعملها الطحالب وغيرها من كائنات التمثيل الضوئي في الأمتار العليا وتشارك في رفع حرارة هذه الطبقة السطحية من المياه. إلا أنه بإمكان رفع الحرارة أيضاً من طريق المطر من خلال منح المحيط الحرارة الكامنة في قطراته، أو من طريق الرياح بواسطة تحويل طاقتها إلى حرارة. وعلى عكس ذلك، تساهم أشعة الموجات الأطول، والحمل الحراري باتجاه الغلاف الجوي، والتبخر، في انخفاض درجة حرارة المحيط. تنخفض درجات حرارة السطح ابتداءً من المياه الحارة في المناطق المدارية (من 28 إلى 30 درجة) وصولاً إلى المياه الباردة في المناطق القطبية حيث يتناسب أدنى معدل حرارة مع نقطة التجمد، أي نحو – 1.9 درجة مئوية. يساهم وجود القارات وكذلك التيارات الناجمة عن الرياح في إفساد هذا التوزيع بعض الشيء. وبهذا يكون الفارق بين درجات الحرارة ضئيلاً في المياه الواقعة عند جهتي خط الاستواء وعلى مستوى القطبين، وكبيراً في الأقاليم المعتدلة.



**تبلغ درجة حرارة مياه** سطح المحيطات مستوياتها الأعلى (اللون الأحمر) في المياه المدارية التي تتعرض كثيراً لأشعة الشمس.

## اختلافات كبيرة

يشبه اختلاف الحرارة بين السطح والأعماق الاختلاف الحاصل بين مناطق خطوط العرض العليا وتلك المنخفضة؛ إذ تتراوح من 28 – 30 درجة مئوية حتى – 1 درجة مئوية. وإذ تكون بين معدلات منخفضة وصفر عند القطبين، ترتفع حين نقترب من المناطق الحارة. إلا أنها ليست ثابتة داخل المياه من منظور عمودي. في

الحقيقة، تكون الحرارة مستقرة في طبقة المحيط الأكثر قرباً من السطح، ضمن عمق يتراوح بين بضعة أمتار وبضع عشرات من الأمتار، حيث تلفح الرياح المياه. باستثناء القطبين، تنخفض الحرارة في كل مكان في شكل سريع حتى عمق يتراوح بين 500 و1000 متر: في هذه المنطقة التي تعرف بمنطقة الهبوط الحراري، لا تتخطى الحرارة 12 درجة. وينخفض معدلها إلى أدنى حدّ عند عمق 4000 متر (لتصبح نحو درجتين مئويتين)، إلا أنها ترتفع كلما غصنا نحو الأعماق. فحرارة المياه تزداد لأن الضغط يزداد مع العمق، فترتفع بمعدل 0.15 درجة مع كلّ 1000 متر، صحيح أنه معدل منخفض إلا أنه كافٍ لنشعر به في الأعماق السحيقة.

### مناطق ذات طابع خاص

في هذه المناطق التي تختلف فيها ملامح الحرارة في شكل مفاجئ، تتصادم كتلتا مياه مختلفتان. تُسمى هذه المناطق بمناطق التلاقي، والأكثر شهرةً بينها هي منطقة القطب الجنوبي، حيث تغوص مياه السطح الباردة والكثيفة تحت مياه أخرى أكثر حرارة.

## تأثير خطوط العرض

من فصل لآخر، لا تتغير الحرارة على السطح كثيراً في محيطات المناطق القطبية والاستوائية: إذ يصل الفارق إلى درجتين مئويتين كحد أقصى. إلا أن الأمور تسير في شكل مغاير في المناطق المعتدلة حيث يمكن أن يصل الفارق إلى 8 درجات مئوية، لا بل قد يتراوح بين 10 و20 درجة في بعض البحار الداخلية كالبحر الأبيض المتوسط. إلا أن هذه الاختلافات تتقلص مع ازدياد العمق وتختفي تماماً عند عمق – 200 إلى – 300 متر. من ناحية أخرى، يزداد الفارق بين هذه الاختلافات مع اختلاف الطقس. فحين ترتفع حرارة المياه السطحية في الصيف، تتراجع كثافتها لتختلف بهذا أكثر فأكثر عن المياه الأكثر عمقاً. وبالنتيجة، يتسع مدى الهبوط الحراري، ووحدها المياه المختلطة بفعل الأمواج في الخمسة والعشرين متراً الأولى من السطح تستفيد من ارتفاع في الحرارة. لا بدّ إذاً من انتظار فصل الخريف، أي الفترة التي تختفي في خلالها فروقات الهبوط الحراري، لترتفع حرارة المياه الأكثر عمقاً.

### معجم

منطقة الهبوط الحراري: منطقة أعماق حيث يكون انخفاض درجة حرارة المياه الأسرع. تقع هذه المنطقة عادةً بين 100 و1000 متر عمقاً وتميل إلى الاختفاء شتاءً.

حرارة محتملة: حرارة تأثيرات الضغط المصححة. نستند عادةً إلى قيمتها للمقارنة بينها وبين كتلة المياه العميقة.

## «الخض» الشتوي الكبير

مع حلول فصل الشتاء، تنخفض حرارة الطبقات السطحية وتصبح أكثر كثافة. وإذ تصبح أثقل، فإنها تغوص إلى الأعماق في حركات حمل حراري واسعة النطاق. وتالياً يعزز عدم استقرارها الاضطراب الذي يدفع المحيط إلى منح الغلاف الجوي بعضاً من حرارته. وبذلك، تنخفض الحرارة بسرعة في الأعماق وكذلك على السطح. إذا يبرد البحر سريعاً وفي شكل ملحوظ، في حين ترتفع حرارته ارتفاعاً بطيئاً وغير ذي أهمية. ويُعزى ذلك من ناحية إلى خصائص المياه الفيزيائية، ومن ناحية أخرى إلى الاضطراب، وكذلك وبخاصة إلى حقيقة أن ثلثي الحرارة الناتجة من أشعة الشمس تساعد على تبخر المياه. وبهذا يكون الغلاف الجوي مديناً بالفضل للمحيط، الذي يخضع بدوره لنزوات الرياح...

# الجليد البحري

إذا كانت الجبال الجليدية تساهم في تخفيف نسبة ملوحة المحيطات، فإن الجليد الذي يتشكل بفعل تجمد مياه البحر يبدو ضرورياً جداً لتشكل المياه المحيطية العميقة.

**ينتج الجليد البحري** (الصورة في أرض أديلي في قارة القطب الجنوبي) عن تحول الجليد في البحار القطبية، حين تصل حرارة هذه المياه المالحة إلى نقطة التجمد أي – 1.9 درجة مئوية.

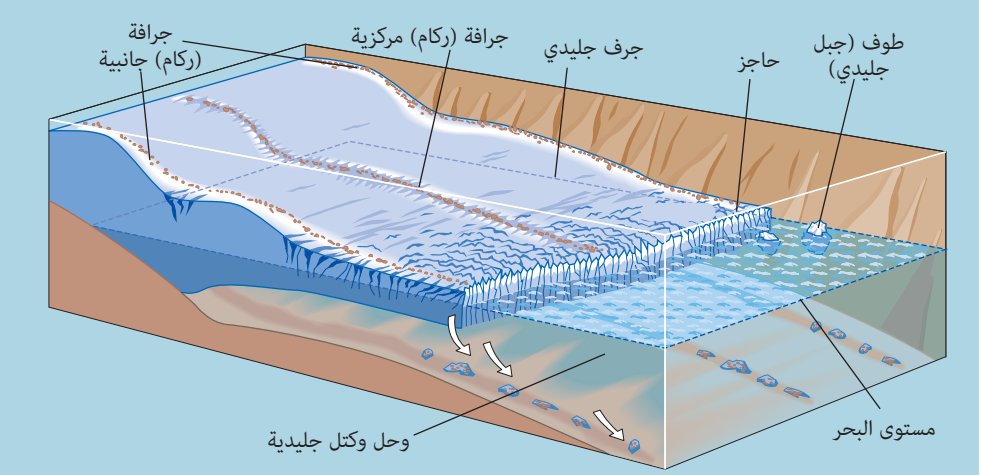
## الطوف الجليدي والجليد البحري

في المناطق التي تنخفض فيها درجة الحرارة عن صفر درجة مئوية، تتجمد المياه. في مناطق خطوط العرض المرتفعة، يتشكل نوعان من جليد البحر، من أصول مختلفة: الطوف الجليدي (جبال الجليد) الذي يتشكل بفعل تفكك الصفائح الجليدية التي راكمها هبوط الثلج فوق القارات، والجليد البحري الناجم عن تجمد مياه البحر.

لا تنتقل الجبال الجليدية، وهي كتل جليدية ضخمة، في المحيطات إلا بفعل السعرات الحرارية التي تستمدها لتذوب والمياه العذبة التي تطلقها. وإذ تنفصل عن الصفائح الجليدية وامتداداتها، يصل مدى حياتها إلى 3 – 4 سنوات. وإذ تُسيّرها التيارات، يمكنها أن تعبر مسافات طويلة. في الجنوب، لا تحرفها التيارات الغربية كثيراً عن قارة القطب الجنوبي، لكن في الشمال، قد توصلها تيارات غرينلاند ولابرادور إلى المحيط

### ثلاثة عوامل مرتبطة

خلافاً للمياه العذبة، كلما بردت مياه البحر ازدادت كثافتها إلى أن تصل إلى درجة تتغير فيها حالتها وتتحول إلى جليد. في الحقيقة، تكون المياه العذبة أكثر كثافة عند أربع درجات مئوية وتتجمد عند صفر درجة مئوية، في حين تتحول مياه البحر، التي يبلغ متوسط نسبة ملوحتها 35 في الألف، إلى جليد عند درجة حرارة – 1.9 درجة، وتتمتع بكثافة قصوى عند – 3.5 درجة مئوية.




**تنشأ الجبال الجليدية** جراء انفصالها عن الصفائح الجليدية القارية، لتطوف في البحر لمدة تتراوح بين 3 و4 سنوات.

الأطلسي، وهذا هو السبب الذي أدى إلى غرق سفينة التيتانيك الشهيرة.

## دور أساسي في تكوّن المياه العميقة

**معجم**

**طوف جليدي (جبال جليدية)**: كتل جليدية تنفصل تدريجياً عن حواف الصفائح الجليدية بفعل عملية تعرف بـ «الانسلال».

**جليد بحري**: مساحة من الجليد تبلغ سماكته على الأقل مترين أو ثلاثة أمتار نشأت عن تجمد مياه البحر.

يؤدي نوعا الجليد البحري دوراً مهماً أكثر فأكثر في ما يتعلق بالمحيط. ينشأ الجليد البحري حين تنخفض درجة حرارة المياه في الشتاء لتصل إلى حدّ التجمد أي – 1.9 درجة مئوية لمياه تبلغ نسبة ملوحتها 35 في الألف. يترافق هذا التجمد مع تمدد الجليد بحيث يصبح أخف من المياه. تأتي بعد أولى بلورات الجليد، إبر الجليد التي تمنح للمحيط هيئة مشروب مثلج. يؤدي تجمد المياه كذلك إلى فصل المياه النقية عن الأملاح. ومع تشكل بلورات الجليد من المياه النقية، تزداد نسبة ملوحة المياه الواقعة تحتها. ومع ازدياد كثافتها، وكذلك وزنها، تغوص هذه المياه في نهاية المطاف لتحل محلها مياه أقل ملوحة وأكثر حرارة، قبل أن تلقى بدورها المصير عينه. تجري عمليات غوص المياه تباعاً وعلى أعماق أكبر. تصبح طبقة الجليد أكثر سماكةً إلى أن تشكل سماكة الجليد البحري عازلاً حرارياً. يمكن لتلقبات الطقس وحركة البحر أن يتسببا في ذوبانها صيفاً، عندما تنقلها التيارات البحرية إلى عرض البحر، وتطلق بذلك مياهاً أقل ملوحة من تلك التي نشأت عنها. إلا أنها قد تصمد لعدة سنوات وقد تغمرها الثلوج. يمتد جليد المحيط المتجمد الشمالي على مساحة تصل إلى 15 مليون كلم مربع شتاءً وإلى نصف هذه المساحة كحد أدنى صيفاً.

### وسائل عزل ممتازة

يعكس جليد البحر أشعة الشمس فيما يمنع المياه من منح سعراتها الحرارية للهواء الذي يكون أبرد منها، ومن هنا جاءت قدرته على العزل. في حال لم يتواجد الجليد في الشتاء، قد ترفع المياه المحيطية المعرضة لأشعة الشمس حرارة طبقات الغلاف الجوي المنخفضة من 20 إلى 40 درجة مئوية.

تشهد الكتل المائية في المحيط حركات دائمة. تحت تأثير الجاذبية المشتركة للشمس والقمر، تشوب المحيط تحركات تنتشر على سطحه: إنها حركة المدّ والجزر. تولّد الرياح غير المنتظمة والقوية الأمواج. في المقابل، تدفع الرياح المنتظمة المياه السطحية وتسبب التيارات البحرية. في شكلٍ عام، تسير دورة السطح وفقاً لحلقات كبيرة في كلّ من نصفي الكرة الأرضية. أما دورة الأعماق فتتبع خطاً أكثر تعقيداً، يخضع للفوارق الحرارية والفوارق في نسبة الملوحة.

**تشكل الأمواج**، التي تنشأ عن هبوب الرياح فوق سطح المحيط، أحد أهم تجليات دينامية المياه المحيطية.

# دينامية المحيطات

# أصل المدّ والجزر

تقاوم الأرض قوة جذب الشمس والقمر لها، غير أنها تعجز عن منع المياه على سطحها من الانتفاخ والتحدب عند نقطتين متقابلتين قطرياً من الكرة الأرضية؛ هكذا تنشأ حركتا المدّ والجزر.

## قانون عالمي

يرتفع مستوى المحيطات في مختلف أنحاء العالم وينخفض مرةً واحدة على الأقل يومياً، ومن هنا ينشأ السحر الذي تتميز به شواطئ الرمال الطويلة حيث يمكن خلال الفترة الممتدة بين ارتفاع مستوى المحيط وانخفاضه بناء قصور الأحلام. تُعزى هذه الحركة إلى الجاذبية المزدوجة للشمس والقمر على الأرض المتحركة. في الواقع، تجذب الشمس مختلف الكواكب التي تدور حولها ضمن نظامنا الشمسي. إلا أن قانون الجاذبية هو قانون كوني ويشمل مختلف الأجرام السماوية، حيث تستند القوة التي يمارسها كل كوكب على الآخر إلى وزنه وإلى المسافة التي تفصله عنه. وبذلك، كلما كان الكوكب كبيراً وأقرب إلى الأرض، كان أكثر جذباً لها. إلا أن القمر، وعلى الرغم من كونه أصغر من الشمس بكثير، فإنه يقع على مقربة من كوكبنا وتأثيره في نهاية المطاف أهم بمعدل 2.2 مرة.

### تأخير غير ثابت

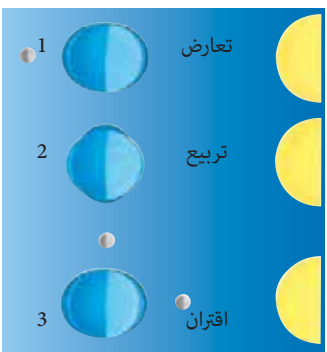
تستغرق دورة القمر حول الأرض 29 يوماً و12 ساعة و44 دقيقة. في خلال 24 ساعة، يتحرك بمعدل 13 درجة، وهي المسافة الزائدة التي يتعين على الأرض عبورها بعد إنجازها دورة كاملة حول نفسها، لكي يتواجد القمر فوق النقطة نفسها من الأرض التي كان عليها في اليوم السابق. تحتاج الأرض إلى 50 دقيقة لتقطع هذه المسافة: هذا هو متوسط تأخير المد اليومي.

### معجم

**المدى أو ارتفاع البحر:** فرق الارتفاع بين مستويي المد والجزر.
**مُعامل المدّ والجزر:** مقياس من دون وحدة يتراوح بين 20 و 120 ويدل على مدى المد والجزر.
**أمواج المد والجزر:** تيارات تنشأ عن امتداد المياه وانحسارها على التوالي. قد تصل سرعتها إلى 12 ميلا بحريا (أي نحو 22.224 كلم) في الساعة، مقابل 2 إلى 4 أميال تقطعها التيارات الناتجة من الرياح.

## الأرض – القمر: ثنائي متحرك

تكفي قوة جاذبية القمر لتغيير شكل المياه إلى ما يشبه الوسادة المنتفخة في المناطق الأقرب إليه. إلا أن للأرض دورها أيضاً، إذ تولد جاذبيتها الخاصة قوة تتعارض مع جاذبية القمر وتترجم بتراكم المياه في أبعد نقطة عنه. في




**تُعزى حركتا المدّ والجزر** إلى اقتران جاذبيتي القمر والشمس وتأثيرهما المضاعف على الأرض. تصل هذه الحركة إلى أقصاها حين يتراكم التأثيران (1و3) وإلى أدناها حين يتعارضان (2).

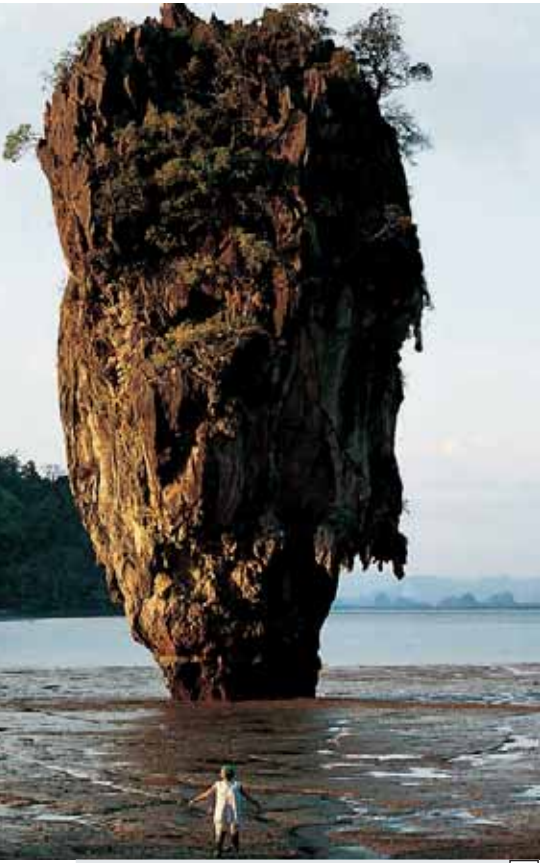
النهاية، يحدث مدّان بحريان متزامنان هما نتاج لقوتين: قوة الانجذاب وقوة الجاذبية الأرضية. وقد أطلق على حاصل هاتين القوتين اسم القوة المولدة للمد والجزر، وهي قوة معدومة في مركز الأرض في حين تبلغ حدها الأقصى على سطح الأرض عند نقطتين: الأقرب إلى القمر والأبعد منه.

وإذ تدور الأرض حول نفسها، ينتشر تحدب سطح المياه تماماً كما تنتشر الموجة، إذ يميل إلى اتباع حركة القمر الظاهرة وإلى حدٍّ أقل حركة الشمس. إلا أن طريقه لا يبدو خطاً مستقيماً. في الواقع، ينشأ عن دوران الأرض قوى تحركه نحو اليمين في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ونحو اليسار في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. علاوة على ذلك، تشكل القارات وكذلك عمق المحيطات المحدود عائقاً أمامه.

أخيراً، يُعد شكل المحيطات عاملاً مؤثراً في قوة الموجة؛ وبالتالي يشهد المحيط الأطلسي الذي يزيد طوله على عرضه، حركة مد وجزر كل 12 ساعة، أي مرتين يومياً؛ فيما يشهد المحيطان الهادئ والهندي، الأكثر امتداداً، حركة مد وجزر مختلطة كل 12 و24 ساعة؛ أما البحار الصغيرة، كخليج المكسيك، فتشهد حركة مد وجزر مرة واحدة يومياً.

## مدى متنوع

يكون المد أكثر قوة عندما يقع كل من الأرض والقمر والشمس على خط مستقيم، أي في الوقت الذي يكون فيه القمر محاقاً أو بدراً، في حين يكون أضعف حين يشكل الكوكبان مع الأرض زاوية قائمة في خلال الربعين القمريين الأول والأخير (أيام الجزر). تبلغ قوة المدّ نصف اليومي ذروتها في فترتي الاعتدال، في حين تبلغ قوة المد اليومي ذروتها في فترتي الانقلاب.

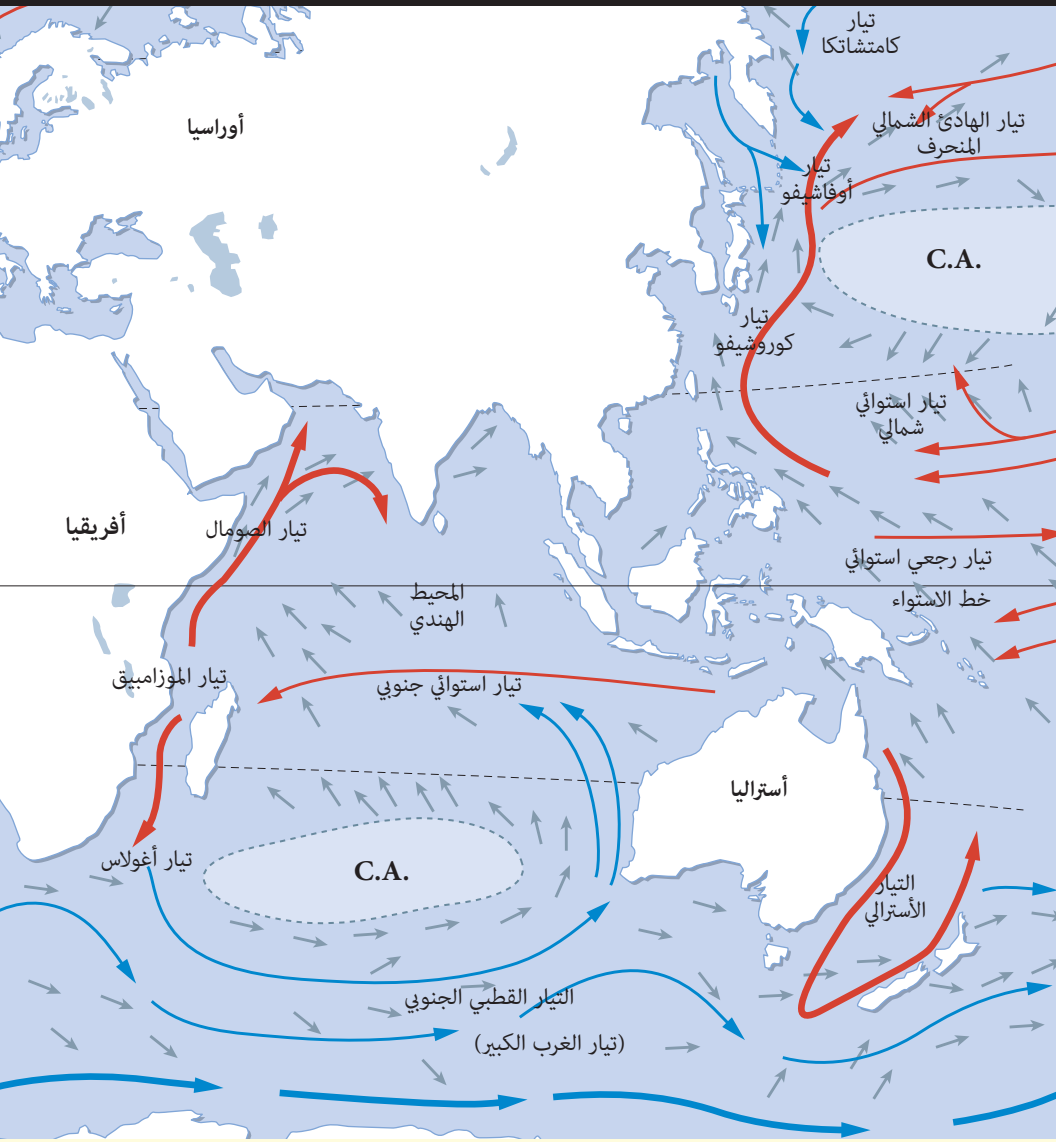


**يختلف ارتفاع المدّ والجزر** بمعدل يتراوح بين بضعة سنتيمترات وبضعة أمتار. تظهر قدم هذه الصخرة الغريبة لخليج فانغ نغا في تايلاندا في شكلٍ واضحٍ أثناء حركة الجزر.

**خريطة** (على الصفحتين التاليتين)

تتحرك طبقات المحيط السطحية بفعل الرياح مشكّلةً حلقات كبيرة. تدور حول مناطق تتميز بضغط جوي مرتفع (خلايا ضغط جوي مرتفع) باتجاه عقارب الساعة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وفي الاتجاه المعاكس في النصف الجنوبي. تنقل المياه الحارة على طول السواحل الشرقية للقارات والباردة في الجهة الأخرى.

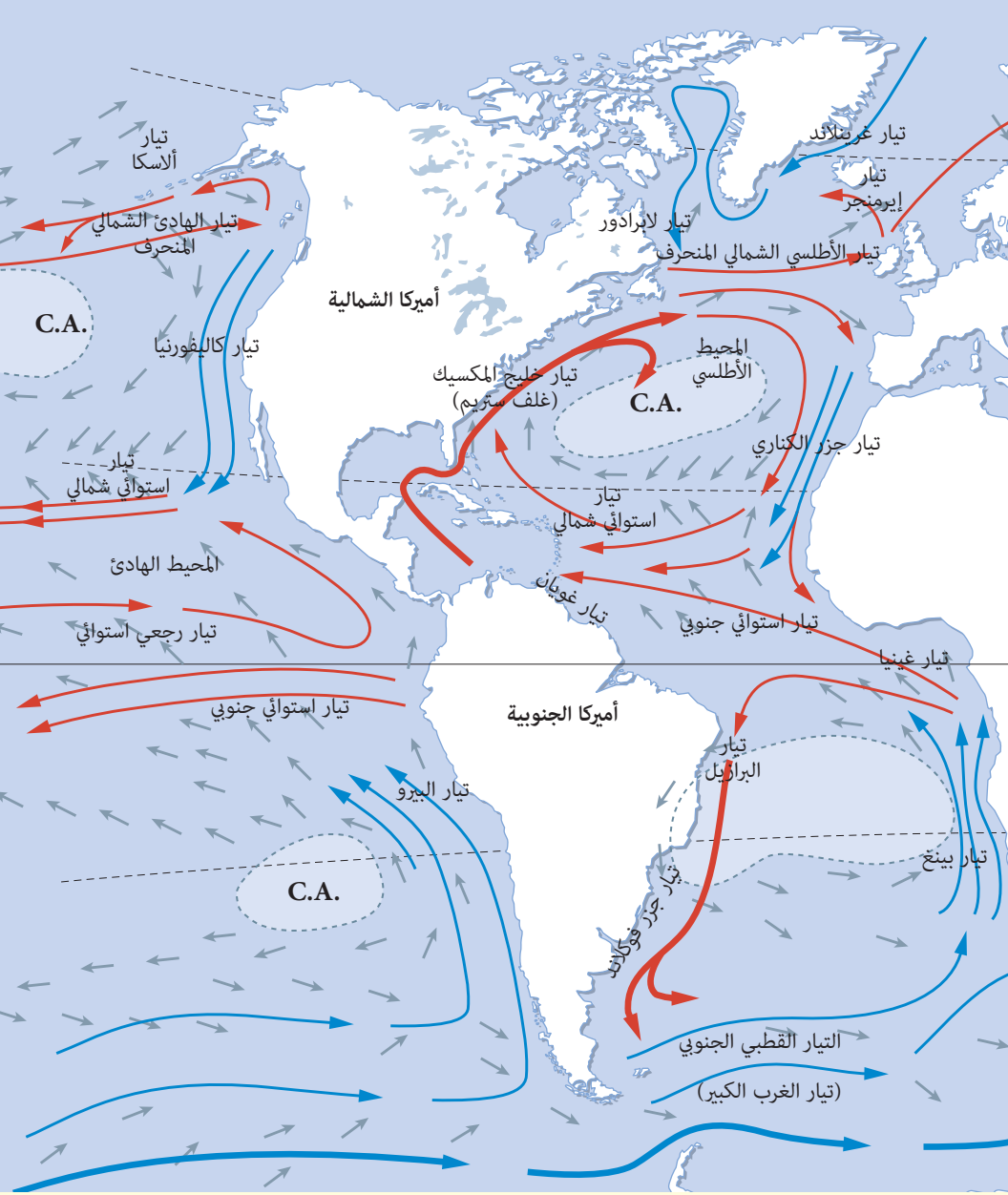
# حركة المياه السطحية في المحيطات




**توزع التيارات الباردة والحارة في البحار**

تيارات باردة
تيارات حارة

توزع الرياح العام في الصيف (يوليو/تموز)
C.A. خلية ضغط جوي مرتفع




2000 كم 0

المقياس عند خط الاستواء

# أمواج مسافرة

تحرك الرياح سطح المحيط فيتغير شكله ويتقعّر. قد تمتد الأمواج التي تتشكّل على مساحات كبيرة على شكل موجات منتظمة تُعرف بالأمواج الصاخبة.

## سلسلة من التموجات...

ارم حجراً في المياه، ولاحظ كيف يتغير شكل سطحها ليصبح مغطىً بالتموجات المتحدة المركز. ارم بعد ذلك قطعةً من الفلين ولاحظ كيف تهبط وترتفع وفقاً لإيقاع هذه التموجات، من دون حتى أن تتحرك أفقياً. إنه تقريباً الأثر الذي تتركه الرياح على المحيطات. إذا هبّت الرياح لفترة طويلة كافية في اتجاه واحد وبقوة كافية، تنشأ سلسلة من الأمواج المنتظمة، أي الأمواج الصاخبة. يمكن ملاحظة هذه الأمواج في شكل أوضح وفقاً لقوة الرياح ومدتها ومداها. إلا أنها، وبخلاف المدّ والجزر، لا تحرك المياه من مكان إلى آخر ولا تُحدث بالتالي أي تيار. من الناحية التقنية، تتميز الأمواج الصاخبة بمدى عمقها، أي بالارتفاع بين قمة هذه الأمواج وقاعدتها، وطول التموج (المسافة بين موجتين متعاقبتين) ومدتها

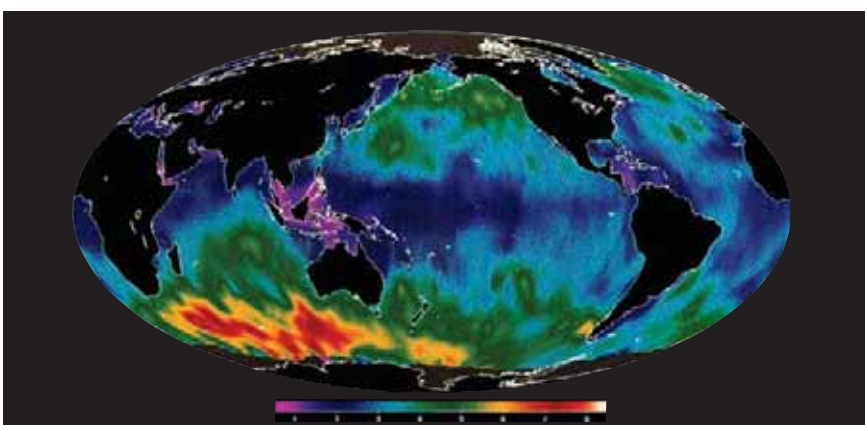
**معجم**

**مهبّ بحري**: متسع بحري تهب فوقه الرياح.

**مويجات**: أمواج متتالية لا تشكل سلسلة موجات منتظمة.

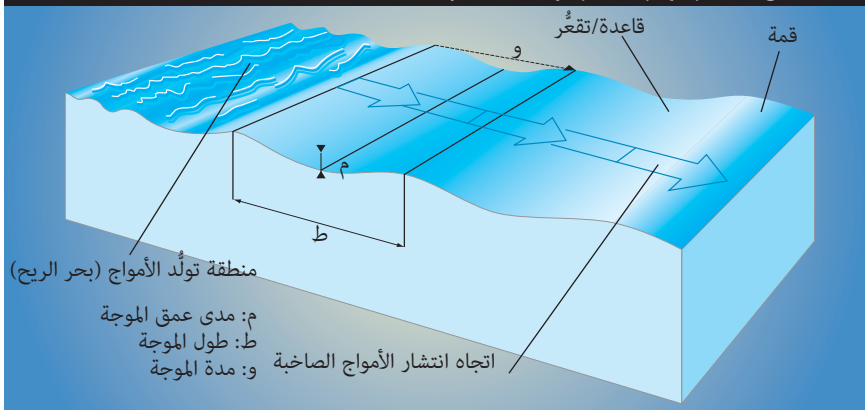
### حركة لا نهاية لها

في الموجة الصاخبة، تدور جزيئات المياه حول نفسها، وتتبع حركتها مداراً شبه دائري يعادل قطره ارتفاع أمواج السطح ويتقلص تدريجياً باتجاه العمق. تستغرق الأمواج وقتاً لا نهاية له قبل أن تخمد في حال لم تصادف أي عائق: تصل موجة يبلغ ارتفاعها 10 أمتار إلى 4 أمتار في خلال ثلاث سنوات.



**متوسط ارتفاع الأمواج** استناداً إلى القمر الصناعي توبكس/ بوسايدون. في منطقة المنخفضات الجوية في القطب الجنوبي، وجنوب المحيط الهندي (باللونين الأصفر والأحمر)، يصل ارتفاع الأمواج عادةً إلى 8 أمتار.

## تشكّل الأمواج والأمواج الصاخبة




(أي الوقت الضروري الذي تستلزمه موجة لعبور مسافة تساوي طول التموج). نحصل على سرعة الموجة الصاخبة من طريق قسمة طول التموج على المدة. في حال كانت السرعة عالية جداً، تتكسّر الأمواج لتشكل ما يُعرف بزبد البحر. وفي حال قاربت سرعة الأمواج سرعة الرياح، يمكن أن تعبر الموجة الصاخبة مسافة طويلة عبر المحيط بمساعدة تدفق الرياح.

## آلاف الكيلومترات

يمكن أن تعبر الأمواج الصاخبة التي تتشكل في مناطق المنخفضات الجوية في القطب الجنوبي آلاف الكيلومترات على امتداد المحيط الأطلسي بأكمله، وأن تتداخل تأثيراتها في أثناء ذلك مع تأثير العواصف التي تهبّ على إيرلندا. وتتداخل الأمواج الصاخبة، حيث تنضم إليها هنا أمواج إضافية، وتخسر هناك بعضاً منها، الأمر الذي يمنح لكل منطقة من محيطات كوكبنا مميزاتها الخاصة.

تعتبر الأمواج الصاخبة انعكاساً للحالة الجوية. تولّد الرياح الناتجة من المرتفعات الجوية في جزر آزور أمواجاً صاخبة قوية، بحيث تضرب هذه الأمواج التي يصل ارتفاعها إلى أكثر من 6 أمتار السواحل الغربية الإسبانية والبرتغالية في شكل مباشر. ومع تقدمها نحو الشمال، تضعف قوة هذه الأمواج الصاخبة. إلا أن غياب المرتفعات الجوية يفسح المجال أمام المنخفضات الجوية وتالياً أمام العواصف، ما يؤدي إلى تشكل أمواج صاخبة أقل ديمومة ولكن أكثر عنفاً.

وبذلك، تكون حالة البحر انعكاساً للحالة المعقدة، حيث تجمع بين الأمواج الصاخبة ذات المصادر المتنوعة والمويجات المحلية.

### أمواج عالية إلى حدٍ بعيد أو قريب

كلما كانت الرياح عاتية ومساحة امتدادها كبيرة، كانت الأمواج أقوى: فرياح تبلغ سرعتها 40 كلم/ ساعة تهبّ على مسافة تصل إلى 200 كلم تولّد تقعُّراً يصل إلى 2.50 متر، أما رياح تهب بسرعة 100 كلم/ ساعة على امتداد 400 كلم فتولد أمواجاً يصل ارتفاعها إلى أكثر من 11 متراً! يبلغ مدى عمق الموجة كمعدل متوسط متراً في المانش، في حين أنها تتخطى في العادة 4 أمتار في جنوب أستراليا.

# التيارات البحرية

تتحرك مياه المحيط السطحية على شكل دوّامة بفعل الرياح وتنقل معها المياه الحارة باتجاه المناطق الباردة والمياه الباردة باتجاه المناطق الحارة.

## السطح: منشأ التيارات

يتلاشى تأثير الغلاف الجوي (وبذلك حركات الرياح) على المحيطات بسرعة مع العمق، إذ تتشكل التيارات البحرية بخاصة عند السطح بدافع من الرياح. تتشابه مميزات التيارات كثيراً في المحيطات الأطلسي والهادئ والهندي؛ مع وجود اختلافات بسيطة بفعل أحوال الطقس الخاصة أو بفعل الالتفافات التي تفرضها حدود القارات. يُعزى توزع الرياح على كوكبنا إلى حقيقة أنها تتدفق من مناطق مرتفع ضغطها الجوي باتجاه المناطق المنخفض ضغطها. ولكن، على غرار كلّ حركة واسعة النطاق، يتغير مسارها بفعل القوى الناتجة من دوران الأرض يميناً في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ويساراً في النصف الجنوبي منها. يُعرف هذا التغيير باسم كوريوليس ويزداد كلما ابتعدنا عن خط الاستواء وينشأ عنه على التوالي، من خط الاستواء إلى القطبين، الرياح التجارية (رياح تهبّ باتجاه الشمال الشرقي أو الجنوب الشرقي بحسب النصف الكروي الذي تهبّ فيه)، ثم رياح غربية سائدة (غربيات) (من القسم الجنوبي الغربي أو الشمالي الغربي)، وأخيراً الرياح الشرقية.

**معجم**

**إعصاري عكسي، إعصاري:** الحركة الإعصارية العكسية هي حركة التيارات التي تنشأ باتجاه عقارب الساعة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية (وبالاتجاه المعاكس في النصف الجنوبي منها)، وإعصارية تلك التي تنشأ في الاتجاه المعاكس.

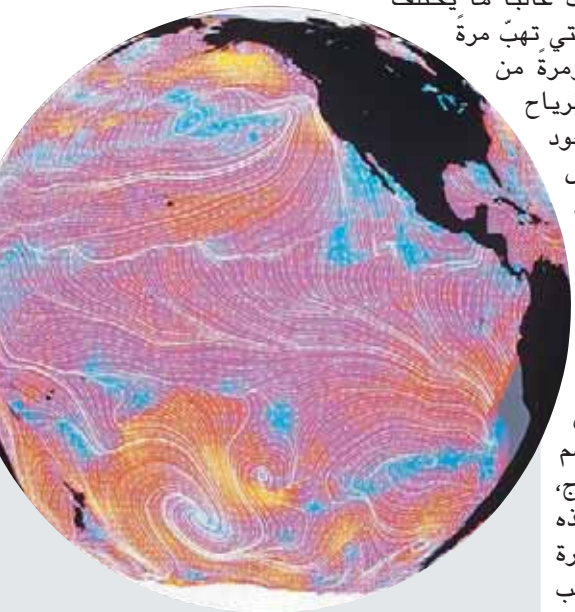
## دوّامات ضخمة

عند خطوط العرض المنخفضة والمتوسطة، ينتهي أمر دورة المياه السطحية بدوامات كبيرة تُعرف باسم دوامات إعصارية عكسية، تنقل المياه بينما تدور باتجاه عقارب الساعة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وبالاتجاه المعاكس في النصف الجنوبي منها. عند غرب المحيطات، تبتعد تيارات ضيقة وشديدة عن خطّ الاستواء لتقترب من القطبين (تيارات كوروشيفو، أستراليا، فلوريدا، البرازيل...) وليحلّ محلها عند خطوط العرض 30 إلى 40 درجة أوردة مياه واسعة، أي التيارات المنحرفة، التي تتجه نحو الشرق (تيار الأطلسي الشمالي المنحرف، تيار الهادئ الشمالي المنحرف، التيار القطبي الجنوبي). أخيراً، تغلق التيارات العائدة – نحو الشمال أو الجنوب – المسار العام (تيارات كاليفورنيا، هامبولدت، جزر الكناري، بنغيلا...).

**تعرجات لا نهاية لها**

على الرغم من أنها إذ تبدو مبسطة لضرورات محددة، إلا أن خرائط التيارات تمنح صورةً خداعةً عن حركة المياه: فقد تمّ وضعها اعتباراً من المعدلات المتوسطة ولا تعكس تنوع التعرجات والدوامات التي تتغير شدتها بحسب الزمان والمكان.

يشكل المحيط الهندي حالةً خاصة، حيث غالباً ما يختلف نظام الرياح الموسمية التي يتميز بها والتي تهبّ مرةً من الجبال (الرياح الموسمية الشتوية) ومرةً من المحيطات (الرياح الموسمية الصيفية) عن الرياح التجارية العادية. يُضاف إلى ذلك وجود الكتل القارية (اليابسة) التي تكاد تلامس خطّ الاستواء. وبهذا تكون دورة المحيط الهندي محصورة جداً في جزئها الشمالي مقارنة بالدورة التي تحكم مياه المحيط الأطلسي، بحيث أن نظام الرياح بأكمله قد دُفع نحو الجنوب عند خط العرض 10 درجات. على مقربة من القطبين، تضرب دوامات يعاكس اتجّاهها اتجاه تلك التي تسود في المياه المعتدلة والتي تُعرف باسم العقد الإعصارية، حيث تشكل تيارات النروج، ألاسكا أو لابرادور جزءاً منها. تبدو هذه التيارات أوضح في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. في الجنوب، يولد وجود قارة القطب الجنوبي أنواعاً أخرى من الرياح تختلف عن رياح مناطق خطوط العرض المرتفعة مما يغير المعطيات. ويبقى أن نذكر بعض العقد الإعصارية في بحر ويديل وبحر روس.

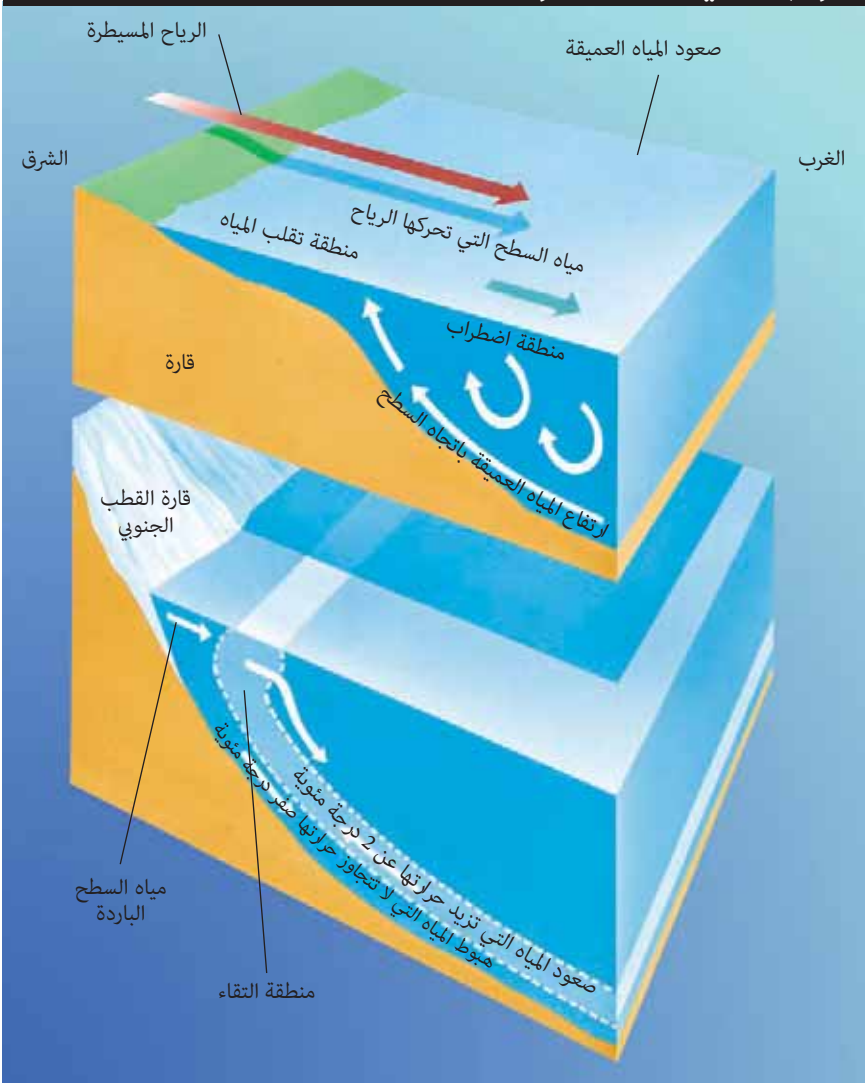


**تنشأ** التيارات المحيطية عن الرياح. وإذ تتحرك من مناطق الضغط الجوي المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، تنحرف يميناً في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ويساراً في نصفها الجنوبي.

## تقعرات وتحدبات على سطح المحيط

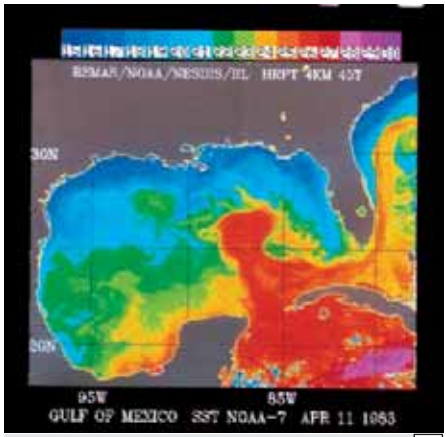
قد يُعتبر نظام الهواء سبب الدوامات التي تنشأ عن التيارات، إلا أنه ليس السبب الوحيد: فطوبوغرافيا المحيط تؤدي أيضاً دوراً أساسياً. لنأخذ على سبيل المثال النصف الشمالي من الكرة الأرضية؛ فتحت تأثير انحرافات كوريوليس، تدفع رياح القسم الجنوبي – الغربي (الغربيات) كتلاً مائية ضخمة نحو الجنوب، في حين تنقل الرياح التجارية كميات كبيرة نحو الشمال. نتيجةً لذلك، تتجمع المياه في وسط الدوامات التي تتجه نحو الضغط الجوي المرتفع لتشكّل «حدبات» قد يتخطى ارتفاعها المتر. خلافاً لذلك، تأخذ الرياح الشرقية في مناطق خطوط العرض المرتفعة المياه باتجاه الشمال في حين تنقلها الغربيات باتجاه الجنوب: فتصبح المياه ضائعة بين الشمال والجنوب، فتنخفض المياه بالتالي في قلب الدوامة المتجهة نحو الضغط الجوي المنخفض. فالمياه بطبيعتها تجري دائماً من الأعلى إلى الأسفل، لكن قوى كوريوليس تغير من مسارها، فتسير بذلك في شكلٍ متعامد مع الانحدار وتتحرك في شكلٍ دائري.

# حزام المحيطات المتحرك




بعد أن تُبعد الرياح المياه السطحية عن سواحل القارات الغربية، تصعد المياه العميقة إلى السطح لتحل مكانها. أما حالة قارة القطب الجنوبي فتبدو مختلفة: فعلى السطح، يترافق هبوط المياه الباردة الكثيفة مع ارتفاع المياه العميقة.

عملياً، لا يُعزى مدى هذه التقعرات والتحدبات إلى الرياح ودورة الأرض حول نفسها فحسب، إنما إلى كثافة المياه التي تعتمد بدورها على درجة الحرارة ونسبة الملوحة. كلما كانت هذه الكثافة أكبر، تمددت المياه، وارتفع بالتالي منسوبها: فعلى سبيل المثال، تكون المياه أعلى في بحر سارجاس مما هي عليه في تيار الخليج، وأقل في البحر الأبيض المتوسط مما هي عليه في المحيط الأطلسي.




**على غرار تيار الخليج** (غلف ستريم) الذي يعبر شواطئ فلوريدا، تنقل التيارات الحارة الواقعة عند الجزء الغربي من المحيطات مياهها باتجاه القطبين.

## تحدبات في غرب المحيطات

يكون مستوى المياه أعلى عند السواحل الغربية للمحيطات وذلك لسببين: الأول عائد إلى ضعف تأثير كوريوليس على مقربة من خط الاستواء، وبذلك يتمّ دفع المياه باتجاه الرياح أي غرباً. كذلك تبلغ أشعة الشمس أقصاها في هذه المنطقة؛ فترتفع درجة حرارة المياه بشدة وتتمدد. حين تصل المياه إلى قارة ما بعد هذه الرحلة الطويلة غرباً، تتجمع عند السواحل إلى أن تصل إلى مستوى أعلى بـ 50 سم من جهة الحوض المحيطي الأخرى. وبالتالي، يغذي جزء من المياه التيارات التي ترتفع باتجاه خطوط العرض العليا، فيما يتبع جزء آخر اتجاه المنحدر ويشكل عند مستوى غير عميق تيارات عودة باتجاه الشرق؛ تعرف بالتيارات التحتية الاستوائية.

**معجم**

**تيار تحتي**: تيار لا ينقل المياه إلا تحت سطح البحر.

**سفيردروب**: وحدة قياس تستعمل لقياس تدفقات المياه المنقولة وتساوي مليون متر مكعب في الثانية.

## تيارات عمودية

تحصل حركات المياه هذه جميعها في شكل أفقي، إلا أن بعضها الآخر يحصل في شكل عمودي: على الشواطئ الشرقية للمحيطات، تدفع الرياح المياه باتجاه عرض المحيطات، ما يؤدي إلى ارتفاع المياه العميقة لتحل محلها ضمن ظاهرة تُعرف باسم تقلب المياه. وتنشأ بعض التيارات الصاعدة حيث تتباعد التيارات السطحية في حين أن المياه تميل إلى الغوص في المناطق حيث تلتقي التيارات. تشكل هذه الظاهرة، مترافقة مع بعض الشروط ذات الصلة بالحرارة والملوحة، سبب تغيّر المياه العميقة.

### ملايين الأمتار المكعبة من المياه

تُعد الكتل المائية التي تنقلها التيارات البحرية الكبيرة كبيرة للغاية. ينقل تيار الخليج كلّ ثانية نحو 30 مليون متر مكعب من المياه على طول شواطئ فلوريدا وأكثر من 100 مليون في عرض البحر قبالة جزيرة تيرنوف (الأرض الجديدة). وهي أرقام لا بدّ من مقارنتها بأنهار الأرض جميعها التي بالكاد تبلغ مليون متر مكعب.

# حين تصبح المياه ثقيلة جداً

تحت تأثير التبخر وانخفاض الحرارة، تصبح المياه أكثر كثافةً ووزناً، فتغوص إلى الأعماق في مناطق خطوط العرض العليا لتجول بعد ذلك حول العالم.

## فوارق في الكثافة

حين تتبخر مياه البحر بفعل الرياح الشتوية، أو تتجمد بفعل البرد، ترتفع نسبة ملوحتها وتنخفض حرارتها. هذان المعياران يتحكمان بكثافة المياه، فتميل مياه السطح التي تصبح أكثر كثافة إلى الغوص إلى الأعماق. تزداد هذه الظاهرة حدة كلما ارتفعت نسبة الملوحة، وتولد في المناطق القطبية المياه التي توجد في أعماق المحيطات. تُعرف دورة هذه المياه العميقة ذات الصلة بالحرارة ونسبة الملوحة باسم الدوران الحراري الملحي الذي نلاحظه في شكل متقطع في شمال المحيط الأطلسي لا سيما قبالة النروج وغرينلاند ولابرادور، إذ يحدث في كل مرة أن المياه ذات الملوحة العالية (25، 35 في الألف) التي ترتفع من البحر الكاريبي بفعل تيار الخليج (غلف ستريم)، تنخفض درجة حرارتها في شكل مفاجئ، فترتفع كثافتها وتغوص إلى الأعماق وتتراكم في أعماق البحر مقابل النروج إلى أن تملأه في شكل كاف لتتجاوز العقبة التي تعيقَ مرورها إلى المحيط الأطلسي. تتغلغل المياه تدريجياً ثم تتجه نحو قارة القطب الجنوبي حيث تلتقي مع مياه عميقة أخرى.

### لا غنى عن البحر الأبيض المتوسط

لو لم يكن هذا البحر موجوداً لكانت الدورة الحرارية الملحية لتكون أقل قوة. تتشارك مياهه ذات الملوحة العالية (38.5 في الألف عند خروجها من مضيق جبل طارق) مع مياه الأطلسي. على غرار البحر الأحمر في المحيط الهندي، يشكل المتوسط في ما دون الألف متر عمقاً ألسنة مياه مالحة ممتدة في المحيط الأطلسي.

**في بحر روس** (في الصورة الحاجز الجليدي الكبير المحاذي له)، ولا سيما في بحر ويديل، تغوص المياه التي أصبحت أكثر ملوحـةً وبرودةً في الخريف والشتاء إلى الأعماق.

## المياه العميقة في قارة القطب الجنوبي

من قارة القطب الجنوبي وحتى خط العرض الجنوبي 60 درجة، يتراكم الجليد البحري. أثناء الخريف والشتاء الجنوبي (بين شهري نيسان/أبريل وتشرين الأول/ أكتوبر)، يأخذ هذا الجليد ما يحمله البحر من مياه عذبة، فيجعلها أكثر ملوحة بالمقارنة مع المياه المحيطة. تساهم درجات الحرارة المنخفضة جداً في هذه المناطق في ترسيب المياه المالحة باتجاه الأعماق. في بحر ويديل، وبمقدار أقل في بحر روس، تغوص المياه إلى ما دون 4000 متر وتشكل مياه قارة القطب الجنوبي العميقة. في المقابل، تغوص مياه قارة القطب الجنوبي المتوسطة تحت المياه الأكثر دفئاً، إلا أنها تبقى فوق المياه الكثيفة الآتية من الأطلسي. للوصول إلى تلك البلدان، تستغرق المياه ما لا يقل عن 500 عام، علماً أن متوسط سرعتها يبلغ نحو ميليمتر في الثانية. يصعد جزء من هذه المياه إلى السطح على مقربة من قارة القطب الجنوبي حيث تستجلب التيارات السطحية المتعاكسةً الاتجاهات المياه من الأعماق. إلا أنها في الوقت عينه، سوف تغتني ببطء من مياه أعماق قارة القطب الجنوبي الغنية بالأملاح المغذية والأوكسيجين. إلا أن رحلتها لا تنتهي هنا: إذ سوف تتجه نحو المحيط الهندي والمحيط الهادئ، إذ إنها في الواقع، تقوم بجولةٍ كبيرة حول العالم لتصل في نهاية المطاف إلى شمال المحيط الأطلسي.

### معجم

**تقلب المياه**: حركة تصاعدية من مياه القاع الباردة في البحر في مناطق خطوط العرض المنخفضة عند الشواطئ الغربية للقارات والتي تتولد بفعل هجرة المياه السطحية نحو عرض البحار.

**تيارات التعويض**: مياه تجري على السطح أو في الأعماق وتلغي فائض أو نقص المياه في منطقة معينة من المحيط العالمي. وتُعد التيارات الاستوائية التحتية أفضل مثال على ذلك.

# قدرة المحيط على ضبط المناخ

يخزن المحيط الحرارة في شكل فاعل، إلا أنه بإمكانه أن يعيد توزيعها من طريق التيارات. وبهذا، يؤدي دوراً أساسياً في ضمان التوازن الحراري، وتالياً المناخ على الأرض.

## في السنتيمترات العشرة الأولى

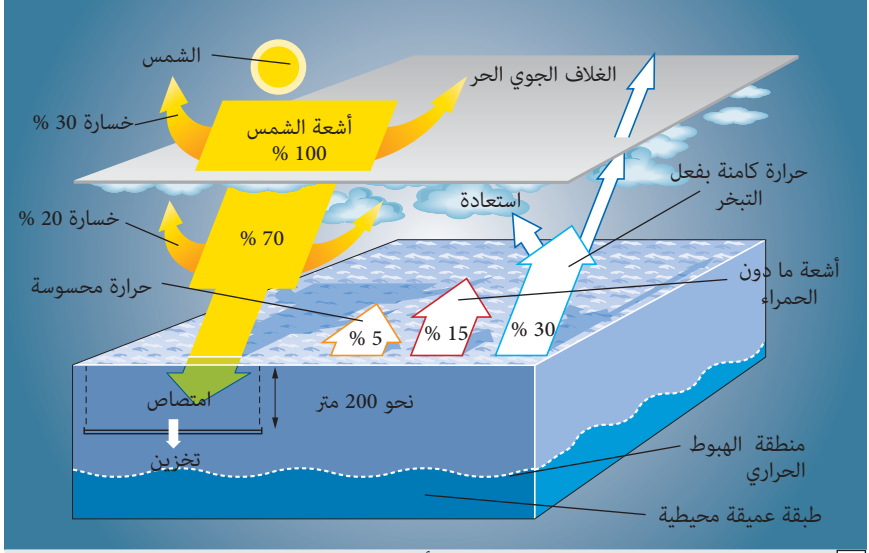
يتمتع المحيط في السنتيمترات العشرة الأولى من طبقته السطحية بالقدرة على امتصاص الأشعة ما دون الحمراء التي ترسلها الشمس، وعلى تحويلها إلى حرارة. بالنتيجة: يصل متوسط درجة حرارة سطح المحيطات السنوية إلى 17.5 درجة، مقابل جو ترتفع درجة حرارته قليلاً عن 14 درجة. وهكذا لا تتفاعل الأجسام الصلبة والسائلة والغازية وفق الطريقة عينها إزاء أشعة الشمس، حيث إن طبقة من مياه البحر يصل ارتفاعها إلى 2.60 متر تخزن كمية من الحرارة تفوق عمود الهواء الذي يعلوها. إلا أن عمق المحيطات يصل إلى أكثر من 3000 متر. في النهاية، لا تتغير درجة حرارة المياه عند سطح البحر أكثر من 5 درجات مئوية على مدى الفصول، في حين أن الفروقات الحرارية في القارات يمكن أن تصل إلى 40 درجة. في المحصلة، يؤدي المحيط دوراً أساسياً في ضبط الحرارة بحيث يمكن مقارنته بآلة عملاقة لضبط الحرارة، التي تبدد الحرارة أو تكدسها وفقاً للحاجات.

**بوصفه آلة ضبط** حرارية عملاقة، يعمل المحيط ضمن علاقة وثيقة جداً مع الغلاف الجوي. فبحسب الفصول وخطوط العرض، يقوم بتخزين الحرارة، أو بتبديدها.

## ثلاثة مستويات ضبط

يحصل الضبط المحيطي للمناخ على مستويات مختلفة. يعيد المحيط إرسال الأشعة دون الحمراء نحو الغلاف الجوي، إلا أنه يمنحه أيضاً بعضاً من حرارته لكونه موصلاً جيداً للحرارة، فيرفع حرارة الجو الذي تكون حرارته أقل ارتفاعاً. قد يمنح المحيط أيضاً الجوّ بعضاً من طاقته على شكل حرارة كامنة، أي حرارة متوافرة في شكل شبه فوري؛ إذ لا تعيد المياه، التي تحول جزء منها إلى بخار، الحرارة إلى الجو إلا في حال تكثفت عند الارتفاعات المتوسطة أو العالية لتشكل الغيوم.

يمكن أن نشعر بتدفق الحرارة هذا على الصعيدين الزمني والمكاني. في الشتاء،




**التبادل بين المحيط والغلاف الجوي.** يخزن المحيط أشعة الشمس التي تضرب سطحه في خلال الفصل الحار، في الأعماق. حين يحلّ البرد، يعيد الحرارة إلى الغلاف الجوي تحت أشكال عدة.

تُبعث الحرارة التي خزنتها المياه أثناء الربيع والصيف باتجاه الغلاف الجوي، الأمر الذي يفسر حقيقة أن يكون المناخ أكثر لطفاً أثناء الشتاء في المناطق القريبة من المحيط مما هو عليه وسط القارة. بينما ترفع المياه الحارة باتجاه المناطق الباردة، تؤدي التيارات البحرية السطحية في هذا الصدد دوراً أساسياً بفضل التعاون الوثيق بين المحيط والغلاف الجوي. ترفع الشمس درجة حرارة المناطق القريبة من خط الاستواء. يميل الهواء الحار والخفيف إلى الارتفاع للوصول إلى القطبين، وهناك يتراجع، عندما تنخفض حرارته، عائداً إلى خط الاستواء. تخلق هذه الظاهرة رياحاً تكون أساساً للتيارات البحرية السطحية. تدفع هذه الرياح المياه الحارة المدارية باتجاه مناطق خطوط العرض العليا حيث تبرد مع فقدانها لحرارتها لصالح الغلاف الجوي الذي تسخّنه. وإذ تصبح أكثر برودةً وكثافةً، تغوص هذه المياه وتعود أدراجها بواسطة الدورة الحرارية الملحية. وبهذا تكون الحلقة حلقة مفرغة.

## مسألة توازن

في شكل عام، يتميز السلّم الحراري للأرض بالاستقرار تقريباً، لأنها تتلقى سنوياً كميات من الحرارة تساوي تلك التي تفقدها. إلا أن الأمر ليس كذلك في بعض مناطق الكرة الأرضية: فمناطق خطوط العرض المنخفضة تتلقى كميات فائضة من الحرارة، ومناطق خطوط العرض العليا تخسر كميات كبيرة من الحرارة، وهذا ما يشير إلى وجود عملية انتقال للحرارة بين خطوط العرض السفلى والعليا. تشارك المحيطات في هذه العملية بمعدل يتراوح بين 30 و50 %.

**معجم**

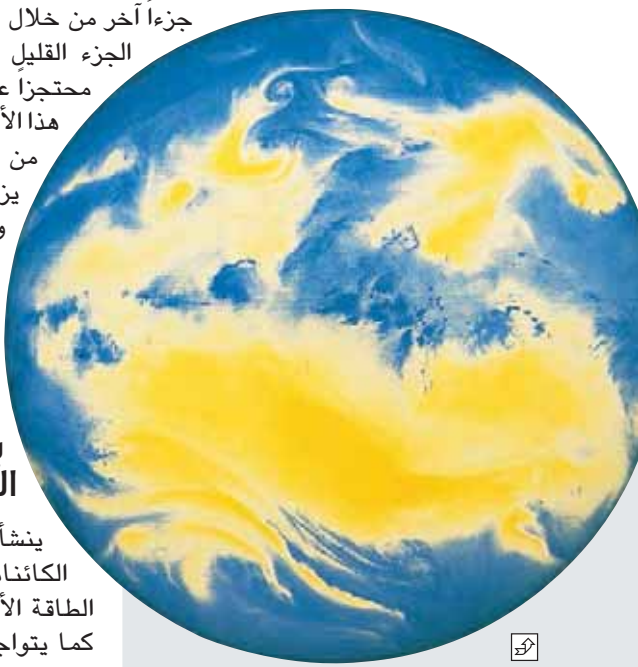
**توصيل:** انتقال الحرارة الناجم عن الفارق الحراري.
**حرارة كامنة:** حرارة يتم نقلها أثناء عملية تكثف بخار الماء.
**أشعة ما دون الحمراء:** أشعة شمسية يقل طول موجتها عن طول موجة الضوء الأحمر.

# المحيط: حارس التوازنات

| |
|---|
| يتداخل المحيط وشريكه الغلاف الجوي في شكل جوهري في دورات العناصر الأربعة الضرورية للحياة: المياه، الكربون، النيتروجين والأوكسيجين. |

## خزان مياه واسع

يحتوي المحيط العالمي الذي يصل حجم مياهه إلى 1350 مليون كلم$^3$ أكثر من 97 % من مياه الكوكب، ما يجعله أكبر خزان مياه. في ظل عملية التبخر، التي غالباً ما تكون كثيفة في المناطق المدارية حيث تصل الحرارة إلى 30 درجة، يمنح المحيط الغلاف الجوي كميات من المياه تفوق تلك التي يقدمها التبخر والنتح النباتي بخمس مرات. يعيد الغلاف الجوي إلى المحيط جزءاً من هذه المياه على شكل متساقطات، في حين يستعيد جزءاً آخر من خلال المياه الجارية والمياه الجوفية. أما الجزء القليل المتبقي (25 مليون كلم$^3$) فيبقى محتجزاً على شكل جليد. لذلك، ما إن يكتسب هذا الأخير حجماً حتى يفقد المحيط بعضاً من حجمه، في حين أن ذوبان الجليد يزيد من حجمه. تعتبر هذه الظاهرة واحدة من تلك التي نخشى نتائجها بفعل أثر غازات الدفيئة والاحتباس الحراري الذي قد ينتج منها.
إلا أن المحيط يؤدي في هذا السياق تحديداً دوراً آخر؛ إذ يشكل مصيدة حقيقية لثاني أكسيد الكربون.



يكون التبخر، الذي يعيد للغلاف الجوي على شكل بخار ماء (باللون الأصفر) بعضاً من الحرارة التي يخزنها المحيط، أكثر كثافةً في المناطق المدارية.

## بئر من ثاني أكسيد الكربون

ينشأ ثاني أكسيد الكربون عن تنفس الكائنات الحية، والنشاط البركاني، وحرق الطاقة الأحفورية، ويتواجد في المياه تماماً كما يتواجد على الأرض لتستعمله النباتات في عملية التمثيل الضوئي. ولكن يتم امتصاص هذا الغاز في المحيطات مدموجاً مع الكالسيوم المتواجد في صدف الكائنات

البحرية، أو يُضخ بكميات كبيرة بفعل تبادل الغاز مع الغلاف الجوي. وحيث إن ثاني أكسيد الكربون يملك في الهواء ضغطاً أعلى مما هو عليه في طبقات المحيط السطحية، فإن المحيط يمتصه. عملياً، يعتمد ضغط ثاني أكسيد الكربون الذائب في المياه على حرارة المياه، وعلى النشاط البيولوجي والتيارات. وإذ يبلغ حدّه الأدنى في المياه السطحية، يزداد هذا الضغط أثناء رحلته الطويلة في الأعماق. وعندما تصعد من الأعماق في مناطق تقلب المياه على مقربة من خط الاستواء، تحرر المياه فائض ثاني أكسيد الكربون لصالح الغلاف الجوي.

في المقابل، تساهم عملية الضخّ العكسية (الامتصاص) التي تتم في مناطق خطوط العرض العليا لتعوّض هذه الخسائر. في المحصلة، يؤدي المحيط دور بئر من ثاني أكسيد الكربون؛ إذ يمتص كميات من هذا الغاز تفوق تلك التي يبعثها. كل عام، يتمّ إنقاص نحو 2 مليار طن من الكربون من الغلاف الجوي. ولما كان الإنسان يبعث 7 مليار طن سنوياً، يعجز المحيط عن امتصاص هذه الكمية الإضافية، إلا أنه يبدو قادراً على التأقلم من خلال زيادة قدراته التخزينية في شكل تدريجي. وقد ارتفع ضغط ثاني أكسيد الكربون الذي تمّ قياسه في مياه المحيط السطحية وكذلك العميقة الفتية بنسبة معينة في خلال قرن من الزمن. ويبقى أن ندرك إلى أي مدى سوف يستطيع المحيط – جزئياً – تعويض فضلات الكربون التي يرسلها الإنسان إلى الغلاف الجوي.

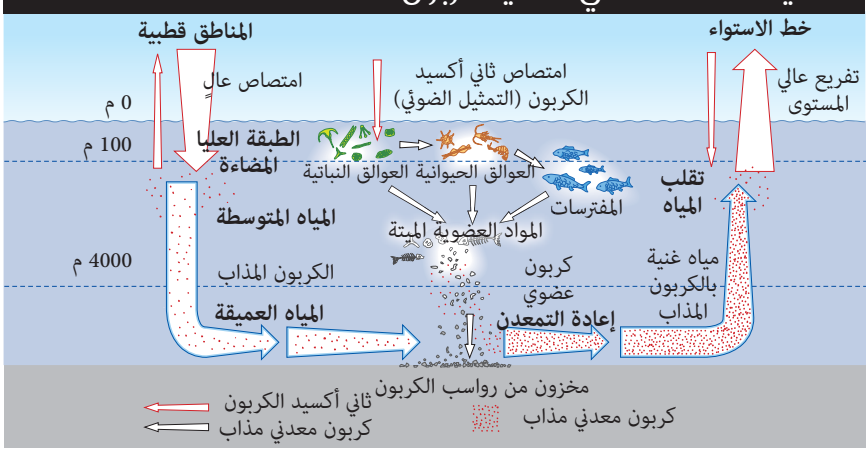
## معجم

**التبخر**: تمتلك جزيئات المياه التي تحركها الرياح أو تسخنها الشمس الطاقة الضرورية للتحول من سائل إلى غاز: هذا هو التبخر.

**نتح**: تفقد النباتات عبر فتحات صغيرة في أنسجتها بعضا من مياهها على شكل بخار ماء، وهذا ما يُعرف بعملية النتح والتبخر.

**غازات الدفيئة**: حجز الأشعة ما دون الحمراء التي ترسلها الأرض من قبل بعض الغازات (بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون وعدد من الغازات الأخرى المتواجدة في الغلاف الجوي)، مما يساهم في رفع حرارة الأرض.

## المحيط: مضخة لثاني أكسيد كربون



**تبقى المياه السطحية** فقيرة بالعناصر المعدنية بفعل نشاط العوالق النباتية البيولوجي الكثيف.

## وفيرة في الأعماق، قليلة عند السطح

### الأعماق

على الرغم من أن النيتروجين المذاب لا ينقص في المحيط، إلا أن الكائنات التي تستطيع امتصاصه نادرة للغاية. يُستعمل النيتروجين في شكل أساسي على شكل نيترات ($NO_3^-$) وأمونيوم ($NH_4^+$). تحب العوالق البحرية كثيراً شكل النيتروجين هذا بحيث ينعدم تركز النيترات في المياه السطحية ويزداد مع العمق، على غرار مختلف أنواع الكائنات الكيميائية الأخرى تقريباً المتواجدة في المحيط.

على غرار الكربون، يندر وجود عدد من العناصر الكيميائية الضرورية للحياة (حديد، نيتروجين، كبريت، فوسفور) عند السطح، إلا أنها أكثر وفرة في الأعماق. تشير هذه الندرة إلى النشاط البيولوجي الكثيف الذي يسود طبقات المياه المضاءة، حيث تمتص العوالق النباتية النيترات الذي ينشأ عن عملية أكسدة النيتروجين ليُفرز بعد ذلك في الأعماق بفعل عملية التحول الكيميائي للفضلات العضوية التي تسقط فيها. للأسباب عينها، يتوزع الأوكسيجين في شكل معاكس، إذ يصل تركيزه إلى الحدّ الأقصى عندَ المياه السطحية التي تتأثر

بالرياح، وينخفض كلما اتجهنا نحو الأعماق. علاوةً على ذلك، يضطلع وجود الحديد في المياه السطحية بدور مهم. تحصل المياه السطحية على هذا العنصر من الأنهار ومن الرواسب الساحلية أو صعود المياه العميقة إلى عرض البحر، وكذلك من الرياح التي تأتي من مسافات بعيدة جالبةً معها من الصحارى غباراً يحمل جزيئات من الحديد.

عندما تنقص كمية الحديد التي تحصل عليها مياه المحيط، كما هي الحال في المنطقة الاستوائية الشرقية من المحيط الهادئ وشمال الهادئ، يضعف التمثيل الضوئي حتى وإن كانت مياه السطح غنية بالأملاح المغذية.

### زوجان لا يفترقان

تضعف أحياناً الرياح التجارية التي تدفع عادةً مياه سواحل البيرو نحو عرض البحر، بحيث تتوقف المياه الغنية بالأملاح المغذية عن الصعود من الأعماق؛ إلا أن سمك الأنشوفة لا يحبذ هذا الأمر فيُستنفد مخزونه من الأملاح المغذية. يُطلق على هذه الظاهرة التي تحصل في خلال فترة عيد الميلاد اسم النينيو. وغالباً ما تترك آثاراً عالمية تتجلى في موجات من الجفاف والدوامات والعواصف الهوجاء، الأمر الذي يعكس الروابط الوثيقة التي توحد المحيط بالغلاف الجوي.

## مصدر للأوكسيجين

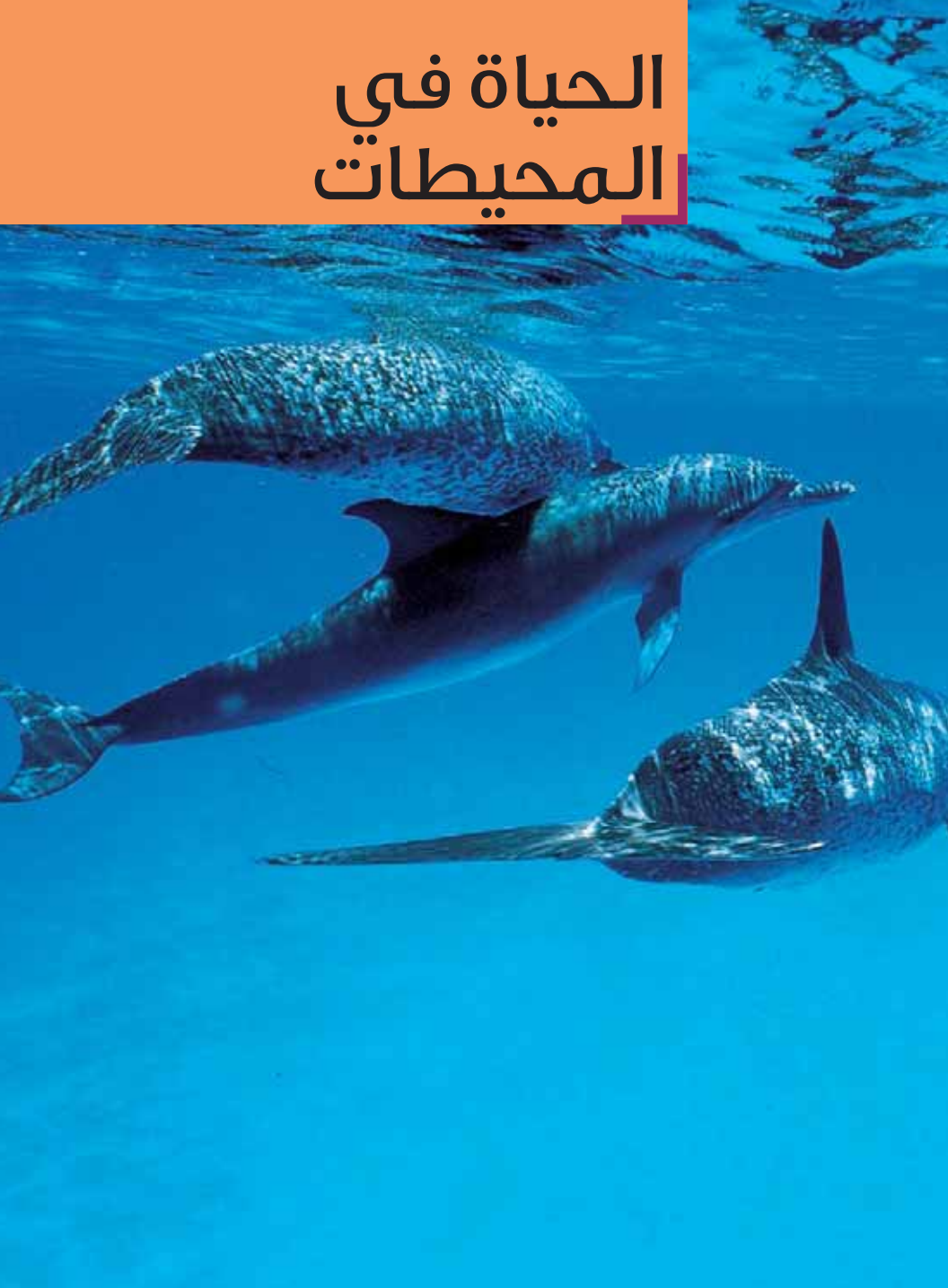
على غرار الغازات الأخرى، يتم تبادل الأوكسيجين دائماً بين الهواء والمياه في طبقات المحيط الأقل عمقاً. يشكل الأوكسيجين بعد النيتروجين أحد غازات الغلاف الجوي الأساسية ويمثل نسبة 20 % منها. إلا أنه يُعتبر أيضاً عنصراً ثانوياً ينتج من عملية التمثيل الضوئي، إذ تتخلص الطحالب والعوالق النباتية البحرية التي تنتج حاجتها من السكر من طريق ثاني أكسيد الكربون والمياه والضوء، من الأوكسيجين. هذه هي الآلية التي سمحت للحياة بأن تتطور على الأرض، وهي تقدّم الكمية الأكبر من الأوكسيجين على كوكبنا. في المياه، يكون الأوكسجين أكثر ذوباناً كلما كانت الحرارة أقل. يُستعمل الأوكسيجين في أكسدة عدد من المكونات العضوية ما يفسر تركيزه المنخفض حيثما تتراكم فضلات الكائنات. وبهذا يتعارض توزع الأوكسيجين العمودي بالكامل مع توزع العناصر الكيميائية الأخرى. وبينما تصبح مياه المحيط الأطلسي أغنى بالنيترات وثاني أكسيد الكربون على مدى مسارها في الأعماق، فإنها تفقد ما تحمله من أوكسيجين. ويحصل كلّ ذلك في ظل إشراف دقيق من المحيط، لأنه بحركاته وعمليات إعادة التدوير التي يقوم بها، يسهر على توازن هذه العناصر.

فضلاً عن كونه أكبر خزان كائنات على الكوكب، يُعتبر المحيط أيضاً المكان حيث يتواجد أكبر عددٍ من الوسطاء بين منتجي المادة العضويةٍ ومستهلكيها. تأقلمت الحياة مع الشروط التي حظيت بها: وبهذا نجد كائنات تجول مع التيارات، في حين تستطيع أخرى المقاومة والسباحة بنشاط، أما القسم الأخير فيبقى غائراً في الرمل أو ثابتاً على الصخور...

قد تكون الحياة أحياناً مترفة كما هي الحال في الشعاب المرجانية، أو معدمة تفتقر إلى كلّ شيء كما هي الحال في الأعماق السحيقة.

**في الأعماق البحرية،** يتقاسم الدلفين قمة الهرم البيئي مع ثدييات بحرية كبيرة أخرى ومع أسماك القرش.

# الحياة في المحيطات



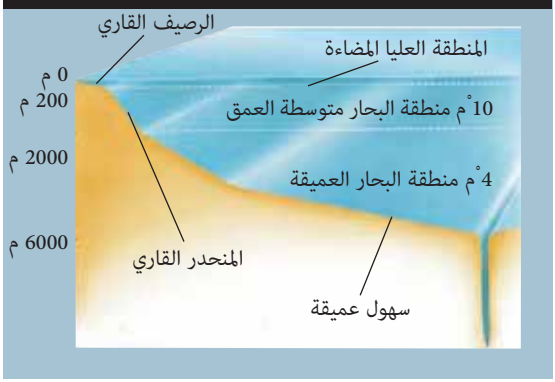
# القيود المكانية

قد يبدو المحيط في الظاهر واحة حياة، إلا أنه في الحقيقة يطرح قيوداً عديدة لأن الحرارة والضوء يختلفان وفقاً للعمق، كما أن الأملاح المغذية تتوافر في شكلٍ عشوائي في المحيط...

## الضوء، مصدر حياة

تماماً كالنباتات التي تنمو على الأرض الصلبة، تنتج الطحالب حاجتها من السكر بفضل الضوء وذلك من طريق التمثيل الضوئي. تشكل هذه النباتات غذاءً للحيوانات التي تتحول بدورها إلى وجبة لأكلة اللحوم وهكذا دواليك لتستمر دورة السلسلة الغذائية. ولكن في حين لا تفتقر الكائنات للضوء على سطح اليابسة، تمتص المياه أشعتها في شكل سريع. عند عمق معين، يُطلَق عليه اسم عمق التعويض، تعادل كمية السكر التي تنتجها الكائنات بفعل التمثيل الضوئي تلك التي تستخدمها الكائنات للتنفس. يتفاوت هذا العمق، الذي يحدد سماكة الطبقة التي تُعرف بالطبقة العليا المضاءة، بحسب الساعة والفصل وشفافية المياه؛ فهي لا تتخطى الأربعين متراً قرب سواحل المناطق المعتدلة، إلا أنها قد تغوص إلى أكثر من 100 متر في مياه المناطق المدارية الصافية. وهكذا، يمكن أن تعيش الحيوانات في ما بعد هذه الأعماق، إلا أنه لا مجال البتة لنمو النباتات.

**مناطق الحياة تحت البحرية**




## أهمية الأملاح في عملية النمو

فضلاً عن الضوء، تتطلب عملية التمثيل الضوئي ثاني أكسيد الكربون والأملاح المغذية. دائماً ما يتواجد ثاني أكسيد الكربون بكميات كافية حتى وإن كان أكثر وفرةً في المياه الباردة والأعماق مما هو عليه في المياه السطحية المضاءة. إلا أن الأمر ليس سيان بالنسبة إلى الأملاح المغذية. وبذلك، يشكل النيتروجين بنيتراته والفوسفور بفوسفاته عوامل حدّ: فالمياه البحرية التي تغذيها الأنهار أو تصاعد المياه العميقة هي وحدها التي تحتوي على كميات كبيرة من الأملاح المغذية في شكلٍ يسمح للطحالب، أولى حلقات الدورة الغذائية، بالنمو.

**تتوزع الحياة البحرية** في المقام الأول وفقاً للضوء. تبدو الحياة البحرية أكثر غنى في المئتي متر الأولى من العمق، حيث يمكن التمثيل الضوئي أن يأخذ مجراه.

يُضاف إلى ذلك أثر معدل درجات الحرارة الذي يخمد فوقه أو تحته النشاط النباتي. إلا أن لمستوى أوكسيجين المياه، الذي يزداد مع تراجع الحرارة، أهمية كبيرة.

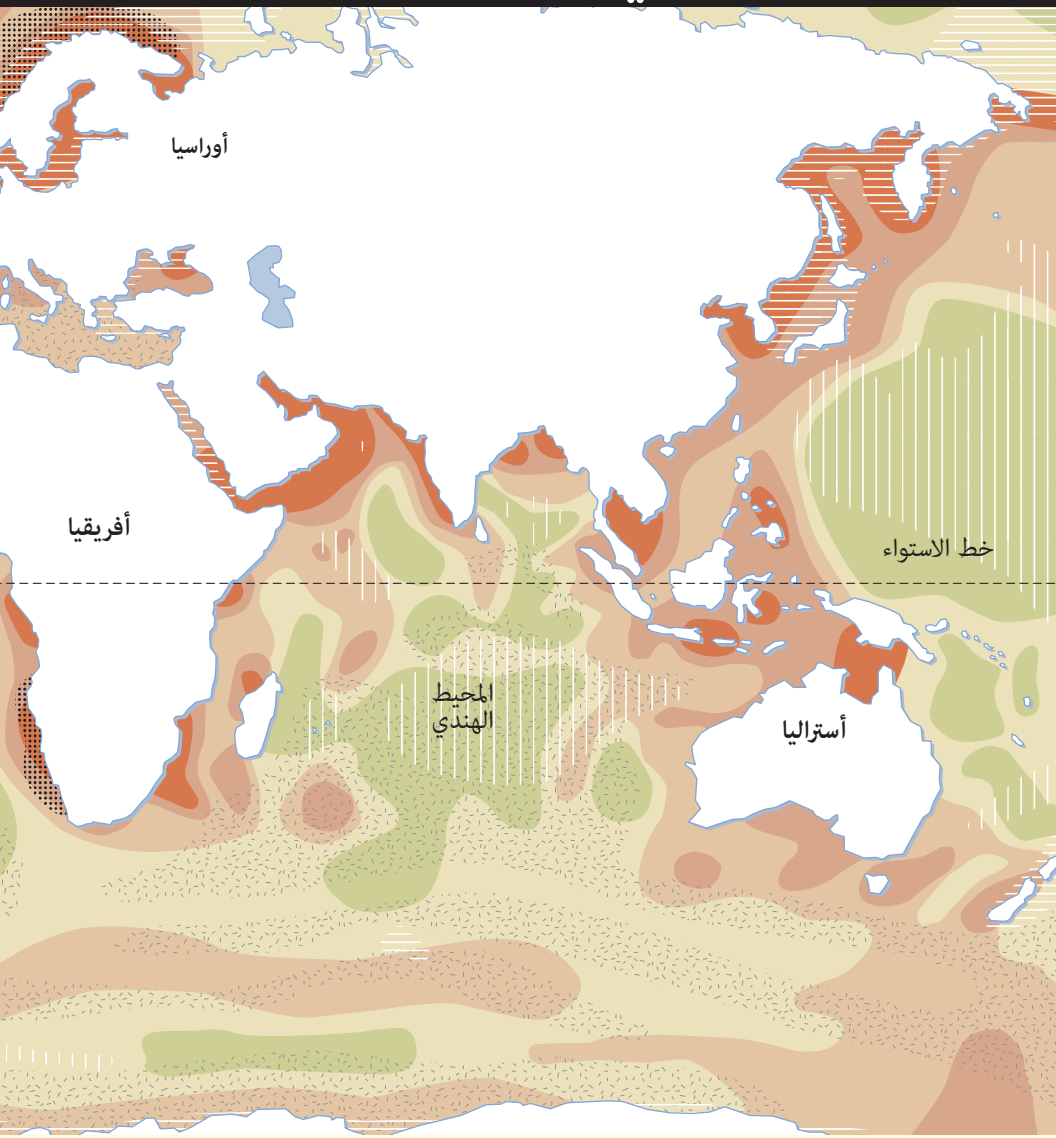
## الحياة في المياه المفتوحة أو على القاع

من المفارقة أن نجد أن الكائنات يقلّ وجودها في المياه الحارة رغم أنها تضم كائنات متنوعة جداً: إذ تشير الإحصاءات إلى أن كل متر مربع من المياه في مناطق ما بين المدارين يحتوي على 0.5 كلغ من المواد الحية، في حين أن هذه المواد قد تصل إلى 2 كلغ/ متر مربع في مناطق خطوط العرض المتوسطة والعالية. علاوةً على ذلك، يبدو عرض المحيطات كصحراء حقيقية لأن الحياة تتركز في منطقة الرصيف القاري (عند عمق يتراوح بين 0 و200 متر، عند سواحل القارات). تعيش كائنات السطح بشكل معلق في المياه المفتوحة، في حين أن كائنات أخرى تُعرف باسم الكائنات القاعية تفضل العيش في القاع. ولا بدّ من الإشارة إلى أن الحدود بين هذين العالمين تبقى غير واضحة. في الواقع، تمضي كائنات على غرار بعض الديدان، والرخويات، والقشريات والأسماك حياتها اليرقية في التنقل بين مياه الوسط ومياه القاع، قبل أن تنتقل إلى مرحلة البلوغ التي تستقر في خلالها على ركيزة تختارها بنفسها.

**خريطة** (على الصفحتين التاليتين)

تتركز الحياة في المياه قرب السواحل التي تستفيد من كميات الأملاح المغذية التي ترد ها لا سيما في غرب القارات. في المقابل تبدو المناطق الواقعة وسط الدورة المحيطية كصحراء بيولوجية حقيقية، حيث تندر العوالق النباتية، والعوالق الحيوانية، والقاعيات.

# توزع الحياة في المحيطات

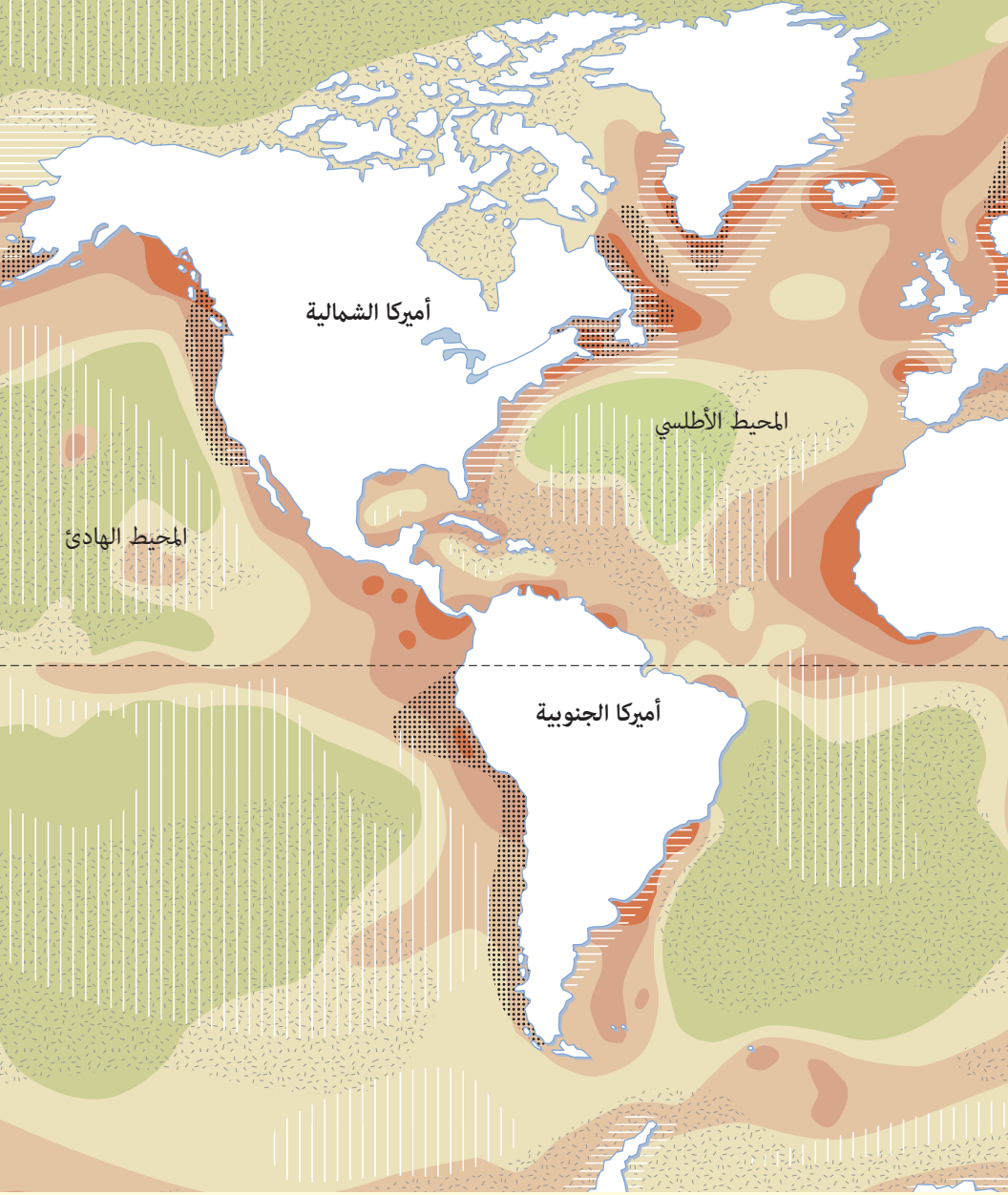



إنتاج العوالق النباتية (ملغ كربون/ م$^2$/ يومياً)

أكثر من 500 | 500 – 250 | 250 – 150 | 150 – 100 | أقل من 100

توزع العوالق الحيوانية (ملغ/ م$^3$ من المياه)

أقل من 50 | أكثر من 500


أميركا الشمالية
المحيط الأطلسي
المحيط الهادئ
أميركا الجنوبية
توزع القاعيات (التي تعيش في القاع)
(غرام/ م$^2$ في قاع البحار)
أقل من 0.1
أكثر من 50
0
2000 كم
المقياس عند خط الاستواء

# شبكة واسعة

تتوزع الحياة البحرية بين آكل ومأكول. تُعد الطحالب الحلقات الأولى التي تتيح نمو وتطور سلسلة الحيوانات الطويلة التي يؤدي كلٌ منها بدوره دور المنتج والمستهلك.

## عدة ملايين من الكائنات

يشكل المحيط بمساحاته الواسعة ملجأً لعدد كبير من الكائنات يُقدر بنحو بضعة ملايين تتوزع استناداً للموارد المتوافرة على المياه المفتوحة وعلى القاع بكل تضاريسه، وتقيم في ما بينها علاقات معقدة من الإنتاج والاستهلاك. يمكن تشبيه هذه الكائنات بحلقات سلسلة طويلة، هي السلسلة الغذائية، أو بالمستويات المتتالية التي تشكل هرماً تشغل قاعدته النباتات الأصغر حجماً (المنتج الأول للمواد الحية)، وعلى قمته آكلو اللحوم الأكبر حجماً (المستهلك الأخير) والإنسان.

تقدّم الطحالب البحرية والدياتومات (الطحالب المجهرية) وغيرها من النباتات المجهرية في شكل مباشر أو غير مباشر كل الغذاء الضروري تقريباً لنمو الحيوانات البحرية وتنقلها وتكاثرها. تعيش الكائنات آكلة الأعشاب التي تقتات بالطحالب والنباتات المجهرية كاليرقات

**تتميز المياه المدارية** بغناها بالأسماك، والمرجان، والإسفنج وعدد من الكائنات الأخرى التي تنسج في ما بينها علاقات بيئية متعددة ومعقدة.

والقشريات الصغيرة على مقربة منها. وتشكل هذه الكائنات آكلة الأعشاب بدورها غذاء لحيوانات أخرى كالقشريات الأكبر حجماً أو الأسماك الصغيرة (الفئة الأولى من آكلي اللحوم) التي بدورها تشكل وجبة للفئة الثانية من آكلي اللحوم (الأسماك الكبيرة) التي تشكل بدورها أيضاً هدف الفئة الثالثة من هذا النوع من الكائنات وهلّم جرا إلى أن نصل إلى الحيوانات المفترسة الكبيرة. أخيراً، تنضم البكتيريا إلى المجموعة لتحلل المادة الميتة وتعيدها مجدداً إلى الدورة على شكل أملاح مغذية.

**معجم**

**كتلة حيوية:** كمية المادة الحية في كل وحدة حجم.

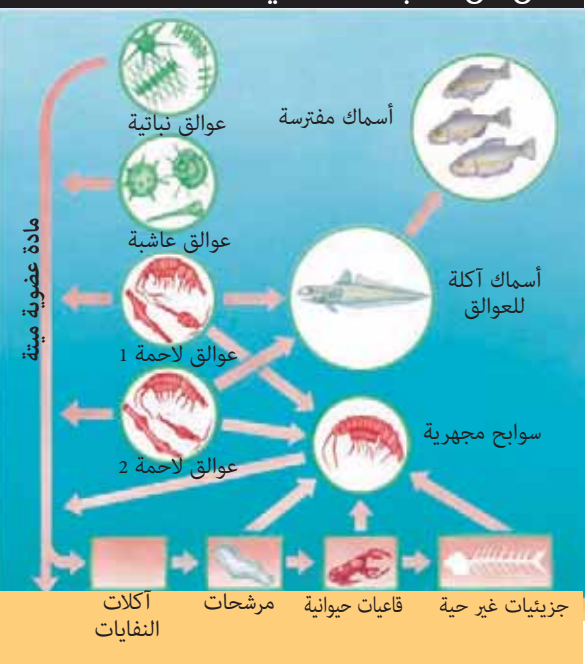
## رسم تبسيطي

بعيداً من كون الحلقات المتتالية تشكل خطاً مستقيماً، تشبه السلسلة الغذائية البحرية كيساً حقيقياً من العقد. ففي المقام الأول، نادراً ما يعتمد نوع واحد من الكائنات النظام الغذائي عينه في مختلف مراحل حياته، وبذلك يصعب تحديد هذا النظام وتعريفه. ثانياً، غالباً ما تدمج هذه الأنظمة مستويات متعددة فتضم في الوقت عينه نباتات وحيوانات. وأخيراً، لأن الكائنات التي تأكل لحم جنسها ليست نادرة مما يصعب الأمور ويعقدها.

## أربع أو خمس حلقات

تضم الدورة البحرية في شكل عام أربع أو خمس حلقات أو مستويات غذائية. فباستثناء النباتات، تؤدي الكائنات جميعها دور المنتج والمستهلك في الوقت عينه. هكذا، تستهلك أسماك الأنشوفة نباتات المياه المفتوحة وحيواناتها الصغيرة وتشكل كذلك الوجبة المفضلة للأسماك الكبيرة. ولكن في كل انتقال من حلقة إلى أخرى، يتمّ تبديد كميات كبيرة من الطاقة؛ إذ تحتاج أسماك الأنشوفة إلى 240 مليون طن من الغذاء لتشكل مخزوناً من الأسماك يصل إلى 24 مليون طن. ونقدر أخيراً أن مجموع الإنتاج الثانوي يشكل 0.25 % من الإنتاج الأولي: بعبارة أخرى، لإنتاج 1.25 مليار طن من المواد الحيوانية في المحيط، لا بدّ من تأمين كمية لا تقلّ عن 500 مليار طن من الكائنات النباتية! من هنا نفهم التأثير المهم الذي يتركه الإنسان عندما يتدخل في بعض حلقات السلسلة...

### مثال عن الشبكة الغذائية



# الحياة في المياه المفتوحة

للحياة في المياه المفتوحة حسنات وسيئات عديدة. لا شكّ في أن الضوء موجود بوفرة في هذه الطبقة مقارنة بالأعماق، إلا أن التيارات أكثر حدة في هذه المنطقة. بعض الكائنات قد ينجرف معها في حين يستطيع بعضها الآخر مقاومتها من خلال السباحة النشطة.

## البقاء معلقاً... دون سقوط

لا بدّ من أن تتأقلم الكائنات السطحية، أي تلك التي تعيش في المياه المفتوحة، مع التيارات. يمكن بعض الكائنات أن يتغلب على هذه التيارات من طريق السباحة، وتسمى السوابح، لتسير أخرى مع التيار، كالعوالق.

**تتألف العوالق** من كائنات غالباً ما تكون صغيرة جداً وشفافة نوعاً ما. تساعدها أدوات كالعوامات، السياط أو الأهداب على البقاء على مقربةٍ من السطح.

## كائنات لا يتصورها عقل

تضم العوالق النباتية أجساماً بعد أصغر: البكتيريا. حتى الآونة الأخيرة، اعتقد العلم أن لا أهمية تذكر لدورها. إلا أنها في الحقيقة تشكل الكائنات الأكثر عدداً بين العوالق. تتميز هذه البكتيريا بحجمها الدقيق الذي يتراوح بين 0.2 و2/1000 من المليمتر (100 مرة أصغر من الطحالب الأحادية الخلية)، غير أن عددها يعوض صغر حجمها: فكل نقطة من المياه تحتوي على بكتيريا تفوق بـ1000 مرة الطحالب الأحادية الخلية! ولما كان عدد كبير من هذه البكتيريا يقوم بعملية التمثيل الضوئي، فإنها تؤدي دوراً أساسياً في عملية إنتاج المادة العضوية في المحيطات، لتشكل أولى حلقات السلاسل الغذائية.

لتتفادى السقوط إلى الأعماق المظلمة والباردة، تتمتع أجسام العوالق، التي غالباً ما تكون صغيرة الحجم (أقل من ميليمتر واحد)، بهيكل خفيف وعوامات حقيقية تتعاون مع السياط والأهداب أو الأجنحة لتساعدها على البقاء على مقربة من السطح.

سواءٌ أكانت تعيشُ منفردة أم ضمن مجموعة، تتميز أجسامها عموماً بأنها شفافة، إلا أنها قد تتلون أحياناً بلون أزرق كثيف يجعل من الصعب تمييزها في المياه حيث تتطور، أو تتخفى في ألوان المياه العميقة فتختار إذاك اللون البني المشرّب بالحمرة. يضم المحيط نحو 90 % من الكائنات الحية التي تتوزع ضمن فئتين كبيرتين: العوالق النباتية والعوالق الحيوانية.

## العوالق النباتية

تحتوي العوالق النباتية التي تتواجد حصرياً في المنطقة المضاءة من المحيط، على الطحالب المجهرية وحيدة الخلية المنفردة أو المجتمعة ضمن أعداد كبيرة. ومن العوالق الرئيسة نذكر الدياتومات (أو المشطورات)، التي يحميها غلاف من السيليس؛ الطحالب السوطية الدوارة، التي يحميها غلاف من السلولوز مزود بسوطين، والكوكوليتوفور، المزودة بسياط صغيرة جداً وصدفة خارجية كلسية. يوجد النوع الأول في كل مكان، إلا أنه يكثر في مياه المحيطين المتجمدين الشمالي والجنوبي الباردة. أما النوع الثاني، فيتكاثر على عكس ذلك في المنطقة المدارية وهو مسؤول عن ظاهرة «المد الأحمر». أخيراً، ترتبط الفئة الأخيرة بالمياه المعتدلة أو الحارة الفقيرة بالأملاح المغذية. بفضل التمثيل الضوئي، تنتج العوالق النباتية بنفسها حاجتها من السكر الضروري لنموها. فضلاً عن كمية معينة من الضوء، تحتاج هذه العملية إلى الأملاح المغذية التي تجلبها الأنهار أو التي تنتج عن عملية «الخض المائي» للبحار. لذلك، تكثر العوالق النباتية على مقربة من السواحل مقارنة بما هي عليه في عرض البحر. وتالياً، يمكننا أن نعد نحو 30 مليوناً من الدياتومات في كلّ ليتر من مياه البحر عند مصب نهر السنغال!

### معجم

**عوالق**: مجموعة الكائنات التي تعيش في المياه المفتوحة والتي يحملها التيار.

**سوابح**: كائنات بحرية سطحية قادرة على مقاومة التيارات عن طريق السباحة.

### دياتومات (مشطورات)

## تنوع العوالق الحيوانية

1: منخربات (0.4 ملم)؛ 2 و3: قناديل البحر (15 سم)؛ مشطيات (1.5 سم)؛ 5: دودة حلقية (7 ملم)؛ 6: رخويات جناحية الأرجل (3 سم)، 7: ديدان سهمية (3 سم)؛ 8: قريدس الأعماق (6 سم)، 9: قشريات مجدافية الأرجل (2 ملم)؛ 10: يرقة جراد البحر (1 سم).

## المجموعات الكبيرة من الحيوانات

تمثل العوالق الحيوانية مجموعة الكائنات الحيوانية التي تتنقل مع التيار. تضم هذه الفئة من العوالق ممثلين عن مجموعات الحيوانات الكبيرة بدءاً من فئة البرزويات (الأوليات) – كائنات أحادية الخلية مزودة بسياط وأهداب – وصولاً إلى اليرقات والقشريات والأسماك. نادراً ما يكون طول هذه العوالق أقل من 100/1 من الميليمتر، وهو طول القطر الرائج بين العوالق النباتية. في الواقع، يختلف طولها في شكلٍ واضح من كائن إلى آخر بدءاً من الأجسام المجهرية وصولاً إلى قناديل البحر كالقنديل الذي يحمل اسم Cyanea arctica والذي يتخطى قطر جسمه المترين وطول مجساته العشرة أمتار! تستهلك هذه الحيوانات العوالق النباتية أو سواها من العوالق الحيوانية وهي بهذا لا تخضع للضوء وتعيش في مختلف الطبقات أيا يكن عمقها، إلا أنها تكثر حتى عمق 1000 متر من سطح المياه. تدفع الكتل المائية أحياناً بهذه العوالق إلى الأعماق، وبذلك قد تجد كائنات مخلوقة للمياه الباردة السطحية نفسها في الأعماق حين تغوص هذه المياه الباردة إلى مستوى أقل من مستوى المياه الأكثر حرارة. إلا أن هذه العوالق الحيوانية تتمتع بالقدرة على الهجرة عمودياً، فتنزل إلى الأعماق نهاراً وتصعد مع هبوط الليل ما يتيح لها التخفي والابتعاد عن المخاطر التي تتمثل بحيوانات كبيرة تطاردها، ونعني بها السوابح.

### حياة مشتركة

أسماك، قنافذ بحر، قريدس، رخويات... كثيرة هي الكائنات البحرية التي تشكل جزءاً من العوالق أثناء حياتها اليرقية. تجتاز اليرقات، الصغيرة الحجم دائماً، كيلومترات كثيرة قبل أن تغوص إلى القاع. فقط بضع يرقات هي التي تتمكن من العودة لأن تغيّر شكلها يحولها إلى حيوانات قاعية بالغة (تعيش في الأعماق) في شكلٍ ساكن مستقر.

## الحيوانات المفترسة البحرية

خلافاً للعوالق التي تبدو كسولة أمام التيارات،

القرش الأبيض الكبير

**تجتمع أسماك السطح** ضمن أسراب متماسكة لتحمي نفسها من هجمات الحيوانات المفترسة، على غرار ما تفعله أسماك الربيب على سبيل المثال أثناء النهار.

**معجم**

**عوالق موقتة:** تضم مختلف أنواع الحيوانات التي تمر في مرحلة علقية (حين تكون يرقات أو بالغة).

**عوالق دائمة:** كائنات تجري دورة حياتها كاملة كعوالق.

تتمتع السوابح بقدرة على السباحة السريعة والقوية. تضم السوابح القريدس، الأخطبوط، الحبار وأسماك ذات أحجام متنوعة فضلاً عن سلحفاة البحر وعدد من الثدييات البحرية. تتغذى الحيوانات الصغيرة منها (كأسماك الأنشوفة، والرنكة والسردين)، على العوالق الحيوانية، لتشكل بدورها فريسة لأسماك أكبر حجماً (الإسقمري، الماكريل، إلخ) تعتاش عليها أسماك مفترسة أخرى كبيرة (التونا، القرش، الفقمة، الدلفين، حوت العنبر، الأركة...). تتمتع هذه الحيوانات جميعها بغريزة قطيعية تدفعها إلى التجمع عند حلول فترة التكاثر في أسراب بإمكانها أن تتفرق سريعاً كما اتحدت، وقد تدفعها أحياناً إلى الانتقال من أحد أطراف المحيط إلى الطرف الآخر وذلك إبان الهجرات الكبيرة.

## قابلية التحزك عند العوالق الحيوانية

ليست العوالق ساكنةً في شكل كامل حتى وإن تركت نفسها للتيار ليحملها. إنّها تتمتع بالقدرة على النزول إلى المياه العميقة والأكثر برودة أثناء الشتاء حتى عودة الأيام الجيدة، حيث تعيش ببطء لتستعمل كمية قليلة من الطاقة. قد تتطلب دورة الحياة أحياناً بعض الحركة: فالحاجة إلى الطاقة تختلف بين البيوض، واليرقات، والحيوانات الفتية والحيوانات البالغة التي تعيش في أعماق مختلفة. أخيراً، يتيح التنقل لها التوجه يومياً إلى مناطق يتوافر فيها الغذاء بكثرة. وبذلك، تجتاز القشريات الصغيرة عمودياً أكثر من 600 متر فتصعد ليلاً لتتغذى لتعود وتهبط أثناء النهار.

# الحياة في القاع

ينمو عدد من الكائنات البحرية على مقربة من القاع حيث تعيش ثابتة. وإذ توجد على مقربة من السواحل بأعداد أكبر مما هي عليه في عرض المحيط، يتعين عليها أن تواجه اضطراب الأمواج وحركة المد والجزر.

**على غرار هذه القنافذ،** تمضي أنواع من الكائنات البحرية حياتها اليرقية في المياه المفتوحة وحياتها ككائنات بالغة في القاع. لذلك، يتعين عليها أن تتأقلم مع بيئتها وأن تجد لنفسها وسيلةً تقاوم فيها الأمواج.

## التربة: دور محدِّد

بعد أن كانت يرقات تحملها المياه، يختار بعض الكائنات البالغة العيش في القاع أو على مقربة منه. تخضع هذه الكائنات التي تسمّى القاعيات لعوائق مختلفة: فإذا ابتعدت عن السواحل، افتقرت إلى الطعام؛ وإذا بقيت تعيّن عليها أن تتأقلم مع الشروط المحلية من إضاءة وملوحة وحرارة، وفي شكل عام، مع المكان (صخري، رملي...). وكل ذلك، فيما تتحمل حركّة المدّ والجزر التي تحوّل حقل حصى ثابتاً إلى حقل متحرك كالرمل. إن طبيعة القاع البحري الذي قد يتنوع بين رخو ومتحرك (حصى، رمل، طين) أو صلب (صخور، أسس اصطناعية، هياكل سفن...) هي عامل محدِّد. تلتصق غالبية الطحالب بالصخور بواسطة أظافير (جذور كالمشابك) في حين تغرز النباتات الأكبر حجماً على غرار البوسيدونيا، والحزامية (زوستيرا)، جذورها في الرمل أو الطين.

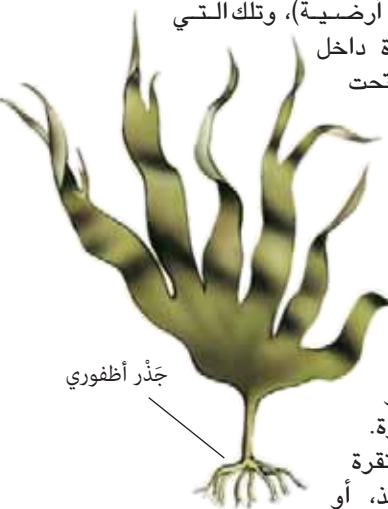
### معجم

**قاعيات**: كائنات تعيش في القاع أو على مقربة منه.
**حيوانات فوق أرضية**: حيوانات تعيش زحفاً أو سيراً أو سباحة على سطح قعر البحر.
**حيوانات تحت أرضية**: حيوانات تعيش في قعر البحار، فتحفر الأرض هناك أو تغور في داخلها.

## قاع متغير

تشكل القيعان الرملية أحياناً مسكناً للطحالب أو الإسفنجات المغلفة التي تفرز الكالسيوم. إلا أن هذه الإفرازات تنتهي بالتجمع وبتكديس عناصر التربة التي كانت في ما سبق متحركة بينها. خلافاً لذلك، يتمتع بعض الطحالب وعدد كبير من الصدف على غرار الكائنات الحفارة (تيريدو) بالقدرة على ثقب الصخور وتحويلها شيئاً فشيئاً إلى حصى. أخيراً، يمكن أن تغطي الفضلات كقطع الطحالب والصدف الفارغة الصخور فتبدو وكأنها قاع رخو.

في السياق عينه، تفضل الحيوانات الثابتة (شقار البحر، زنابق البحر، المحار...) القيعان الصلبة، بينما تتجه تلك التي تفضل العيش غائرةً (الديدان، الصدف، الأسماك المفلطحة...) إلى القيعان الرخوة. باختصار، تُقسم القاعيات إلى نوعين: الكائنات الحية التي تعيش على سطح القاع (حياة فوق أرضية)، وتلك التي تعيش مسمّرة داخل القاع (حياة تحت أرضية).



لمنارية (طحالب سمراء)

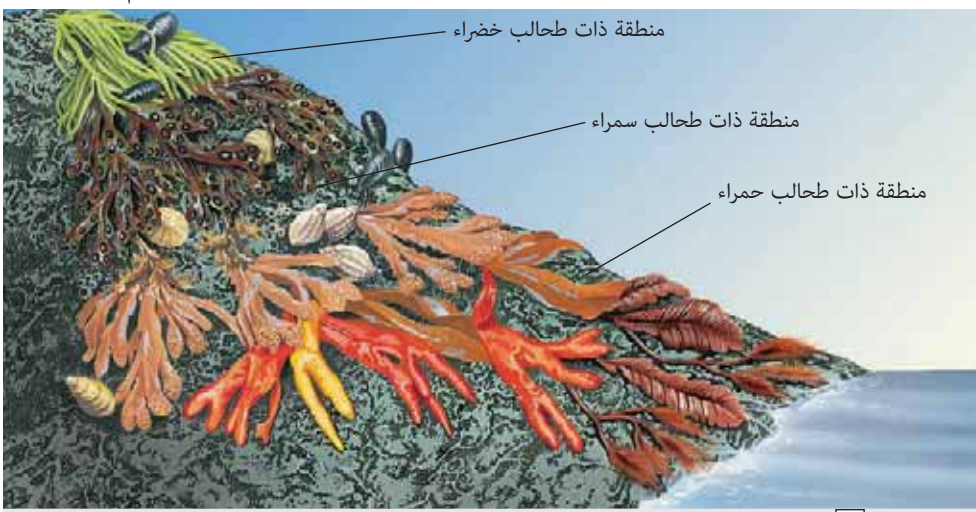
## مقاومة هجوم الأمواج

تجد الكائنات التي تعيش في القاع عدداً كبيراً من الحلول. تعيش الكائنات التي تُعرف باللاطئة ثابتةً (زنابق البحر، الرخويات ذات الصمامين، الإسفنج، القربيات). لمقاومة هجوم الأمواج، تتشبث هذه الكائنات؛ فيفرز المحار خيوطاً، وتطور الطحالب جذوراً أظفورية صلبة، ويستعمل البطلينوس شفاطته ليلتصق حيث يقف. تزحف كائنات أخرى في القاع أو تمشي من دون أن تقطع مسافات طويلة: إنها الكائنات المستقرة. في القيعان الصلبة ذات المياه المتحركة، تزحف الكائنات المستقرة على غرار القواقع، القنافذ، أو نجوم البحر، وهي ملتصقة بالأرض. أما على الرمال أو الطين فتفسح هذه الكائنات المجال أمام كائنات أخرى بإمكانها أن تسير جيداً كالسلطعون أو الكركند. تتنقل فئة ثالثة من الكائنات (تضم الأخطبوط، القشريات كالكركند، والأسماك) في شكل أسرع وتقطع مسافات أطول ويُطلق عليها اسم الكائنات المتحركة. سواء أكانت تمشي أم تسبح، يمكن هذه الكائنات أن تقوم بهجرات حقيقية، على غرار ما يقوم به عدد كبير من القشريات التي تقطع إناثها نحو 200 كلم لتضع بيوضها على مقربة من السواحل قبل أن تلتحق مجدداً بالذكور الساكنّة في أعماق المحيط.

أخطبوط

# كائنات تحفر وتنقب

في خضم بحثها عن الملجأ، تتمتع الكائنات التي تؤلف هذه الفئة بالقدرة على الحفر والتنقيب. هكذا، يحفر الإسفنج (كليونا) الصخور الكلسية في شكل كيميائي فيتوصل إلى الالتصاق بها، في حين تلف الأصداف (فولاس) الصخور لتؤمن لنفسها المسكن. أما الحيوانات المنقبة التي تعيش في القاع الرخو فتبدو أكثر عدداً. لا يغير بعض هذه الكائنات من بنية الترسبات على غرار الحيوانات الرخوية ذات الصدفتين والبطلينوس والمحار الملزمي أو كذلك الأسماك المفلطحة (كسمك موسى وسمك الهوشع) بل تسعى إلى الاختباء فقط. يعمد بعضها الآخر إلى صنع جحر حقيقي وتكون مزودة بجدار مدعم بمواد مخاطية؛ وهذا ما تفعله الديدان الأنبوبية وبعض القنافذ والقشريات. تبقى هذه الكائنات على اتصال بالسطح من خلال مجموعة من المسالك أو الفتحات ما يسمح للمياه بالمرور وبتأمين الغذاء والأوكسجين. أخيراً، تبقى مجموعة من الحيوانات الصغيرة دائماً داخل الترسبات مستفيدةً من المياه التي تتسرب إليها، علماً أن حجمها لا يزيد على 2 ملم وتضم ديداناً مفلطحة صغيرة جداً وقشريات صغيرة (مجذافيات الأرجل، والصدفيات ومتماثلات الأرجل) تتحرك بحرية بين حبات الرمل. أخيراً، مقارنة بالأعماق الصخرية، يقدم الرمل أو الطين حياةً أفضل للكائنات التي تختار أحدهما مسكناً لها. ولما كان التنقيب في بيئات مماثلة أسهل، لا ينقص هذه الكائنات المكان لتجد ملجأ لها، في حين أن الأمور تسير عكس ذلك في الأعماق الصلبة. باستثناء المناطق التي تكشفها حركة المد والجزر وتلك التي يعمّ فيها الظلام، غالباً ما يكون معدل الإشغال أقرب إلى 100 %. وبذلك تكون الطبيعة قد أقامت استعراضاً؛ حيث يمكن الكائنات أن تتكوم (بلوط البحر،

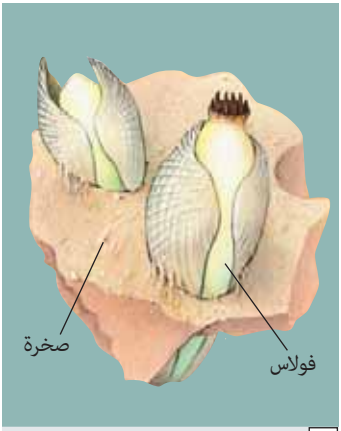



**بين حركتي مدّ وجزر،** تشكل الطحالب مؤشرات جيدة لتحديد المراحل المختلفة التي تؤلف حياة مناطق المدّ والجزر. يعتمد وجودها على مدة انبثاقها وعلى النور وحركة المياه وغير ذلك.

كريبيدولا، البطلينوسات...)، أو تثبّت نفسها على غيرها من الكائنات (كبوليبات المرجانيات التي تتموضع على الطحالب، وشقار البحر الذي يتموضع على أصداف الرخويات)، أو أن تعتمد شكلاً عمودياً، مستقيماً أو معلقاً (كالقشريات الهدابية اللصوقة...).

## مرشّحات (فلترات) ساكنة

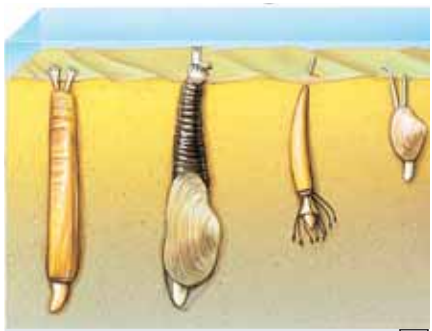
وإذ تعيش هذه الكائنات بهذه الطريقة، يُفرض عليها أسلوب معين في طريقة غذائها وتكاثرها. ولما كانت ساكنة، لا يمكنها أن تضمن بقاء نوعها إلا من طريق خلايا جنسية تطلقها في المياه، حيث تلتقي هذه الخلايا لتنشأ عنها يرقات علقية يتعين عليها أن تجد لنفسها أساساً تستقر عليه لتعيش. وللحصول على الغذاء، تلجأ الكائنات الثابتة إلى استراتيجيات متنوعة؛ فتستعمل الرخويات ذات الصدفتين خياشيمها لتصفية المياه، في حين تستعمل الديدان الأنبوبية ريشها المتشعب لالتقاط الجزيئيات الغذائية. يلتقط بعض الكائنات الفرائس الدقيقة الحجم التي تمر قربها بفضل مجسات متحركة (زنابق البحر، وشقار البحر). ولكن لا شيء يضاهي المزايا التي توفرها الحركة: فالكائنات التي تزحف، تمشي أو تسبح يمكنها أن تلتقط، تصطاد، ترعى أو حتى تلتهم جيف كائنات أخرى.




**فولاس (حفارة):** هي من الرخويات صفائحية الخياشيم (ذات الصدفتين) قادرة على الحفر في الصخور الصلبة بفعل حركة ذهاب وإياب صدفتيها غير المتصلتين بمفاصل.

### حياة طبقية

تتوزع حياة القاعيات على طبقات متعددة. تغمر المياه في شكل استثنائي الطبقة (المنطقة) فوق الساحلية التي تكون كائناتها برية أكثر منها بحرية. في الطبقة الساحلية المتوسطة التالية، تتأقلم الكائنات مع إيقاع المد والجزر فتتحمل حرمانها من غطاء مائي من طريق تخزين المياه. تليها المنطقة تحت الساحلية التي تتميز بكائنات تتطلب بالضرورة غطاءً مائياً. تتوالى بعد ذلك الطبقات التالية: شبه الساحلية حيث تختفي النباتات، طبقة المياه العميقة وهي طبقة المنحدر القاري (بين 200 و2000 متر)، طبقة الأغوار أي طبقة السهول العميقة (أعمق من 2000 متر) وأخيراً طبقة الأخاديد القاعية السحيقة (أعمق من 6000 متر). تتركز الحياة بين الطبقة الساحلية المتوسطة وشبه الساحلية، أي فوق الرصيف القاري (بين صفر و200 متر).



**تحمي الرخويات المنقبة** أجسامها وخياشيمها الضعيفة من الرمل. لا تدخل المياه التي تحتوي على أوكسيجين وجزيئيات مغذية ولا تخرج أبداً إلا عبر فتحتين ضيقتين مع شهيق أنابيبها وزفيرها.

# هجرات لا بدّ منها

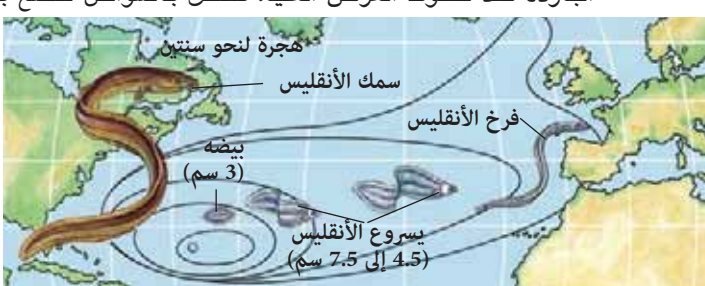
حين ينقص الغذاء أو تتدنى درجات الحرارة وتهدد مستقبل الكائنات، يعمد عدد كبير من الكائنات البحرية إلى الهجرة والابتعاد عن موطنه الأصلي.

## آلاف الكيلومترات

كثيرة هي أسماك المياه المفتوحة العمق التي تقطع ضمن أسراب مسافات تتراوح بين عشرات وآلاف الكيلومترات لتتكاثر أو لتبحث عن الطعام. تعتبر هذه الظاهرة طقساً موسمياً في حياة بعض الأسماك، في حين تستغرق رحلة بعضها الآخر حياته كلها، ولا تعود إلى نقطة الانطلاق إلا لتلد قبل أن تموت. تحمل هذه الهجرات الأسماك على ترك المياه البحرية والانتقال إلى المياه العذبة أو العكس. ولكن يمكن أن تتم مراحل هذه الهجرات كلها في المحيط. هكذا، تبقى أسماك الرنكة دائماً في مياه مالحة نسبياً؛ فتتجه تلك التي تتكاثر في الفترة الممتدة بين آب/ أغسطس وأيلول/ سبتمبر في عرض المحيط أمام اسكتلندا إلى جنوب غرب النروج، في حين يبيض البعض الآخر في الفترة الممتدة بين تشرين الثاني/ نوفمبر وكانون الثاني/ يناير أمام السواحل الفرنسية قبل أن ينتقل صيفاً إلى وسط بحر الشمال وشماله، إلخ. كذلك تهبط أسماك القدّ التي تعيش في مياه المحيط المتجمد الشمالي شتاءً إلى عرض بحر النروج، قبل أن تصعد مجدداً إلى مكانها الأصلي أثناء الربيع. وتشهد أسماك التونا التغييرات الأهم: إذ تترك أسماك التونا البيضاء أو الحمراء في بداية الصيف موطنها الحار (جزر الأزور والبحر الأبيض المتوسط على التوالي) لتدخل بحر الشمال الكبير حيث يتوافر غذاؤها بكميات كبيرة، ولا تعود أدراجها إلا مع حلول فصل الشتاء.

## من البحر إلى المياه العذبة وبالعكس

تشهد أسماك السلمون والأنقليس تغيرات أكثر جذرية؛ إذ تعيش أسماك السلمون في مياه البحار الباردة عند خطوط العرض العليا، تلتحق بالسواحل لتضع بيوضها في السيول الجبلية، فيتعين عليها تبعاً لذلك التأقلم مع تغير الملوحة، وأن تتمتع بالقدرة على السباحة عكس التيار. تنتقل صغارها بعد ذلك إلى البحر قبل أن تلتحق بأسماك السلمون الآسيوية والأمريكية، ثم تتوجه عند البلوغ إلى موطنها الأصلي لتتكاثر. أما أسماك الأنقليس فتفعل العكس




**تهاجر أسماك الأنقليس** في المحيط الأطلسي في الاتجاهين. بدايةً باتجاه بحر سرقوسة (سرجاسو) حيث تبيض، ثم باتجاه السواحل الأوروبية حيث تصعد مجدداً الأنهار لتدخل هناك مرحلة البلوغ.

**تقوم الحيتان الحدباء** بهجراتها داخل المحيط حصراً. خلافاً لأسماك الأنقليس، لا يتعين عليها أن تتأقلم مع التغيرات المكانية (مياه عذبة – مياه مالحة).

تماماً، إذ تغادر التيارات المائية عندما تبلغ 10 – 15 عاماً لتتوجه إلى بحر سرقوسة، حيث تفقس البيوض وتولد يرقات صغيرة مفلطحة وشفافة، تحملها التيارات ويتغير شكلها قبل أن تجتمع بالملايين عند مصبات الأنهار.

## الديدان، القريدس، السلاحف والحيتان ...

فضلاً عن الأسماك، تنتقل أيضاً الديدان والقشريات والسلاحف البحرية والثدييات البحرية في موجات من الهجرة. وقد أجريت دراسات مسهبة عن هجرة الحيتان، وتبين أن الحيتان التي تمضي فصل الصيف في مياه المحيط المتجمد الشمالي والمحيط المتجمد الجنوبي، تبتلع أطناناً من القريدس. مع امتلاء بطنها، وتوسع رقعة الجليد، تتجه شتاءً نحو المياه الحارة (المحيط الهندي، بحار إندونيسيا وشمال غرب أفريقيا، خليج عدن وخليج البنغال) حيث تتكاثر وتغذي صغارها قبل أن تعود وإياها أدراجها إلى حيث كانت. يُعد الحوت الأحدب المعروف بغنائه الغريب الحزين أهم الكائنات المهاجرة. يتغذى بعض كائنات المحيط الهادئ في مياه المحيط المتجمد الجنوبي المتجمدة (4 درجات) ولكن الغنية، ثم تنتقل صعوداً على طول السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية لتتجه إلى المياه الحارة في أميركا الوسطى (25 درجة) بعد رحلةٍ طويلة قطعت في خلالها أكثر من 8000 كلم.

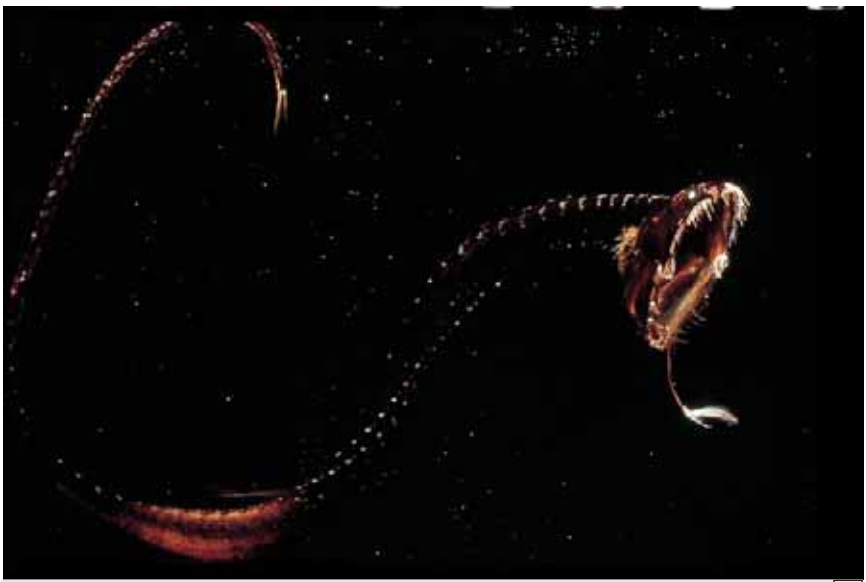
# في ظلمات الأعماق

تصعب الحياة في أعماق المحيطات السحيقة، لذلك يتعين على الكائنات التي تعيش في هذه الأعماق أن تقاوم ضغط المياه الكبير وأن تحتال على نقص الغذاء.

## ظروف قاسية

عند عمق يزيد على بضع مئات من الأمتار، يختفي النور تماماً. بموازاة ذلك، تتراجع الحرارة حتى تصل إلى درجتين عند عمق يبلغ نحو 1000 متر. لا تبلغ المادة الحية التي تنشأ عند السطح الأعماق إلا بفعل تنقل الكائنات السطحية الكبيرة، أو على شكل «ثلج بحري»: كومات من الفضلات، بقايا تبدل الجلد، إفرازات، بقايا الجيف... أخيراً، يزداد الضّغط بمعدل وحدة جوية واحدة كل 10 أمتار، ما يؤدي سريعاً إلى معدلات أعلى مما هي على السطح بمئة مرة. وهكذا، لا يكون تطور الحياة في هذه الظروف إلا في شكل محدود.

ولكي تتطور في الأعماق، يتعين على الكائنات أن تتأقلمَ مع الظروف التي تفرضها بيئتها. غالباً ما تتميز الأسماك بجيب صغير مليء بالغاز (مثانة العوم) يمكّنها من البقاء على



**يعيش سمك التنين الأسود**، بفكيه الواسعين وأعضائه المضيئة وسلكه الصياد، متأقلماً في شكلٍ كامل مع بيئة الأعماق.

مستوى معين من العمق. لكن بعد الألفي متر من العمق لا تعود تمتلك هذا الجيب، ما يمنحها القدرة على مقاومة الضغط. علاوةً على ذلك، تتغير حاسة النظر لدى أسماك الأعماق. في الحقيقة، ليس ثمة حاجة للرؤية في النور، حين يختفي هذا الأخير تماماً، لذلك تكون بعض كائنات الأعماق مزودة بجهاز شبيه بذلك الذي يستخدمه الجنود في الليل، ونعني به الأشعة دون الحمراء، فضلاً عن التقنيات العبقرية التي تستعملها لجذب الغذاء وللتكاثر.

## وسائل متنوعة... وفعالة

يتباهى بعض الأسماك على غرار سمك أبو الشص (سمك الصنارة) بعصا صيد حقيقية: سلك ينتهي بعضو مضيء. عندما ترى الفريسة الجسم يتحرك، تعتقد أنها عثرت على ثلج بحري فتندفع باتجاهه لتقع في فم السمكة المفترسة المفتوح والمزود بأسنانٍ طويلة حادة. ولا بدّ من الإشارة إلى أن هذا الفم العملاق قد يقود أحياناً إلى معدة قابلة للتمدد. هكذا يستطيع «الأنقليس المبتلع» (Eurypharynx) أن يبتلع فريسةً أكبر من حجمه! ولا تبدو التقنية التي تعتمدها رخويات الأعماق مختلفة جداً: إذ تنتج سلكاً مخاطياً طويلاً، يشبه «الورق القاتل للذباب» يعلق به كلّ ما يسقط فوقه.

**معجم**

**تلألؤ حيوي:** إرسال الضوء من كائن حي من طريق تفاعل كيميائي.

في ظلمات الأعماق، يُعتبر التكاثر أمراً غير سهل البتة نظراً لندرة الشركاء. يمتلك عدد كبير من الأسماك أعضاء متخصصة هي الأعضاء المضيئة تستعملها هذه الأسماك لترسل إشارات ضوئية إلى الشريك.

ولكن يجدر أن نشير إلى وجود حلول أكثر جذرية؛ فمثلاً تعيش ذكور سمكة أبو الشص كطفيليات على حساب الإناث؛ وإذ تتميز بحجمها الصغير والضامر، فإن هذه الذكور ليست سوى خزان للحيوانات المنوية!

### واحات الأعماق

في عام 1979 اكتشف الباحثون بدهشة واحات على عمق 2500 م في غلاباغوس عند ينابيع المياه الحارة. حول الأعمدة البازلتية التي تعرف باسم «المدخنين السود»، تنتشر مجموعات من الديدان الكبيرة ذات الريش الأحمر، المحار العملاق، السلطعون، شقار البحر، والإسفنجات. تعود وفرة الحياة هذه إلى التدفقات الكبريتية المتأتية من مصادر مائية حرارية ويتيح ذلك للبكتيريا أن تتطور، حيث تجد هذه البكتيريا غير المزودة بأنبوب هضمي ملجأ لها في الديدان العملاقة. من هنا، يمكن أن تضم الأعماق نطاق حياة كاملاً. وقد اكتشف الإنسان تباعاً عدداً كبيراً من هذه الواحات في مختلف أرجاء العالم.

# الشعاب المرجانية

تُعتبر مياه المناطق المدارية الحارة فقيرة، باستثناء المناطق التي أنشأ فيها المرجان شعاباً. وإذ تشكل هذه الشعاب ملجأً لآلاف الكائنات، فإنها البيئة الأغنى على سطح الكرة الأرضية...

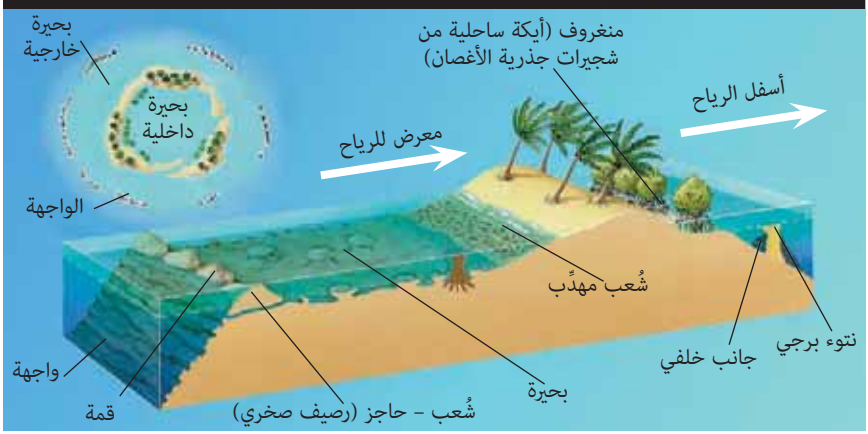
## مليارات البوليبات

البوليبات (أو المديخات) هي كائنات دقيقة وغير متطورة تشبه قناديل البحر وتعيش ثابتة على الصخور وغالباً على جوانب الجزر البركانية. تبدو هذه الكائنات على شكل أكياس صغيرة داخل هيكل خارجي كلسي وتكون مفتوحة من الأعلى بواسطة فم تعلوه مجسات. ولما كانت تشكل مستعمرات تتألف من مليارات الأفراد، تجتمع البنى الكلسية للبوليبات ضمن مجموعات لتكوّن شعاباً رائعة تنمو بسرعة تصل إلى سنتيمتر في العام، لتشكل تالياً الشعاب المرجانية. مع مرور الزمن، ترزح الجوانب البركانية تحت ثقل المرجان وتغوص إلى ما دون مستوى البحر، فيتحول الشعب إلى جزيرة مرجانية، فتشكل بذلك حلقة تطفو على الماء وفي وسطها بحيرة. تنتشر هذه الشعاب في المياه الحارة (أكثر من 18 درجة) التي لا تشهد إلا فروقات بسيطة في الحرارة (لا تتعدى 3 درجات). تكتفي الشعب المرجانية

### جزيرة واحدة، شعاب متعددة

نميّز عموماً حول جزيرة بركانية، بدءاً من الأرض الصلبة وصولا إلى عرض البحر، شعبا مهدباً تكون المياه فيه قليلة العمق وهادئة نسبياً ودافئة، ثم بحيرة تميل الرمال المرجانية إلى ملئها، وأخيراً شعب حاجز يقع على مسافة عدة كيلومترات من الساحل مواجهاً للبحر. تحدث الخلجان هنا وهناك بضع فتحات، وهكذا تجري المياه في البحيرة عبر قنوات موازية للشاطئ.

### بنية الجزيرة المرجانية



## توزع الشعاب المرجانية حول العالم

بالإضاءة الجيدة والمياه النظيفة ولا تحتاج إجمالاً إلى الأملاح المغذية، إذ تعيش في أغشيتها، وبشكل تكافلي معها، الطحالب الأحادية الخلية فتستمد منها الأوكسجين والغذاء ما يزيد من مخزون الكلس في هيكلها. في المقابل، توفر الشعاب المرجانية لهذه الخلايا المأوى وبضع مكونات ضرورية للتمثيل الضوئي، كثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين والفوسفور الناتجة من عملية أيضها (التمثيل الغذائي) والتي تعمل الطحالب على إعادة تدويرها. ونظراً إلى هذا التعاون الدقيق بين الشعاب المرجانية والطحالب، يستحيل أن ينمو المرجان في المياه العميقة.

## شعاب في خطر

تفجير المرجان بالديناميت في مناطق الصيد، تلوث البحر بالمياه المبتذلة، استئصال أجمل قطع المرجان من الهواة وصناع المجوهرات، وموت المرجان منذ بضع سنوات بفعل الاحتباس الحراري الذي يشهده كوكبنا، كلها أخطار جدية تهدد مستقبل الشعاب المرجانية.

## كائنات متنوعة

تضرب الأمواج العاتية أجزاء الشعاب المواجهة للبحر، فتتراكم كتل المرجان الميت لتنمو على قمتها تيجان من الطحالب. وثمة ثغرات تسمح بدخول الماء في المناطق الأكثر هدوءاً، وتالياً الأكثر حرارة. يتوزع هناك عدد من المجموعات: تسيطر الطحالب المغلفة على الأماكن حيث يكون التيار قوياً، في حين يستفيد شقار البحر والمرجانيات المتشعبة الصلبة من المياه الهادئة والقليلة العمق. في هذا المكان حيث تتفاوت نسبة الضوء والتيارات والحرارة، يجد عدد من الكائنات الملجأ الآمن. وبذلك، يُقدر عدد أنواع الكائنات التي تسكن الشعاب المرجانية حول العالم بنحو 500 ألف نوع!

وتحتدم المنافسة بين الكائنات: إذ يتعين على الطحالب، الإسفنج، المرجان، المرجان المروحي، شقار البحر والأصداف أن تجد لنفسها مكاناً تستقر فوقه لتعيش. ينمو عدد كبير من الأسماك المتعددة الألوان (السمكة الببغاء، السمكة آكلة المرجان، السمكة الملاك، السمكة الفراشة) في هذه البيئة. يتعاون بعض الكائنات في ما بينها على غرار شقار البحر وسمكة المهرج، لا سيما في ظل كثرة الأسماك المفترسة في هذه الجنة المحيطية ومنها أسماك القرش، والجروبير (القشر)، البراكودا وعدد من الأسماك آكلة اللحوم ذات المظهر البريء.

**تعيش سمكة المهرج** في وئام مع شقّار البحر الذي يحميها من الأسماك المفترسة.

يقصد الإنسان مياه المحيطات والبحار كثيراً للصيد ولإتمام نشاطه التجاري. حتى وإن كانت عمليات الصيد تشهد ركوداً منذ نحو عشرين عاماً، أو كانت مصائد كثيرة مهددة بمخاطر، تبقى مياه غرب المحيط الهادئ ومياه المحيط الهندي خصبة كثيرة الإنتاج. بموازاة ذلك، يتطور الاستزراع المائي في شكلٍ هائل لا سيما في دول آسيا. ولا بدّ من الإشارة إلى أن البحار تقدّم مصادر متنوعة: الرمل، الحصى، النفط، الملح والمعادن الثمينة. إلا أن إغراءات استباحة مياه المحيطات والبحار بحرية تامة بدت كبيرة، الأمر الذي دفع الأمم المتحدة إلى تحديد حقوق كلّ دولة.

**تتم أعمال الصيد** بخاصة على مقربةٍ من السواحل حيث تكثر الأسماك.

# استغلال المحيطات

# النقل البحري

حدّت المنافسة بين شركات الطيران من نقل المسافرين، إلا أنها لم تؤثر في نقل البضائع. أما حسنات وسائل النقل البحري فهي كثيرة، نذكر منها مثلاً: توفير الوقود، حجمها الكبير، وقلة عدد أفراد طاقم العمل.

## السكان والبضائع

منذ عشرة قرون قبل الميلاد، قدّر الفينيقيون أهمية السفن التجارية لمقايضة الأقمشة الناردة، اللآلئ، البخور والتوابل الشرقية بما ينتجه سكان الضفة الأخرى من البحر الأبيض المتوسط من ذهب وفضة ورصاص أو كبريت. وبفضل قوارب بسيطة، تمكن سكان أمريكا من الوصول إلى تاهيتي في القرن الخامس، في حين وصل آخرون من إندونيسيا وميلانيزيا وحتى من اليابان لاستثمار جزر ميكرونيزيا... اليوم، تبحر السفن للقيام برحلات بحرية وتنقل نحو 10 ملايين مسافر سنوياً. علاوةً على ذلك، يقصد البشر المحيطات بكثرة للقيام بأعمال تجارية حيث يتم نقل 5 مليار طن تقريباً من البضائع سنوياً. يضم الأسطول العالمي نحو 90 ألف سفينة شحن ويستخدم حوالى 1,2 مليون شخص تقريباً.

**تُعتبر سفينة الشحن** هذه الخارجة من ميناء فانكوفر الكندي واحدة من السفن البالغ عددها 90 ألفاً والعاملة في مجال نقل البضائع البحرية.

## قدرة كبيرة ومعدات متطورة

بعدما كانت حركة النقل سابقاً ناشطة جداً في المحيط الأطلسي، تحول هذا النشاط إلى المحيط الهادئ. في خلال ذلك بات حجم السفن أكبر، وزوّدت بأنظمة GPS لتحديد المواقع عبر الأقمار الصناعية بشكل دقيق. غير ذلك، لا يزال البحارة يعتمدون على البوصلة المغناطيسية والجيروسكوب وآلة السدس ليتحققوا من وجهاتهم ومواقعهم لا سيما عند الاقتراب من مناطق تشهد حروباً حيث تتعرض أجهزة جمع المعلومات للتشويش. أمور كثيرة باتت اليوم تسهل الملاحة ومنها حالة الطقس من طريق الأقمار الصناعية، المعدات، الرادارات، المسبار، اللوك لقياس سرعة السفن، إلا أنها لا تحل محل خبرة البحارة الذين لا يتخطى عددهم على متن السفن الحديثة العشرين بحاراً. أما صيانة السفن فغالباً ما تتم في أطول أوقات التوقف. يمثل البترول، والمواد الأولية، والمنتجات الزراعية (المعادن، الفحم، الإسمنت، الحبوب، الخشب...) التي تنقل بواسطة السفن المستأجرة بناءً للطلب، ما يعادل 60 % من الوزن المنقول عالمياً. أما الجزء المتبقي فيتألف من بضائع – مودعة في حاويات أو على ألواح تحميل في شاحنات محملة بدورها على متن السفن – بالإضافة إلى الميتان ومواد كيميائية أخرى.

**يكون بعض السفن** مزوداً ببعض المعدات كالونش والرافعات والتي تسمح بتحميل أو تفريغ آلاف الأطنان من البضائع في بضع ساعات فقط.

### سفن متخصصة

لا تشبه السفن الخاصة بنقل البضائع أبداً السفن الشراعية السريعة التي تكدّس على متنها مختلف أنواع الحمولات. وقد باتت اليوم متخصصة: فمنها الخليطة لنقل البضائع غير الموضبة (معادن، منتجات زراعية...)؛ سفن لنقل البترول؛ سفن لنقل المواد الكيميائية؛ حاملات المستوعبات، سفن الدحرجة (رورو) التي تُحمل البضائع إليها بواسطة ألواح التحميل في شاحنات محملة بدورها على متن سفينة، إلخ.

## نمو ظاهرة «الملاءمة»

يُصنف الأسطول التجاري العالمي من خلال العلم الذي تحمله كل سفينة؛ تأتي باناما على رأسها، تليها ليبيريا، ثم اليونان وقبرص وجزر الباهاماس والنروج واليابان ومالطة وأخيراً سنغافورة. وتفضل الولايات المتحدة وهونغ كونغ وغيرها من الدول الأوروبية أن تستعمل سفنها في ظل هذه الأعلام وأن تستفيد من الضرائب المخففة، واليد العاملة الرخيصة وقيود قانونية أقلّ. لسوء الحظ، تؤدي هذه الحالة إلى وضع سفن خطرة في الخدمة. وتتعرض أعلام «المُلاءمة» اليوم للنقد الشديد من نقابات البحارة وعمال المرافئ والدول النامية التي تقف هذه السفن عائقاً في وجهها.

### معجم

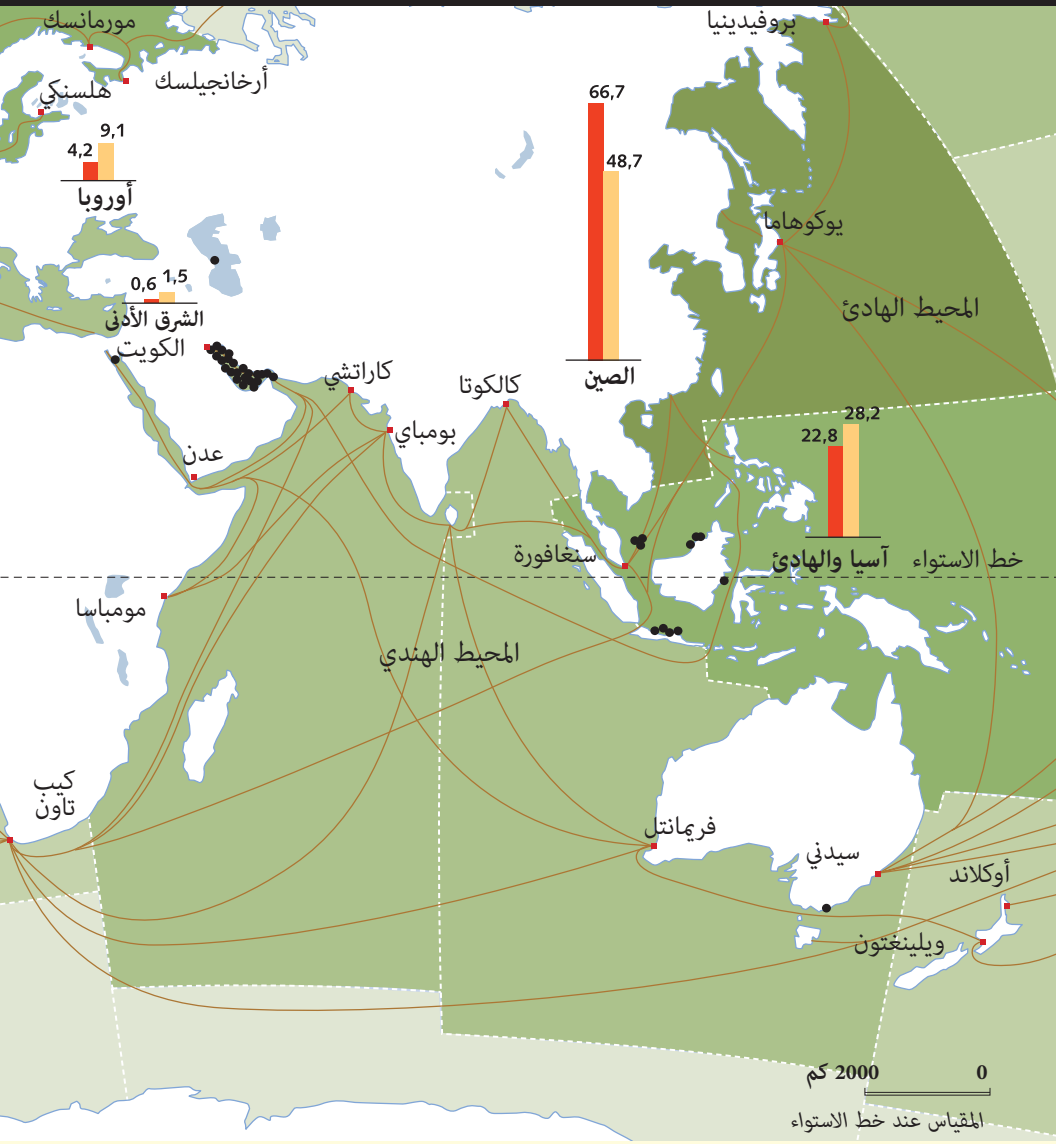
**البوصلة الجيروسكوبية**: أداة كهربائية ذات توجه ثابت وتنقل بالربان (أو الطيار) الآلي.

**نظام تحديد المواقع (GPS)**: نظام تحديد المواقع العالمي بواسطة الأقمار الصناعية وتحديداً الأمريكية نافستار (Navstar).

**خريطة** (على الصفحتين التاليتين)

إذا كان عدد السفن يميل إلى التراجع، فإن خطوط الشحن لم تتغير. أما في ما يتعلق بالصيد، فقد سلّم المحيط الأطلسي مكانته للمحيط الهادئ، الوحيد الذي لا تزال نسبة استعمال مياهه للنقل تسجل نمواً هاماً سواء قبالة الصين أو على مقربة من شواطئ البيرو. أما في ما يتعلق بالزراعة المائية، فتهيمن عليها آسيا إذ تستأثر بنسبة 88.5 % من الإنتاج العالمي.

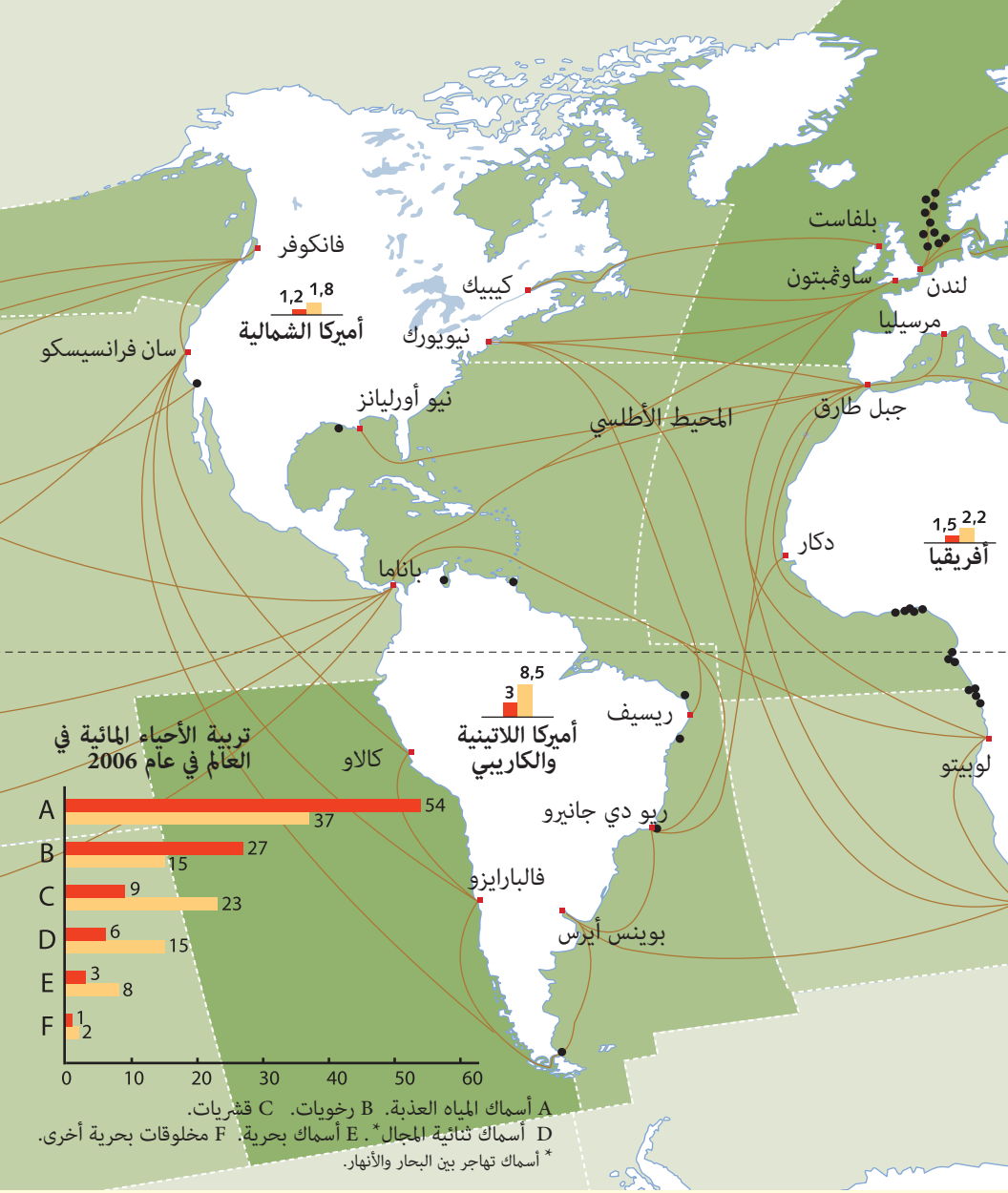
# استثمار الموارد البحرية




**الحدود الدولية لمناطق الصيد**

**توزع مناطق الصيد (ملايين الأطنان)**

- كميات قليلة
- من 0.5 إلى 1.5 مليون طن
- من 1.5 إلى 4 مليون طن
- من 9 إلى 11 مليون طن
- من 17 إلى 25 مليون طن




A أسماك المياه العذبة. B رخويات. C قشريات.
D أسماك ثنائية المجال*. E أسماك بحرية. F مخلوقات بحرية أخرى.

* أسماك تهاجر بين البحار والأنهار.

**شبكة عالمية من الخطوط البحرية**

- مناطق إنتاج نفطية بعيدة من الساحل

**تربية الأحياء المائية من حيث المنطقة في 2006**

الكمية %

القيمة %

تسيطر اليوم كل من الصين وجنوب شرق آسيا وغرب المحيط الهادئ على سوق الاستزراع المائي بنسبة 90 % تقريباً من الإنتاج الكمي، وبما يفوق الثلاثة أرباع من الإنتاج النوعي.

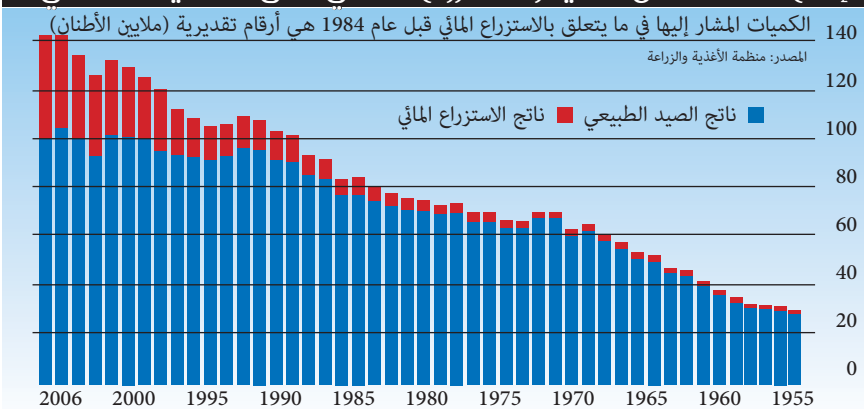
# أزمة الصيد

يعاني الصيد حول العالم منذ الثمانينيات حالة ركود لا سيما في المياه المعتدلة والباردة. وحدها مياه المحيط الهادئ الوسطى الغربية ومياه المحيط الهندي الشرقية تبدو بعيدة من حالة الركود هذه...

## كميات أقل من السمك

عند نهاية القرن التاسع عشر، بلغ إنتاج الأسماك والرخويات والقشريات وغير ذلك من منتجات الصيد على الصعيد العالمي أوجَه إذ وصل إلى 5 مليون طن في السنة. حالياً، ازدادت عشرين ضعفاً تقريباً: 92،3 مليون طن تم اصطيادها في عام 1999، علماً أن المردود الأقصى النظري يصل سنوياً إلى 100 مليون طن. لكن تكمن وراء النمو الظاهر حالة ركود حقيقي: فإذ وصلت إلى 18 مليون في بداية الخمسينيات، ازدادت الكمية بمعدل 6 % سنوياً حتى عام 1969، ثم بمعدل 2 % فقط في السبعينيات والثمانينيات لتستقر عند مستوى لم يتغير عملياً مذاك. في الواقع، لم تتراجع حركة الصيد، بل على النقيض من ذلك ظهرت أساليب صيد جديدة تعتمد على السفن المصانع التي تحدد مكان الأسماك بفضل معدات خاصة، لتنافس الأساليب التقليدية؛ إلا أن ما حصل هو أن كمية الصيد بلغت حدودها القصوى.

**إنتاج الأسماك من الصيد والاستزراع المائي على الصعيد العالمي**




## الصين تحتل المرتبة الأولى

تصطاد الصين أكبر كمية من الأسماك عادلت 20 % من الكميات التي تمّ اصطيادها في عام 1998، يليها اليابان، الولايات المتحدة، الاتحاد الروسي، البيرو، إندونيسيا، تشيلي، الهند، تايلاندا والنروج. في عام 1998، بلغت كمية الأسماك التي صيدت 86.3 مليون طن،

**تضاءل المخزون** في شمال شرق المحيط الأطلسي، والبرهان على ذلك بقاء ناتج الصيد على حاله منذ السبعينيات.

فسجلت تراجعاً بمعدل 8 % مقارنة بالعام الذي سبق. لقد شكل هذا التراجع انعكاساً لأهمية النينيو الذي شهده العالم بين عامي 1997 و1998؛ إذ باتت توجد كميات أقل من الأسماك في مياه البيرو الساحلية التي تتميز بغنى أقل بالأملاح المغذية وهبط حجم الصيد من 17 مليون طن إلى 8 مليون طن بين عامي 1996 و1998. يشير هذا التراجع أيضاً إلى ارتباط كل منطقة صيد بنوع أو نوعين: سمك الأنشوفة في البيرو وسمك الإسقمري في تشيلي في ما يتعلق بالمحيط الهادئ الجنوبي، وسمك البلوك (بولوك) في ألاسكا وسمك الأنشوفة الياباني في ما يتعلق بالمحيط الهادئ الشمالي الغربي، وسمك البونيتا ذو البطن المقلم وسمك التونا ذو الزعانف الصفراء في ما يتعلق بالمحيط الهادئ الأوسط الغربي، إلخ.

## نمو ناتج الصيد في المياه المدارية

على مدى سنوات طويلة، قدمت البحار المعتدلة والباردة في نصف الكرة الشمالي الكميات الأساسية من الصيد العالمي. إلا أن مكانتها تبقى راجحة؛ فمع 36 مليون طن، قدمت المناطق الشمالية الغربية في المحيط الهادئ والمناطق الشمالية الشرقية في المحيط الأطلسي في عام 1998 نحو 40 % من الإنتاج الإجمالي. ولكن منذ بضع سنوات تقريباً، توقف ناتج الصيد عن الزيادة، لا بل شهد تراجعاً في بعض الأحيان.

وبهذا لم يتعدَّ إنتاج المنطقة الشمالية الشرقية من الأطلسي 11 مليون طن منذ السبعينيات. كذلك تراجعت كميات سمك البلوك في ألاسكا من 6 مليون طن في الثمانينيات إلى 4 مليون في عام 1998. في المقابل، لم تتوقف الكميات المستخرجة من المياه الحارة المدارية عن الارتفاع، وفي هذا المضمار نشير إلى ارتفاع كميات الصيد في غربي المحيط الهادئ الأوسط (9.3 مليون طن في 1998)، علماً أن هذا

**معجم**

**منظمة الأغذية والزراعة:** منظمة تابعة للأمم المتحدة تُعنى بشؤون الزراعة والغذاء. تأسست في عام 1943.

الارتفاع لا يُعزى إلى أسراب أسماك التونا فحسب، بل إلى وجود أنواع أخرى من الأسماك (السردين، البوري، بونيتا، إلخ)، الرخويات (المحار، البطلينوس، الحبار، إلخ) والقشريات (القريدس).

## تشكيل المحميات

أخيراً، يبدو مستقبل الصيد في القسم الأوسط الغربي من المحيط الهادئ وفي القسم الشرقي من المحيط الهندي الأفضل، إذ تخطت هذه المناطق في عام 1998 مستويات قياسية. تترجم هذه الظروف أيضاً استثماراً مفرطاً للموارد (لا سيما في المحيط الأطلسي الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي). من أصل 441 مخزون صيد وفقاً لتقديرات منظمة الأغذية والزراعة، تمّ استنفاد 9 %، واستعمال بين 15 إلى 18 % في شكل مفرط، واستعمال 47 إلى 50 % في شكل كبيرً: يتعين على ثلاثة أرباع مناطق الصيد العالمية الخضوع لقيود لضمان تجددها. ونكون واهمين إذا ما تأملنا العثور على مناطق صيد جديدة: في الواقع، يوجد 87 % من إجمالي الكتلة الحيوية البحرية القابلة للاستهلاك في المياه الساحلية أو مناطق صعود المياه (تصاعد المياه الباردة الغنية بالأملاح المغذية)، التي لا تشكل إلا 2 % من حجم مياه المحيطات. وبالفعل، تمّ تنظيم مناطق الصيد، وفرض حصص، وتحديد عدد السفن والشبكات.... لكن من الواضح أن هذه الإجراءات لا تكفي. لذلك، يدعو الباحثون إلى إنشاء محميات تساهم في حماية الأنواع البحرية. ولكن لإعادة تشكيل هذه المجموعات، لا بدّ من تطبيق الإجراءات التقليدية في شكل دائم وخارج المحميات. لا شكّ في أن هذه الإجراءات لم تُفرح الصيادين ولا تزال المشكلة شاملة. ولكن لا بدّ من الإشارة إلى أنه حتى الآن لم يتمّ وضع إلا نحو مئة محمية موضع التنفيذ وإلى أن مساحة كل واحدة منها لا تتعدى أكثر من 12 كلم$^2$، أي أقل من 0.01 % من مساحة المحيطات الإجمالية.

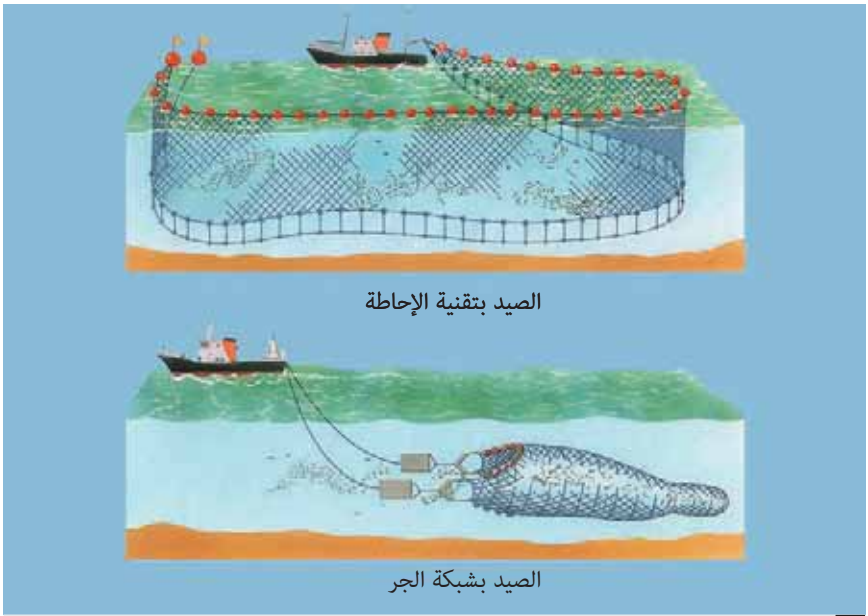
**الأسماك الرئيسة التي يتم اصطيادها في المحيط الأطلسي الشمالي**

### صيد وفقاً للمناطق

من حيث الوقائع، تنبثق أغلبية منتجات الصيد من الأرصفة القارية. لكن يتم صيد التونا من عرض البحار (التونا الصفراء، التونا السمينة، البونيتا ذات البطن المقلم، التونا البيضاء). ولفهم تطور المخزون، لم تعتمد منظمة الأغذية والزراعة على هذا التقسيم، بل قسمت المحيط العالمي إلى 16 منطقة تعرف اعتباطياً من خلال خطوط العرض والطول: ستة للمحيط الأطلسي، ستة للمحيط الهادئ، واثنتين للمحيط الهندي، وواحدة للبحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود، ومنطقة أخيرة للمحيط المتجمد الجنوبي.

## أساليب صيد متنوعة

يستعمل الصيادون حول العالم الشِّباك والصنارة وشباك صيد الأصداف وسلال




**تختلف تقنيات الصيد** بحسب الأسماك التي نرغب باصطيادها: تُستعمل تقنية الإحاطة لصيد الأسماك القريبة من سطح المياه في حين تُستعمل شباك الجر لصيد الأسماك من الأعماق.

الصيد. يمكن أن تكون الشبكة مخروطية الشكل ومقطورة بواسطة سفينتين وتستعمل إما في الأعماق قرب القاع أو في المياه المفتوحة: إنها الشباك التي تساهم في صيد نصف الناتج العالمي. يمكن أن تتألف أيضاً من عدة طبقات من الشباك المشدودة عمودياً بشكل ثابت أو متحرك، وتُعرف باسم «الشباك الخيشومية». تُستعمل أحياناً في شكل يساعد على إحاطة أسراب السمك التي تسبحُ عند السطح: تساعد شباك الإحاطة في العادة في صيد سمك الأنشوفة والسردين. أما الصنارة فتتوافر بأحجام متنوعة (تصل حتى 150 كلم!) وتحتوي على شص أو أكثر (من عشرات إلى بضعة آلاف)، متصلة مباشرة أو مرتبطة بحبال ثانوية تُعرف باسم الخيوط الطويلة، التي بفضلها يمكن التقاط أسماك الإسقمري والتونا. أخيراً، يستعمل الصيادون شباكاً معدنية لجمع الأصداف من القاع، وسلال الصيد للحصول على القشريات، إضافة إلى أدوات أخرى متنوعة.

## حصة المياه العذبة

تشمل كميات الأسماك التي يتمّ اصطيادها، وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة، تلك التي تُصطاد من المياه المالحة ومن المياه العذبة على حدٍّ سواء. وقد شكّلت الأخيرة نسبة غير قليلة وصلت في عام 1999 إلى 8.2 مليون طن، أي نحو 9 % من إجمالي كمية الصيد. زد أنها في حالة ازدياد مضطرد، إذ لم تكن تشكل أكثر من 6.7 مليون طن في عام 1994. تحتل الصين المرتبة الأولى إذ تنتج وحدها 30 % من الكمية الإجمالية.

# زراعة البحر

يقدم الاستزراع المائي، الذي يشهد نمواً كبيراً وتوجهاً صناعياً هاماً، بلحَ البحر، المحار، الطحالب والأسماك؛ أي نحو ثلث منتجات البحر.

## عمل متوارث من الأجداد

لجأ الإنسان منذ القدم في آسيا إلى تربية الكائنات في المياه، إذ كان هذا النوع من الزراعة معروفاً ومنتشراً لدى الإغريق والرومان في العصور القديمة. فعندما لاحظ أجدادنا أن الأسماك الصغيرة والرخويات والقشريات تتغلغل إلى داخل البحيرات والمستنقعات لتتكاثر قبل أن تعود أدراجها إلى البحر، فكّروا في التقاطها وطوّروا من أجل ذلك أساليب مهمة في مناطق متعددة كما في مستنقعات آسيا وفي وديان سهل بو. اليوم، تراجعت الأساليب التقليدية لتفسح المجال أمام الصناعة التي توفر نحو 33 مليون طن من الإنتاج سنوياً.

## تسمين اليرقات الفتية

يحتفظ الإنسان باليرقات التي يستخرجها من البحر أو يحصل عليها من الأماكن المخصصة للتفريخ والحضانة للإشراف على نموها في مناطق خاضعة للمراقبة. يُمارس هذا الاستزراع، الذي يسمى بالواسع النطاق، لتغذية أسماك الشبوط في أوروبا الغربية والصين، وسمك السلماني في آسيا، وسمك البوري والأبراميس في الوديان الإيطالية، والقريدس في مختلف أنحاء المنطقة الهندية المطلة على المحيط الهادئ. كذلك يربى المحار وبلح البحر

**تعد تربية المحار** على نطاق واسع نشاطاً زراعياً مائياً متطوراً جداً في أوروبا الغربية وفي عددٍ من دول آسيا (كاليابان).

والبطلينوس بالطريقة عينها في مختلف أنحاء العالم (فرنسا، إسبانيا، اليابان، الولايات المتحدة...). إلا أن الاستزراع المائي المكثف يميل إلى فرض نفسه.

**تحتمي يرقات السلمون** هذه التي تربى في الأحواض بالطحالب الصناعية.

## صناعة أسماك المزارع

يشمل النظام المكثف الأسماك على وجه الخصوص وتحديداً منها السلمون الذي يتغذى بحبيبات من طحين السمك المجفف ذي التكلفة الزهيدة، في أحواض تقطعها تيارات مائية قوية (تصل أقصى درجات حرارتها إلى 18 درجة). أصبحت النروج دولة رائدة في مجال تربية السلمون، إذ استأثرت في العام 1996 بإنتاج أكثر من نصف الكمية العالمية التي بلغت في ذلك العام 618 ألف طن. ولا بدّ من الإشارة إلى أن أسماك السلمون المرقط، الأنقليس، السمكة الصفراء الذيل، الأبراميس والقاروس تربى وفقاً للطريقة عينها. إلا أن تربية أعداد كبيرة جداً من هذه الأسماك يطرح إشكالية تتمثل في غياب السيطرة على التكاثر وارتفاع كلفة تغذيتها..

### أكبر المنتجين

فضلاً عن كونها رائدةً في مجال الصيد، تُعتبر الصين أيضاً رائدةً في مجال الاستزراع المائي. فقد قدمت في عام 1998 نحو 27 مليون طن من المواد فسبقت بأشواط الهند (2 مليون طن)، اليابان (1.3 مليون طن)، الفيليبين (955 ألف طن)، إندونيسيا (814 ألفاً)، جمهورية كوريا (797 ألفاً)، بنغلادش (584 ألفاً)، تايلاندا (570 ألفاً)، فيتنام (538 ألفاً). بمعنى آخر تقدّم الدول الأخرى مجتمعةً نحو 4.8 مليون طن. إلا أن قيمة إجمالي الإنتاج هذا لم تصل إلا إلى 12.5 مليار دولار أي نصف ما حققته الصين من أرباح (25 مليار دولار).

## سيطرة الطحالب

يتم 60 % من الزراعة المائية اليوم في المياه العذبة. فالمياه الأجاج (شديدة الملوحة) التي تشكل بيئة قاسية لا يمكن القريدس الياباني تحملها، لا تحوي إلا 6 % من الحجم الإجمالي.

أما في ما يتعلق بالمياه البحرية، فتنتج نحو 11 مليون طن (35 % من الكمية الإجمالية) من الطحالب وأقل منها من الرخويات.

وإضافة إلى كونها تستخدم تقليدياً كطعام في آسيا، تُعد الطحالب أيضاً علفاً ممتازاً للماشية وسماداً للزراعة وفي البستنة ودساتير الأدوية، وفي الصناعات الغذائية الزراعية... يمكن زراعة الطحالب على نطاق واسع من خلال نشر البذار بواسطة الشباك العائمة على مساحة بضعة كيلومترات، وقد خضعت أنواع كثيرة من الكائنات للدراسات بهدف استغلالها. ولا شكّ في أن نموها يشكل مصدر قلق أقل من ذلك الذي تسببه تربية أسماك المزارع التي ترفع كثيراً من نسبة التلوث.

### معجم

**استزراع مائي موسع:** تربية الأسماك في بيئة طبيعية تتطلب حجماً كبيراً من المياه، لذلك يكون المردود ضئيلاً مقارنة بهذه الكمية.

**استزراع مائي مكثف:** تربية أسماك ذات مردود عال في أحواض صغيرة الحجم يتطلب تأمين غذاء لهذه الأسماك من مصادر خارجية.

# صيد الكنوز

فضلاً عما يحتويه المحيط من كائنات حية قابلة للاستهلاك، يقدّم المحيط ثروات أخرى، منها ما يتواجد في مياهه ومنها ما يتواجد في أعماقه؛ كالملح، البروم، المغنيزيوم، الغاز والنفط، وهي من أكثر الثروات التي يسعى الإنسان لاستخراجها.

## تقنية السباخ المالحة (الملاحات)

**في الملاحات** (الصورة في فرنسا)، يتمّ تحسين تبخر مياه البحر من خلال ترك المياه تجري في مجموعة من الأحواض.

سعى الإنسان منذ العصر الحجري الحديث إلى استخراج الملح. في البحر الأبيض المتوسط وتحت تأثير أشعة الشمس والرياح، كان الإنسان يقوم بمجرد جمع الملح المتراكم على شواطئ البحيرات المالحة. ثم فكّر في العصور الوسطى بتحسين تبخر مياه البحر لاستخراج الملح من خلال ترك المياه تجري في سلسلة من الأحواض التي تُعرف باسم «السباخ المالحة» أو «الملاحات». تحسنت هذه التقنية كثيراً على مرّ الزمن إذ عدّل الإنسان الدورة الهيدروليكية وقسّم الأحواض الكبيرة الأساسية إلى وحدات أصغر؛ فبدت طريقة فاعلة في المناطق الحارة والجافة كشواطئ البحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وخليج كاليفورنيا وبحر عمان والبحار الداخلية في شرق آسيا وجنوب شرقها.. إضافة إلى الملح، الذي تُستخرج ثلث كمياته من مياه البحر، يستخرج الإنسان البروم، الذي تأتي 90 % من كمياته من المياه المالحة، وكذلك المغنيزيوم الذي تصل نسبة ما يُستخرج منه من مياه البحر إلى 60 %.

## المنصات البحرية البعيدة من الساحل

استطاع الإنسان منذ عام 1947 ضخّ النفط المتراكم في الترسبات: هذه هي تقنية استخراج النفط من عرض البحر، بمنصاتها العملاقة. وكان الإنسان يكتفي بحفر تربة الصفائح القارية حتى عمق يصل أقصاه إلى 500 متر. لكن اليوم، تراجع استخدام المنصات المرتكزة على القاع لتترك مكانها للبنى العائمة التي تتيح القيام بأعمال تنقيب تصل حتى عمق 2000 متر، حيث غالبا ما تتم عند مصبات الأنهار الكبيرة. كمجموع عام، استُخرج أكثر من نحو 3 مليار طن من النفط فيّ عام 1999، ثلثها كان من

### خزان مياه عذبة

في حين يفتقد بعض المناطق إلى المياه في شكل كبير، يبدو تكرير مياه البحار تدبيراً جيداً. تبعا لذلك تم وضع عدد من التقنيات التي تعتمد إما على التبخير أو على التكرير موضع التنفيذ. وقد أنشئ عدد من المصانع في الولايات المتحدة والكويت وروسيا واليابان وأستراليا.

**تراجع استعمال المنصات النفطية الثابتة** التي تضخ النفط المتراكم في الترسبات لتحلّ محلها البنى العائمة.

الحقول البحرية الواقع أغلبها في عرض بحار بلاد الشرق الأوسط، في حين استُخرج الثلثان الآخران من مياه أفريقيا وفنزويلا وإندونيسيا وخليج المكسيك وألاسكا وشرق كندا وبحر الشمال. وفي ما يتعلق بالغاز، يتم استخراج 10/1 من كمياته من أعماق البحار.

## حقول النفط والطاقة

**عقيدات معدنية** على عمق يزيد على 5000 متر.

تتوافر معادن الفحم والحديد في البحر بشكل كبير، إلا أنها تستثمر في شكل أقل من تلك الموجودة في باطن القارات. ونجد كذلك حقولاً من الكبريت (يقدم حقل لويزيانا نحو 90 % من الإنتاج العالمي) وصخوراً يُستخرج منها الفوسفات في مناطق صعود المياه العميقة (في عرض البحر أمام شبه جزيرة إيبيريا والسواحل المغربية والموريتانية والبيرو في المحيط الهادئ...).

**معجم**

**بعيداً من الساحل:** تقنية استخراج الطاقة الأحفورية من عرض البحر قبالة الشواطئ.

**عُقيدة:** تحجر كروي من أكسيد المعادن الذي غالباً ما يتوافر على عمق 3550 متراً.

وقد بدأ الإنسان بالاستفادة من الأوحال والعُقَيدات الغنية بالمعادن في الأعماق السحيقة، ويحلم البعض باستخراج المعادن من ينابيع المياه الحارة في حيود منتصف المحيط. تقدم الأوحال الحديدَ والزنك والنحاس والرصاص والذهب والفضة؛ في حين يُستخرج من العُقيدات المنغنيز، الحديد، النيكل، النحاس والكوبالت. أخيراً، فضلاً عن طاقة المد والجزر التي كانت الطواحين تستعملها سابقاً والتي تستفيد منها حالياً المعامل التي تعمل بهذه الطاقة كتلك الموجودة في رانس الفرنسية، يجري التفكير حالياً بالاستفادة من قوة الأمواج أو قوة التيارات الكبرى أو حتى التباين الحراري بين المياه العميقة والمياه السطحية لإنتاج الطاقة.

# حقوق السيادة

تثير الثروات المحيطية نزاعات بين الدول والمختصين بالقطاع البحري، ما دفعهم إلى وضع اتفاقيات عامة تحدد أوجه استعمال مياه البحار ومواردها.

## من مؤتمر إلى آخر

**معجم**

**سيادة:** تفرض الدول صاحبة السيادة شروطاً في ما يتعلق بحق الوصول إلى الموارد من دون أن تتمتع بحق الملكية العادية.

في عام 1958، عقدت الأمم المتحدة في خليج مونتيغو (جامايكا) أول مؤتمر حول حقوق استعمال البحر وموارده، وتبنى المجتمعون آنذاك أربع اتفاقيات حددت حالة حق استعمال البحر الإقليمي وحدوده والرصيف القاري والبحر العام والصيد. نشأ عن المؤتمر الأول هذا جدالات أدّت إلى مؤتمر ثانٍ في عام 1960 مُني بفشل ثان، إذ لاحظت دول كانت قد نالت حديثاً استقلالها أنها تستفيد فقط من 3 أميال بحرية (1.852 كلم) في حين أن دولاً أخرى وصلت حدودها البحرية إلى 200 ميل بحري من الشاطئ. وبعد مناقشات مريرة، أقرّت الدول المجتمعة الاتفاقية في عام 1982. إلا أن عدداً من الدول الكبرى (الولايات المتحدة، المملكة المتحدة، اليابان، إسبانيا...) رفض إقرارها.

## تعيين الحدود

تحدد الاتفاقية حدود المياه الإقليمية بـ 12 ميلاً بحرياً أي نحو 22 كلم بدءاً من الشواطئ. تمتلك الدولة الواقعة على البحر هذه الأميال ويمكنها استعمالها لتوفير أمن الملاحة ولها الحقّ أن تسمح بمرور السفن البحرية أو بمنعها، وبذلك يمكنها أن تفرض قوانين على الصيد، والتنقيب، واستكشاف الموارد بدءاً من السطح وصولاً إلى باطن الأرض تحت البحار.

أما المنطقة الاقتصادية الخالصة فتمتد حدودها لتصل إلى 200 ميل (300 كلم)، ولكن لا يمكن للدولة صاحبة السيادة على هذه المياه أن تمنع مرور السفن عبرها أو مد الأنابيب في أعماقها. ووفقاً للاتفاقيات الدولية، يحق للدول غير الواقعة على البحر أن تستعمل موارد هذه المياه. تحدد الدول

**عند تسرب النفط**، يتعين على مالكي السفنية المسؤولة عن هذا التسرب إصلاح الأمر في حال كانت الدولة التي يحملون جنسيتها من الدول الموقعة على الاتفاقية.

**حتى 300 كلم من الشاطئ**، يتعين على الدول المطلة على البحر أن تضمن أمن الملاحة، وأن تمنح الحق بالصيد أو بسبر الأغوار أو حجبهما.

البحرية مياهها الاقتصادية الخالصة وفقاً لخط وسطي على غرار الخط المعتمد على اليابسة.

## حريات المياه العامة

استناداً إلى الاتفاقية التي تمّ توقيعها في خليج مونتيغو، يقع البحر العام خارج المياه الإقليمية والمياه الاقتصادية الخالصة. ويحقّ للدول كلها سواءٌ أوقعت على الساحل أم لا أن تبحر عبر هذه المياه وتحلق فوقها وتضع كابلاتها وأنابيبها وتقوم بأبحاث علمية وأن تصطاد منها. تخضع السفن التي تمرّ عبر هذه المياه للتشريع الخاص بالعلم الذي تنتمي إليه، ولا يحقّ إلا للسفن الحائزة على جنسية الدولة المنضمة إلى هذا العلم أن يديروا شؤونها، باستثناء حالات المنع بسبب القرصنة وتجارة الممنوعات أو التلوث. تُعتبر قيعان البحار العامة ملكاً للبشرية جمعاء وتعمل الهيئة الدولية لأعماق البحار على دراسة الامتيازات ذات الصلة. مستقبلاً، يحقّ لهذه الهيئة أن تعيد توزيع جزء من الأرباح المحققة على الدول النامية. ولكن لا أحد يفضل منح هذه الهيئة إلا دوراً بسيطاً يخوّلها إدارة التعاون بين الدول المستثمرة فحسب..

### تلوث البحار

استناداً إلى اتفاقية خليج مونتيغو، يتعين على الدول وعلى الهيئة الدولية لأعماق البحار أن تحمي البيئة البحرية وذلك من طريق عدد من المعاهدات لا سيما في المناطق المهددة بخاصة. تفرض هذه المعاهدات على مستثمري أو مالكي السفن أن تتخذ الإجراءات الضرورية في حال التلوث. ومن ضمن هذه المعاهدات نذكر معاهدة برشلونة للبحر الأبيض المتوسط التي تمّ توقيعها في عام 1976. ولما كانت كل سفينة ترتبط بالدولة حيث تمّ تسجيلها، فإنها لا تحترم إلا الاتفاقيات التي وقعت عليها هذه الدولة، وهذا أحد الأسباب الذي تتعرض بسببه السفن التي تحمل علم الملاءمة للشجب.

باستثناء المحيط المتجمد الشمالي والمحيط المتجمد الجنوبي اللذين ينحصران في المناطق القطبية، تمتد المحيطات الأخرى عموماً من نصف الكرة الأرضية إلى النصف الآخر وتفصل القارات بعضها عن بعض. يُعتبر المحيط الهادئ الأكثر امتداداً والأعمق والأقدم بين المحيطات الثلاثة إذ يغطي 180 مليون كلم$^2$. إلا أن المحيط الأطلسي الذي يغطي 106 ملايين كلم$^2$ هو الأكثر شهرةً وهو الوحيد الذي يصل بين القطبين. أما المحيط الهندي، فتحده شمالاً سواحل المنطقة العربية وإيران والهند ويخضع لنظام أرصاد جوية تسيطر عليه الرياح الموسمية المتقلبة.

**ليست وحدة المحيطات** إلا أمراً ظاهراً، فلكلّ محيط خصائصه التي تميّزه عن الآخر.

# المحيطات الكبرى

# المحيط الهادئ

يتميّز المحيط الهادئ بغناه بالشعاب المرجانية وشجيرات المنغروف، إلا أنه يشهد أيضاً على حركات ثوران وزلازل مدمرة. علاوةً على ذلك، تترك تياراته البحرية والجوية آثارها على جزء كبير من الكوكب.

## المحيط الهادئ: أرقام قياسية

يُعتبر المحيط الهادئ أوسع المحيطات إذ يمتد وحده على نحو ثلث مساحة الأرض أي 180 مليون كيلومتر مربع تقريباً ومن ضمنها البحار الداخلية، و147 مليون كيلومتر مربع من دون مياه المحيط المتجمد الجنوبي. يحتوي المحيط الهادئ على نصف كمية المياه الإجمالية الموجودة على سطح الأرض. علاوةً على ذلك، يُعتبر الأعمق على سطح الكوكب إذ يصل متوسط عمقه إلى 4200 متر، كما أن جزأه الغربي يضم الهوة الأعمق في العالم في أخدود ماريانا، والتي يصل عمقها إلى 11022 متراً. ولا بدّ من الإشارة إلى أن أعلى نقطة في العالم ليست قمة إفرست إنما بركان يقع في مياه المحيط الهادئ وهو بركان مونالوا في جزر هاواي الذي يصل ارتفاعه إلى 9200 متر عن قاع المحيط (يظهر 4171 متراً منها فوق سطح المياه). غير ذلك، يُعتبر المحيط الهادئ أقدم المحيطات على كوكبنا (200 مليون عام).

## تنوع الشعاب المرجانية

نظراً لكونها تسير كالبساط المتحرك بسرعة غير ثابتة (8 إلى 18 سم كلّ عام، مقابل 2 إلى 5 سم فقط كلّ عام في المحيط الأطلسي) اعتباراً من محور السلاسل البركانية الواقعة

**يضم المحيط الهادئ** عدداً من البراكين الواقعة تحت سطح المياه التي تحولت مع مرور الوقت إلى جزر خلابة.

بحر أخوتسك
بحر بيرينغ
خليج ألاسكا
جزر
كوريليس
جزر ألوتيان
أميركا الشمالية
بحر اليابان
آسيا
بحر الصين
الشرقي
حوض المحيط
الهادئ الشمالي
المحيط الهادئ
الشمالي
جزر
الفيليبين
هاواي
جبل جزر هاواي
جبل المحيط الهادئ الأوسط
بحر الصين
الجنوبي
جزر مارشال
حوض غواتيمالا
بحر
سيليبس
حوض كارولين
خط الاستواء
بورنيو
جبل المحيط الهادئ الشرقي
جزر
غالاباغوس
بحر
باندا
بحر جافا
غينيا
الجديدة
جزر الماركيز
جافا
بحر المرجان
جزر فيدجي
جزر سوسيتيه
جزر تونغا
كاليدونيا
الجديدة
حوض البيرو
بحر
تيمور
جزر الأوسترال
حوض
فيدجي
أستراليا
المحيط الهادئ
الجنوبي
نيوزيلندا
بحر تاسمانيا
جبل المحيط الهادئ الجنوبي
الشرقي
تاسمانيا
بحر أموندسن
القارة القطبية الجنوبية
أعماق المحيط الهادئ (بالأمتار)
0 – 1000
1000 – 4000
4000 – 5000
5000 – 6000
6000 – 8000
وجهة التيارات
0
2000 كم
المقياس عند خط الاستواء

تحت سطح المياه (أو الحيود المحيطية) حيث تتشكل، تمرّ أرضية البازلت التي تشكل قاع المحيط الهادئ فوق النقاط الساخنة؛ وهكذا تنشأ براكين لكون الطبقة الصخرية التي تقع أسفل منها تكون بحالة الصهارة السائلة. تبقى قمم هذه البراكين ظاهرةً على شكل جزر بركانية، على غرار أرخبيلات هاواي، لا سوسييتيه، كارولين، إلخ. عند محيط مسبحة الجزر هذه، تنمو شعاب مرجانية تتحول مع الوقت إلى جزر مرجانية، فيما تنمو شعاب أخرى بمحاذاة الجزر المتعددة التي تكثر في المحيط الهادئ. يُعتبر «الحيد المرجاني العظيم» الأسترالي، الذي يمتد على مدى 2400 كلم، أكبر تشكل مرجاني في العالم.

**شبّ هذا الحريق** في إندونيسيا نتيجة الجفاف الناجم عن ظاهرة النينيو.

## حياة بحرية غنية

تشكل الشعاب الغنية في شكل مثير للعجب ملجأً لملايين الأنواع من الكائنات الحية حين تنمو حول المياه الحارة القليلة الملوحة وكأنها واحات محيطية حقيقية. بفضل تنوع سواحل المحيط الهادئ ومناخاته، يوفر هذا المحيط نطاقات واسعة للحياة. وهكذا تشكل شجيرات المنغروف في شمال أستراليا وجنوب الصين، ملجأً لمجموعة كبيرة من الأصداف والقشريات والأسماك والزواحف، في حين تحفز تيارات المياه الباردة على طول السواحل الأمريكية نمو غابات من الطحالب (الكيلب) حيث تعيش أيضاً اللافقاريات الصغيرة كالقاروس، ثعلب الماء، دب البحر... تشتهر سواحل البيرو بدورها بمجموعات الأنشوفة التي تختلف كمياتها وفقاً لظاهرة النينيو (الطفل يسوع).

**معجم**

**نقطة حارة**: عمود من صخور منصهرة منبثقة عن الدثار الأرضي الذي يخترق القشرة التي تقع فوقها مباشرة، فينشأ عنها البركان. يخمد هذا البركان حين تنتقل القشرة.

### حزام النار

في الغرب، تصطدم صفيحة الهادئ بالصفيحة الهندية – الأسترالية وبصفيحة الفيليبين. يُترجم هذا التعارض بسلسلة من الخنادق (خندق تونغا، خندق ماريان، خندق اليابان، خندق كوريل، إلخ)، وبسلسلة من الجزر الكبيرة التي تضم براكين ناشطة (اليابان، تونغا، ماريان، إلخ) وبنمو البحار الهامشية التي بانفتاحها (بحر اليابان) وانغلاقها (بحر الصين المداري)، ترتبط بزلازل هامة: تشكل هذه المجموعة ما يُعرف بحزام النار في الهادئ ضمن محيط يزيد على 70 ألف كلم يضم أكثر من نصف البراكين النشطة في العالم والبالغ عددها ألف بركان.

## مهد ظاهرة النينيو

تُطلق هذه التسمية على هذه الظاهرة لأنها تظهر غالباً في فترة عيد الميلاد، وهي ظاهرة خاصة بالمحيط الهادئ تشير إلى رباط متلازم

**أثناء فترة النينيو**، تنهمر أمطار غزيرة جداً على وسط القارة الأمريكية وجنوبها الغربي (هنا في الإكوادور).

## محيط «كسول»

لما كان المحيط الهادئ يتعرض لأمطار متدفقة تنهمر فوق مختلف أرجاء حزامه الاستوائي، فإنه يتلقى أيضاً كميات كبيرة من المياه القليلة الملوحة الآتية من القارة القطبية الجنوبية. ولا تنجح عملية التبخر الهامة التي يشهدها في التعويض عن هذه الكميات، لذلك فإن متوسط محتوى مياه المحيط الهادئ من الملح ضعيف. وحتى في المناطق الشمالية الغربية منه، حيث تنخفض درجات الحرارة بشدة شتاءً، تبقى كثافة المياه ضعيفة. وبهذا لا يشكل المحيط الهادئ مياهاً عميقة، بل يكتفي بتلقي مياه المحيطات المجاورة.

يجمع الغلاف الجوي بالمحيط. في الواقع، يظهر النينيو حين تضعف الرياح التجارية: تندفع مياه سطح المحيط الهادئ الشرقي الحارة في شكل أقل فاعلية نحو الغرب، أو تنحسر باتجاه السواحل مما يزيد من خطورة هذه الظاهرة. نتيجةً لذلك، تشهد إندونيسيا وأستراليا جفافاً خطيراً في حين تنهمر أمطار غزيرة جداً فوق البيرو. في المقابل، لا تتصاعد المياه الباردة من الأعماق كالعادة. تهجر الأسماك مناطق الصيد وتضطرب حركة الصيد بأكملها. يحتل المحيط الهادئ بفضل أسماك التونا مكانة مرموقة في اقتصاد الصيد والاستزراع المائي التي اعتمدها سكان آسيا منذ القدم، والتي تشهد في السنوات الماضية نمواً ملحوظاً.

# المحيط الهندي

يُعتبر المحيط الهندي، الذي يحدّه حاجزٍ من اليابسة في الشمال، المحيط الأصغر بين المحيطات إنما أكثرها تعقيداً. وتؤدي الرياح الموسمية التي تهب فوقه إلى انقلاب تياراته رأساً على عقب.

## محيط مغلق من الشمال

**يضم المحيط الهندي** بعضاً من الجزر التي تستقبل أكبر عددٍ من السياح ومنها جزر السيشيل (في الصورة) والمالديف وموريس...

يُعد المحيط الهندي، الذي تحدّه من الجهة الشمالية سواحل المنطقة العربية وإيران والهند، الأصغر بين محيطات الكرة الأرضية الثلاثة، إذ بالكاد يشغل مساحة تصل إلى 49 مليون كلم$^2$ إذا ما أخذنا البحار التابعة له بعين الاعتبار، أي إن مساحته في هذه الحالة توازي مساحة أوروبا وأفريقيا والولايات المتحدة! وتصل في أقصاها إلى 75 مليون كلم$^2$ إذا ما أضفنا إليه المياه القطبية الجنوبية. إن متوسط عمق المحيط الهندي البالغ 3800 متر يقع في منزلة وسطى بين عمق كل من المحيط الهادئ والمحيط الأطلسي، ويعود ذلك إلى النمو الضعيف للرصيف القاري ووجود عدد من الخنادق في جهته الشرقية: خندق أوب في ديمانتينا قبالة أستراليا، خندق جافا (أعمقّ حفرة ويصل عمقها إلى 7450 متراً) وخندق سوندا عند حدود الأرخبيل الإندونيسي الجنوبية.

## تضاريس مميزة

يتميّز المحيط الهندي بتضاريس قاعه؛ فإذا لم يكن الحيد المحيطي دائريا على غرار المحيط الهادئ (حزام النار الشهير)، إلا أنه محوري على غرار الأطلسي ويتفرع ثلاثة فروع: يمثل أحد هذه الفروع امتدادا لفتحة الصدع الأفريقي، في حين يلتقي الفرعان الآخران على التوالي بالمحيط الأطلسي والمحيط الهادئ. غير ذلك، ترتفع التضاريس في كل مكان من المحيط الهندي وتشكل مجموعة من الأحواض: الحوض العربي، حوض الصومال، حوض مدغشقر، الحوض الأوسط، الحوض الأسترالي...

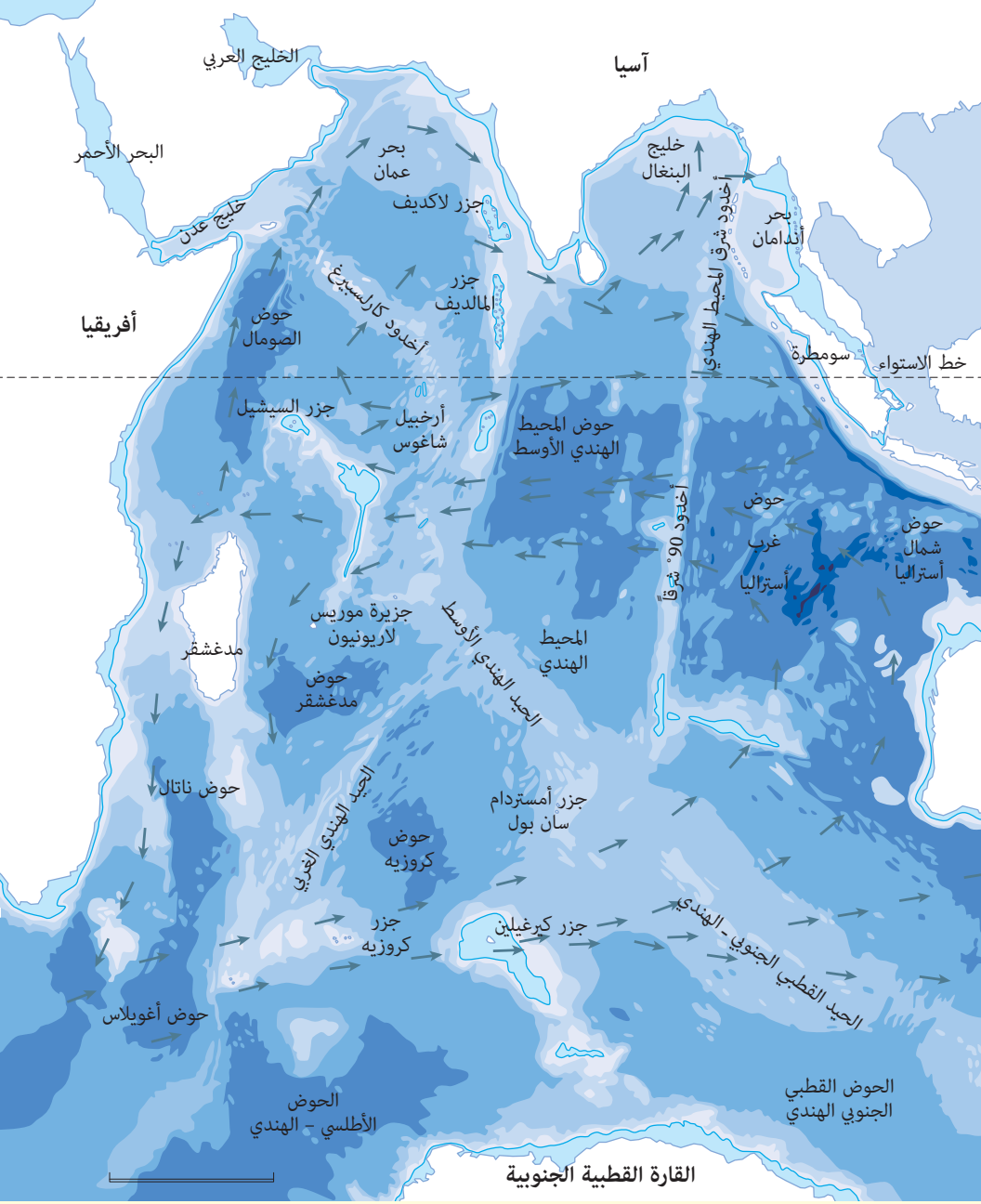
## تحت تأثير الرياح الموسمية

في شكلٍ عام، يُعتبر مناخ المحيط الهندي مدارياً ويتميّز

### التباين الكبير في نسبة الملوحة

تتراجع نسبة ملوحة مياه المحيط الهندي بفعل غزارة الأمطار التي تنهمر فوق منطقة جافا، فلا تتعدى 35 في الألف عند السطح وتنخفض إلى 30 في الألف في خلال موسم الأمطار. في المقابل، يؤدي المناخ الصحراوي الذي يسود قبالة أستراليا وجنوب المنطقة العربية إلى تبخر عال وبالتالي إلى نسبة ملوحة هامة تصل إلى 36 في الألف غرب أستراليا، ويمكن أن تصل إلى 40 في الألف في البحر الأحمر وفي الخليج العربي.

**يترافق نظام الرياح الموسمية** الناتج من انقلاب وجهة الرياح المهيمنة، مع أمطار صيفية غزيرة وفيضانات.


الخليج العربي
آسيا
البحر الأحمر
بحر عمان
خليج البنغال
خليج عدن
جزر لاكديف
أخدود شرق المحيط الهندي
بحر أندامان
جزر المالديف
أفريقيا
حوض الصومال
أخدود كارلسبيرغ
سومطرة
خط الاستواء
جزر السيشيل
أرخبيل شاغوس
حوض المحيط الهندي الأوسط
أخدود 90° شرقاً
حوض غرب أستراليا
حوض شمال أستراليا
جزيرة موريس لاريونيون
مدغشقر
المحيط الهندي
الحيد الهندي الأوسط
حوض مدغشقر
حوض ناتال
الحيد الهندي الغربي
جزر أمستردام سان بول
حوض كروزيه
جزر كروزيه
جزر كيرغيلين
الحيد القطبي الجنوبي - الهندي
حوض أغوياس
الحوض الأطلسي - الهندي
الحوض القطبي الجنوبي الهندي
القارة القطبية الجنوبية
أعماق المحيط الهندي (بالأمتار)
200> 3000 – 2000 6000 – 5000
1000 – 200 4000 – 3000 7000 – 6000
2000 – 1000 5000 – 4000 8000 – 7000
8000 <
اتجاه التيارات
0 1500 كم
المقياس عند خط الاستواء

بالرياح الموسمية. فوق مدغشقر، تراوح دائماً درجات الحرارة التي تسيطر على المحيط بين 23 و27 درجة. في المقابل، تختلف المتساقطات في شكل كبير بين منطقة وأخرى من المحيط؛ فحين تهبّ الرياح الموسمية صيفاً، تنهمر الأمطار بغزارة في خليج البنغال وعلى طول سواحل جنوب شرق آسيا لتصل إلى نحو 3 أمتار سنوياً قبالة سومطرة. ولكن، في الوقت عينه، يسيطر مناخ صحراوي على المياه قبالة أستراليا والمنطقة العربية. ومع عودة الشتاء، يخضع شمال المحيط الهندي للرياح المعتدلة الباردة والجافة التي تؤدي إلى تبخر عالي المستوى، في حين تجتاح الأعاصير المناطق الواقعة تحت خط عرض 10 درجات جنوباً. وطبعاً، يترك كل ذلك تأثيره على مجرى المياه وغناها بالعوالق، وعلى نباتاتها وحيواناتها.

## وفرة الشعاب

على غرار مياه المحيط الهادئ ومياه المحيط الأطلسي المدارية، يحتوي المحيط الهندي على شعاب مرجانية كثيرة لا تتواجد فقط على طول سواحل البحر الأحمر وشرق أفريقيا، إنما حول عدد كبير من الجزر ومنها جزر القمر، جزيرة موريس، جزر ماسكارين، جزر السيشيل وجزر المالديف.

**معجم**

**رياح موسمية:** رياح تهب في المناطق المدارية وتغيّر اتجاهها بحسب الموسم. في المحيط الهندي، تهبّ الرياح الموسمية الشتوية الجافة من اليابسة باتجاه البحر، حين تهب الرياح الموسمية الصيفية الرطبة من المحيط باتجاه اليابسة حاملة معها أمطاراً غزيرة.

## التيارات: نظام متغير

تغيّر التيارات اتجاهاتها وفقاً للفصول في النصف الشمالي من المحيط الهندي. فبفعل نظام التيارات المعقد والمتقلب هذا، تصعد المياه العميقة الغنية بالمواد المغذية صيفاً على طول السواحل الشرقية لأفريقيا، في حين أنها تصعد شتاءً قبالة السواحل الهندية وفي مناطق أخرى من المحيط الهندي. نتيجةً لذلك، لا تتصاعد الأملاح المغذية إلى الأماكن عينها على مدار السنة، ويُترجم ذلك بتقلبات كبيرة من حيث الزمان والمكان في كمية العوالق النباتية الموجودة.

## مخزون كبير من الأسماك

**إن سمكة الكلكنتا** التي تعيش في أعماق مياه جزر القمر هي نوع خاص بالمحيط الهندي لم تُكتشف إلا في عام 1938.

لما كانت التيارات قوية جداً، تنتقل العوالق النباتية مئات الكيلومترات من مكانها الأصلي لتساهم في نمو العوالق الحيوانية التي بدورها تحسّن في شكل متفاوت نمو الحيوانات آكلة اللحوم. وبهذا، تتواجد المياه الغنية بالأسماك بعيداً من مناطق صعود المياه العميقة. ومن ضمن هذه الأسماك نذكر التونا، الإسقمري والسردين وكذلك القرش وسلاحف البحر والحوت الأحدب وغيرها. لا يزال الصيد يعتمد في مناطق كثيرة حول المحيط الهندي على الأساليب التقليدية لا سيما في مناطقه الغنية شمالاً، الأمر الذي يفسر من دون شك أن هذا المخزون الواعد يجذب اليوم الطامعين...

# المحيط الأطلسي

يأتي المحيط الأطلسي بعد المحيط الهادئ من حيث المساحة، وهو المحيط الوحيد الذي يصل مياه القطبين، ويؤدي من هذا المنطلق دوراً مهماً في الحفاظ على توازن الكوكب المائي.

## صلة وصل بين القطبين

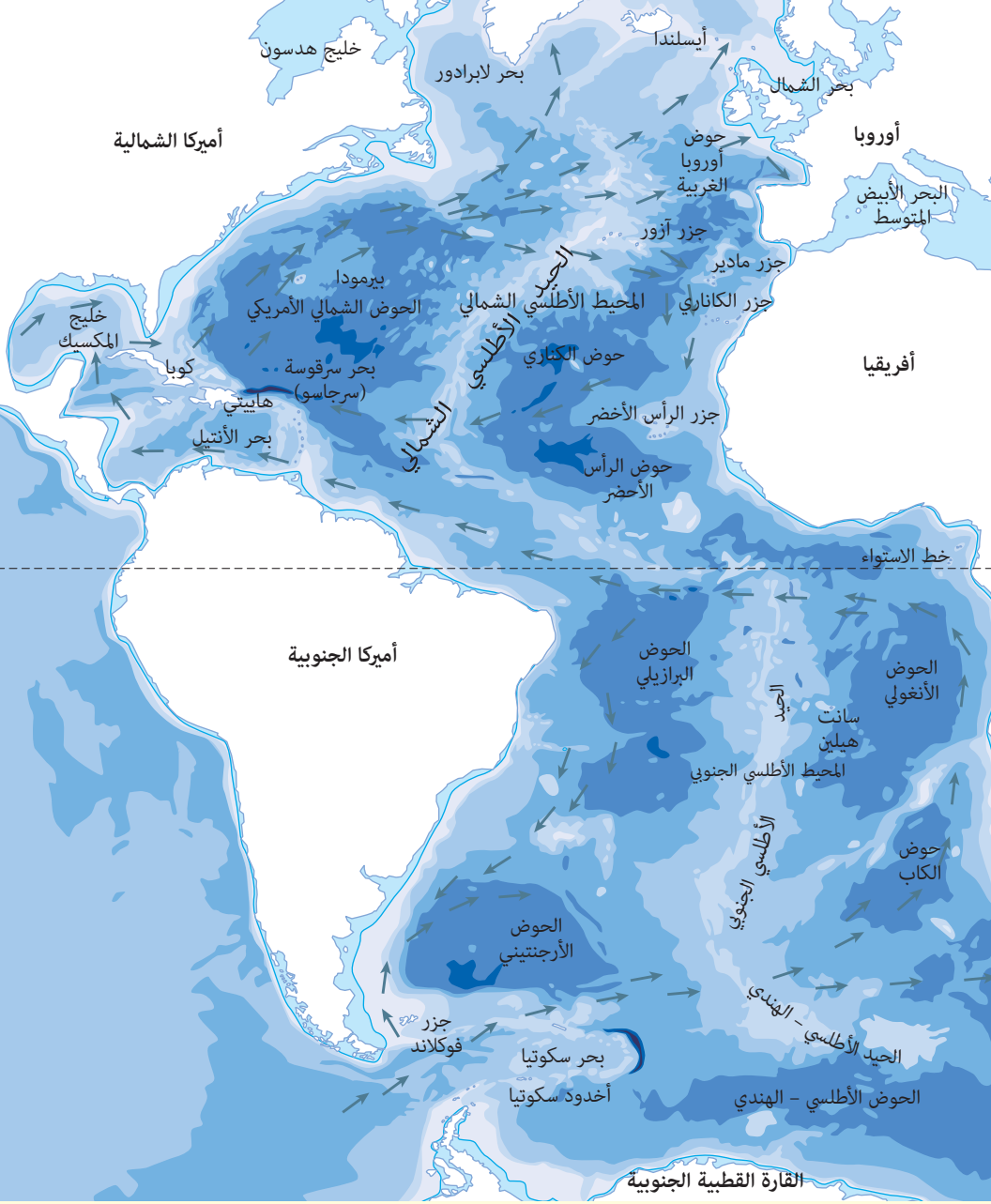
يصل المحيط الأطلسي بين مياه المحيط المتجمد الشمالي والمحيط المتجمد الجنوبي، وهو المحيط الوحيد الذي يتلقى مياهاً باردة من المنطقتين القطبيتين. يمتد المحيط الأطلسي على مساحة أقل بمرتين من مساحة المحيط الهادئ. تبلغ مساحته 88 مليون كلم$^2$ من ضمنها البحار الواقعة على حدوده (و106 مليون كلم$^2$ عند إضافة مياه المحيط المتجمد الجنوبي).

يحدّ المحيط الأطلسي جرف (أرصفة) قارية واسعة، لا سيما في جزئه الشمالي. تمثل هذه الجرف نحو 14 % من مساحة أعماقه أي مرتين أكثر من أعماق المحيطات الأخرى. علاوةً على ذلك، يمتد حيد منتصف محيطي على شكل حرف S (يصل في بعض الأماكن إلى 2000 كلم) وسط المحيط الأطلسي على مدى طوله. ويشكل هذا الحيد سلسلة واسعة من التضاريس الواقعة تحت سطح المياه التي تظهر فوق سطحها هنا وهناك على شكل جزر بركانية (جزر آزور، أيسلندا...). لهذين السببين إذاً، يقل متوسط عمق الأطلسي (3300 م) عن عمق المحيط الهادئ والمحيط الهندي. إلا أن بعض الحفر العميقة تتميز بعمق كبير (كحفرة بورتوريكو التي تصل إلى 9225 متراً).

### بحار محاذية كثيرة

تبعاً لأهمية نمو الجرف القارية، يحدّ المحيط الأطلسي عدد من البحار الداخلية، ومنها مثلاً: المانش، بحر البلطيق، بحر الشمال، بحر إيرلندا وغيرها. ويمكن أن نذكر أيضاً بحاراً محاذية أكثر عمقاً على غرار البحر الأبيض المتوسط، بحر سرقوسه، بحر الأنتيل، وعدداً من الخلجان (خليج المكسيك، خليج غينيا...)

أرخبيل جزر آزور البركاني.


خليج هدسون
بحر لابرادور
أيسلندا
بحر الشمال
أمريكا الشمالية
أوروبا
حوض أوروبا الغربية
البحر الأبيض المتوسط
جزر آزور
جزر مادير
جزر الكناري
بيرمودا
الحوض الشمالي الأمريكي
المحيط الأطلسي الشمالي
البحر الأطلسي الشمالي
خليج المكسيك
كوبا
بحر سرقوسة (سرجاسو)
هايتي
بحر الأنتيل
حوض الكناري
أفريقيا
جزر الرأس الأخضر
حوض الرأس الأخضر
خط الاستواء
أمريكا الجنوبية
الحوض البرازيلي
الحوض الأنغولي
البحيد سانت هيلين
المحيط الأطلسي الجنوبي
الأطلسي الجنوبي
حوض الكاب
الحوض الأرجنتيني
الحيد الأطلسي - الهندي
جزر فوكلاند
بحر سكوتيا
أخدود سكوتيا
الحوض الأطلسي - الهندي
القارة القطبية الجنوبية
أعماق المحيط الأطلسي (بالأمتار)
200> 3000 – 2000 6000 – 5000
1000 – 200 4000 – 3000 7000 – 6000
2000 – 1000 5000 – 4000 8000 – 7000
8000 <
اتجاه التيارات
0 1000 كم
المقياس عند خط الاستواء

## على إيقاع "غلف ستريم"

لطالما ارتبط تنوع تدفقات غلف ستريم (تيار الخليج) بالتغيرات المناخية الكبيرة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. منذ 100 ألف عام، كانت مياه الأطلسي تسير أبطأ مما تفعله اليوم بـ 3 إلى 5 مرات. يقع تيار الأطلسي الشمالي المنحرف الذي يستعيد مياه غلف ستريم لينقلها إلى الغرب تحت خطوط الطول الشمالية 40 °، وبذلك لا يمكن السواحل الأوروبية أن تستفيد من بخار الماء الحار...

## سلسلة أحواض

تبدو الاختلافات في نسبة الملوحة ملحوظةً في شكل خاص في المحيط الأطلسي الذي يعتبر على الصعيد المحلي مركز عملية تبخر كثيفة (لا سيما في البحر الأبيض المتوسط). في الواقع، يجمع هذا المحيط نصف مياه الكوكب العذبة، إذ تصب فيه مياه عدد كبير من الأنهار (سان لوران، أورينوك، أمازون، الكونغو، النيجر...). بالإضافة إلى ذلك، تقطع مجموعة من الشقوق والأخاديد المستعرضة الحيد المنتصف المحيطي الأطلسي الشمالي وتقسم القاع إلى اثني عشر حوضاً. تبعاً لذلك، لا يمكن المياه العميقة أن تمرّ إلا من خلال عبور عدد من العتبات؛ فتخسر عند مرورها جزءاً من كثافتها، وتالياً جزءاً من ملوحتها في أغلب الأحيان. وهذا ما يحدث في البحار المحاذية. بذلك، لا تصل نسبة ملوحة المياه العميقة في البحر الأبيض المتوسط التي عادةً ما تبلغ 39.10 في الألف في الجنوب الشرقي، إلا إلى 38 في الألف عندما تخرج من مضيق جبل طارق.

## تشكيلة من المناخات

نظراً لموقع المحيط الأطلسي الجغرافي، وشكله وتنوع المناخات التي تسيطر عليه، يُعتبر هذا المحيط الأكثر نشاطاً إذ ينقل كميات كبيرة من مياه السطح (يتدفق عبر تيار غلف ستريم 130 مليون م$^3$ كل ثانية)، كما يعتبر مكاناً لتشكل مياه الأعماق (لا سيما في بحر النروج).

**تعرف السواحل الواقعة** على ضفاف المحيط الأطلسي، المحيط المفتوح شمالاً وجنوباً على المياه القطبية، تنوعاً مناخياً كبيراً.

**لطالما كان المحيط الأطلسي الشمالي** جنة الصيادين، غير أن هذا الأمر لم يعد كما في السابق.

تساهم هذه الحركة في المقابل في ضبط المناخات. وبذلك، يرفع بخار الماء الذي ينقله تيار غلف ستريم حرارة السواحل الغربية في أوروبا، إلى حد أن مدينة كلشبونة في البرتغال تسجل متوسط درجات حرارة أعلى بـ10 درجات من ذلك الذي تسجله نيويورك، علماً أن المدينتين تقعان على خط العرض نفسه. علاوةً على ذلك، تختلف النباتات والحيوانات من شاطئ إلى آخر وتتنوع كذلك في شكل كبير بحسب خطوط العرض وطبيعة الشواطئ: شواطئ رملية غنية بالأصداف وديدان البحر، وشواطئ صخرية تغطيها الطحالب والأزقة البحرية وشجيرات المنغروف والشعاب، إلخ.

**معجم**

**حيد منتصف محيطي:** سلسلة من البراكين الواقعة تحت سطح البحر الناتجة من تصاعد الصهارة من أحشاء الأرض، تتشكل عندها الأرضية الصخرية للمحيطات.

**البحر فوق القاري:** بحر قليل العمق يغطي الرصيف (الجرف) القاري.

## استنفاد مخزون الأسماك

تطور الصيد بادئ ذي بدء في المنطقة الشمالية من المحيط الأطلسي بفعل اتساع مدى جرفه القاري وتواجد عدد كبير من البلدان الصناعية. اليوم، تعاني حركة الصيد ركوداً نظراً لفرط استغلال مخزون الأسماك (رنكة، إسقمري، سردين، قدّ، تونا..). في المقابل، تشهد حركة الصيد نمواً كبيراً في المنطقة الجنوبية الغربية لا سيما في مياه بحر الأرجنتين. أما في ما يتعلق بالاسترزاع المائي، فيضم تربية المحار الممتدة في البرتغال وفرنسا، وتربية بلح البحر في هولندا وإسبانيا وفرنسا، وجمع الطحالب لأغراض زراعية وتجميلية، كذلك وبخاصة تربية الأسماك المكثفة كتربية السلمون في النروج. أخيراً، يضم المحيط الأطلسي مختلف أنواع الموارد المستثمرة كالملح والحصى والرمل ومؤخراً الألماس في ناميبيا والنفط في بحر الشمال وسواحل أفريقيا الغربية وخليج المكسيك...

# المحيطات القطبية

تؤدي المحيطات المتجمدة الشمالية والجنوبية دوراً أساسياً في دورة الكتل المائية على سطح الكوكب. في داخل هذين المحيطين تنشأ المياه العميقة الباردة الغنية بالأملاح المغذية.

## محيطات... أم لا؟

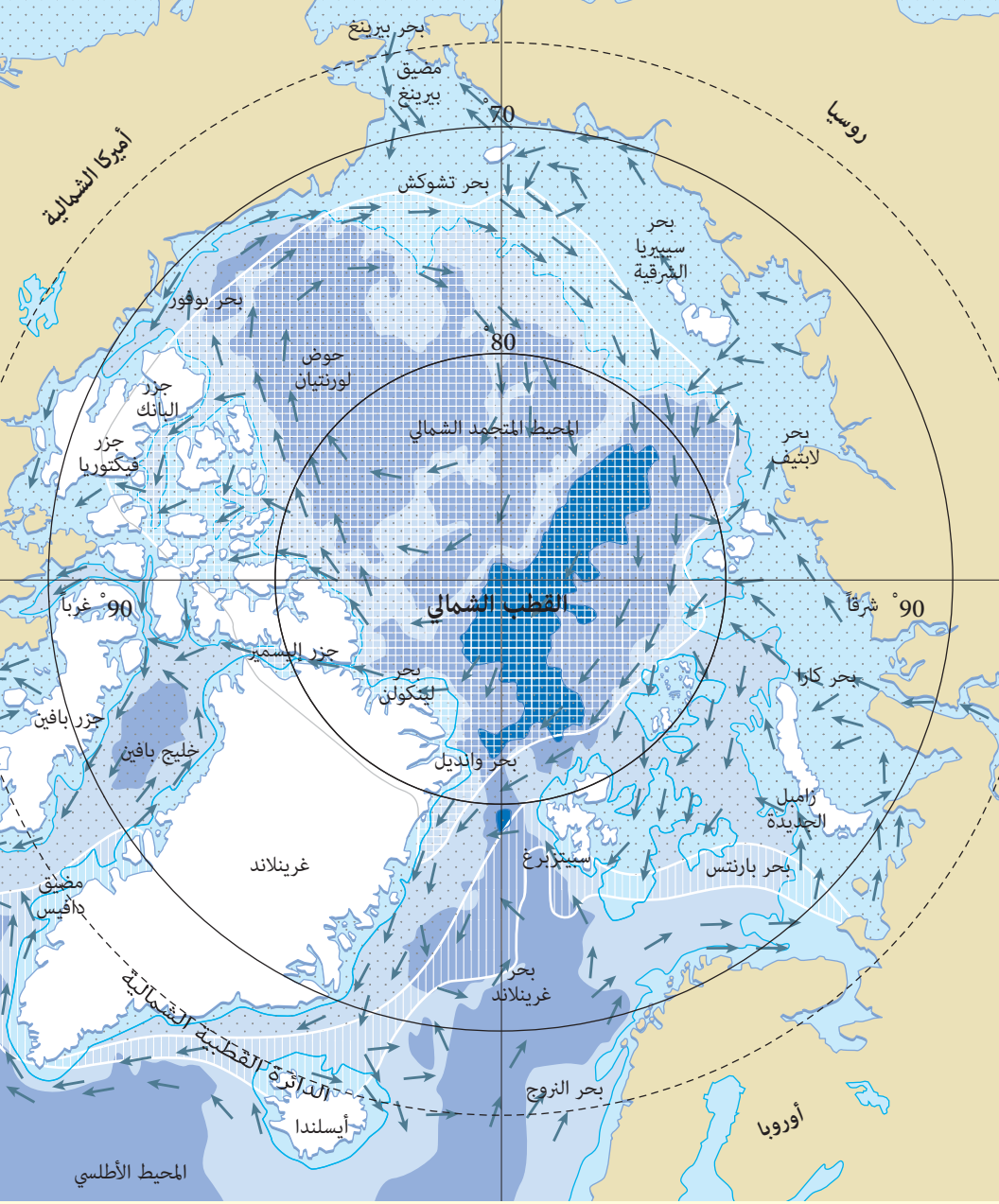
**في الشتاء**، يسلم من الجليد جزءٌ بسيط جداً من المحيط المتجمد الشمالي، فيتم اللجوء إلى كاسحات الجليد.

المحيط المتجمد الشمالي هو الجزء الشمالي من المحيط الأطلسي. أما المحيط المتجمد الجنوبي فيضم في القسم الجنوبي الأقصى من الكوكب المياه المحيطية كلها. لذلك، لا يجب أن نطلق على أيٍّ منهما اسم «محيط».

يُفسر ذلك أيضاً بتأثيرهما على دورة المياه العميقة. يُعتبر المحيط المتجمد الشمالي الذي يشغل مساحة تصل إلى 14 مليون كلم$^2$ أصغر المحيطات على الإطلاق، في حين يبدو المحيط المتجمد الجنوبي أكبر إذ يشغل 77 مليون كلم$^2$ تتوسط المسافة بين المحيط الأطلسي والمحيط الهندي. مقارنة بهذين المحيطين، يُعد المحيط المتجمد الشمالي الأقل عدائية. يتصل هذا المحيط بالمحيط الأطلسي من خلال عتبة يصل عمقها إلى 500 متر تمتد من شرق غرينلاند إلى شمال النروج، ويتلقى مياهاً مالحة (تصل نسبة ملوحتها إلى 35 في الألف) وقليلة البرودة (تراوح درجة حرارتها بين 2 و9 درجات مئوية) مقارنة بدرجات الحرارة السائدة في خطوط العرض العليا هذه (التي تصل حتى إلى – 30 درجة في القطب الشمالي شتاءً)، وهذا سبب دوام وجود صفيحة جليدية ضخمة من مياه البحر، يصل متوسط سماكتها إلى 3 أمتار. يحيط به شتاءً جليد بحري يمتد حتى السواحل ولا يترك المجال إلا أمام جزء بسيط من المحيط المتجمد الشمالي (بحر بارنتس) للظهور: وهكذا يمكن الدب الأبيض أن يتّنقل فوق المحيط تماماً كما يتنقل على اليابسة.

## غنى مياه المحيط المتجمد الشمالي

على سواحل المحيط المتجمد الشمالي، يمكن أن ترتفع درجات الحرارة شتاءً 10 درجات.




**أعماق المحيط المتجمد الشمالي (بالأمتار):**

- 200 > 
- 200 – 2000
- 2000 – 4000
- 4000 <

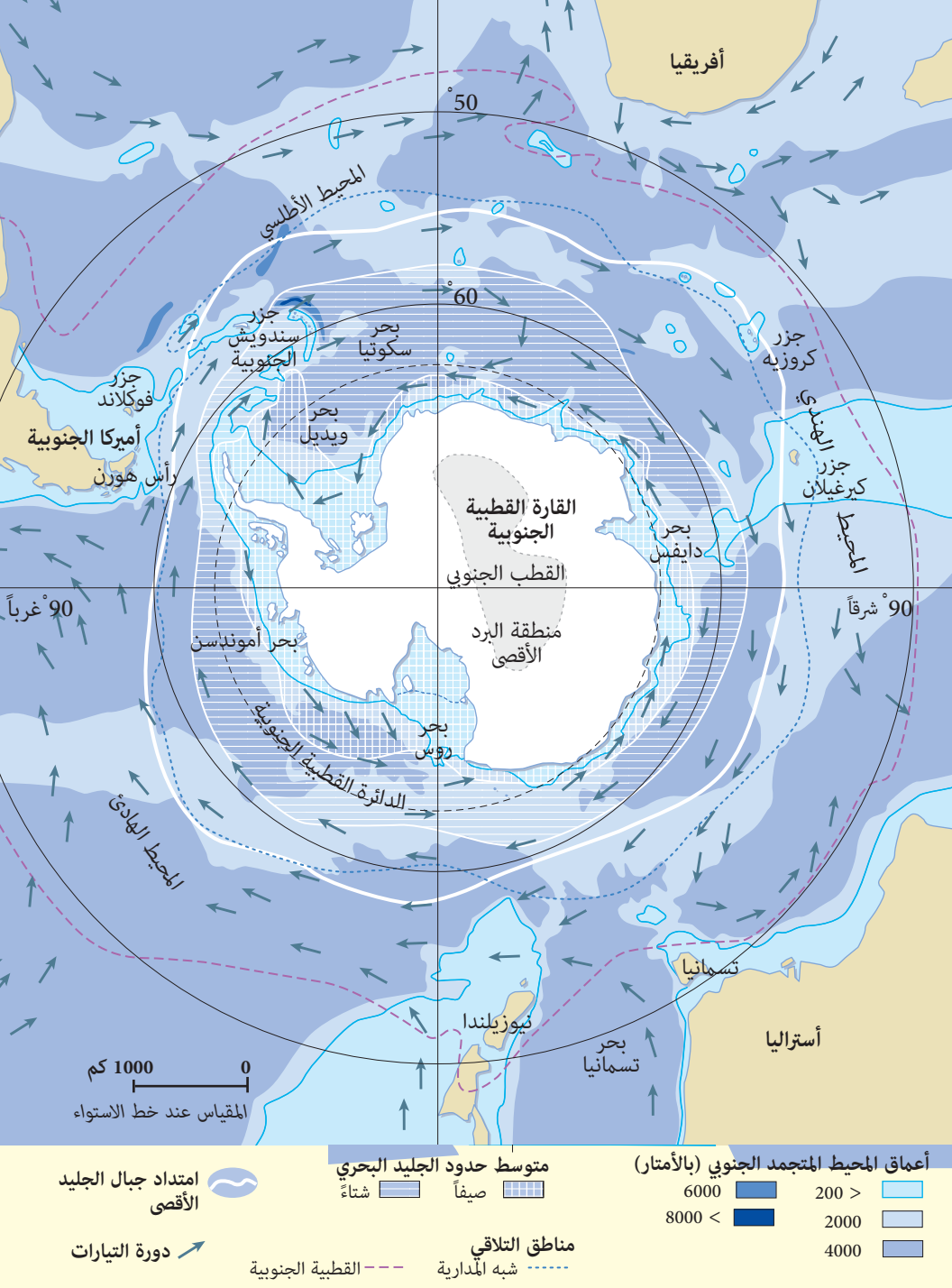
**إجمالي توزع الجليد**

- غطاء دائم
- غطاء متكرر على مدار السنة
- غطاء عرضي في الشتاء والربيع

**دورة التيارات**

0 500 كم

المقياس عند خط الاستواء


أفريقيا
50°
60°
المحيط الأطلسي
جزر سندويش الجنوبية
بحر سكوتيا
جزر فوكلاند
أميركا الجنوبية
رأس هورن
بحر ويديل
جزر كروزيه
المحيط الهندي
جزر كيرغيلان
القارة القطبية الجنوبية
القطب الجنوبي
بحر دايفس
منطقة البرد الأقصى
90° غرباً
90° شرقاً
بحر أموندسن
بحر روس
الدائرة القطبية الجنوبية
المحيط الهادئ
تسمانيا
نيوزيلندا
أستراليا
بحر تسمانيا
1000 كم
0
المقياس عند خط الاستواء
أعماق المحيط المتجمد الجنوبي (بالأمتار)
200 >
2000
4000
6000
8000 <
متوسط حدود الجليد البحري
صيفاً
شتاءً
امتداد جبال الجليد الأقصى
دورة التيارات
مناطق التلاقي
شبه المدارية
القطبية الجنوبية

تنفصل آلاف الجبال الجليدية عن الأنهار الجليدية عن المجالد القارية، ما يهدد حركة الملاحة.

يغامر الصيادون كذلك بالاصطياد في هذه المياه لكونها مليئة بالأسماك. في الواقع، يمتد الرصيف (الجرف) القاري على 37 % من الأعماق: من ألاسكا حتى سبيتزبرغ. لا يبلغ متوسط العمق إلا 50 متراً حتى 600 إلى 700 كلم بعيداً من السواحل. تنمو على هذا الجرف عوالق تجذب الرخويات، القشريات وغير ذلك من الكائنات التي تشكل بدورها غذاء لعدد من الأسماك المهمة اقتصادياً (سمك القدّ، الهفّ، البلايس (المربع)، الهلبوت، الحفش...).

### أجرُف غير متكافئة

في حين يتميز المحيط المتجمد الشمالي بجرف قاري قليل العمق، يُعد جرف المحيط الجنوبي حول القارة القطبية الجنوبية ضيقا وشديد العمق (500 متر كمتوسط عام). في الواقع، يؤدي وزن الجليد الضخم إلى جعل الصفيحة القارية (ومعها الجرف) تغوص إلى الأسفل. وعند نهاية الجرف، يبلغ العمق سريعا 4000 متر.

## المياه الباردة المالحة

يخشى الملاحون كثيراً مياه المحيط المتجمد الجنوبي فيتحدثون عن الأربعينيات المزمجرة والخمسينيات الغاضبة والستينيات الهادرة (نسبة لخطوط العرض) بفعل قوة رياح هذا المحيط العاتية التي تراوح سرعتها بين 180 و360 كلم/ الساعة قرب السواحل. تراوح حرارة السطح بين 0 ودرجتين شتاءً، في حين أنها تصل إلى – 60 درجة في هذا الفصل عينه فوق اليابسة. في الصيف، تنخفض نسبة الملوحة بسبب ذوبان الجليد، إلا أنها ترتفع في الشتاء لتصل إلى 34.5 في الألف، وبهذا تصبح المياه أكثر كثافةً وتغوص على طول السواحل. تغذي مياه المحيط المتجمد الجنوبي الناتجة من ذوبان الجليد دورة المياه العميقة في العالم أجمع.

**معجم**

**جليد ساحلي**: جليد بحري متكدس يؤلف في النهاية صفيحة متصلة تسير على مهل.

في المقابل، تتصاعد المياه العميقة على مقربة من السواحل في خلال فصل الصيف وغالباً ما تكون غنية بالأملاح المغذية، فتحسن من نمو العوالق النباتية التي تعد بدورها أساس سلسلة غذائية واسعة. تتغذى الأسماك وطيور الطرسوح (الشبيهة بالبطريق) وحتى الحيتان على الكريل الذي يضم عدداً كبيراً من القريدس الصغير. ولكن بسبب البرد، فإن أنواعاً عديدة من الكائنات لا تقيم في هذه المياه إلا صيفاً لتتغذى.

**تتغذى طيور الطرسوح** الشبيهة بالبطريق، والتي تقيم في شكل دائم في القارة القطبية الجنوبية، على الكريل (قريدس صغير) الذي يتوافر بكثرة في المياه الساحلية صيفاً.

# التنبؤ بأحوال المحيطات

انطلاقاً من المعلومات التي تقدّمها الأقمار الصناعية أو التي نجمعها من طريق المحطات العائمة المنتشرة في المحيط، من الممكن أن نتنبأ بالتيارات، الأمواج والأمواج العاتية بالطريقة عينها التي نتوقّع بها الحالة الجوية.

## شبكة من الأقمار الصناعية

يمكن التنبؤ بتحركات المحيط تماماً كما نتنبأ بحالة الطقس... إذا كان علم الأرصاد الجوية القارية قد راج منذ قرن من الزمن (أنشئت أول شبكة أرصاد جوية أوروبية في عام 1865)، فإن شبكة الأرصاد المحيطية لم تبصر النور إلا في كانون الثاني/ يناير من العام 2001 حين بُثّت أول نشرة تنبؤ محيطية للمنطقة الشمالية من المحيط الأطلسي. على المدى الطويل، يمكننا متابعة مجموعة الظواهر الجوية والمحيطية فعلياً على الصعيد العملي. تؤدي فرنسا وشركاؤها الأوروبيون دوراً أساسياً في مراقبة المحيط والتنبؤ بأحواله بفضل شبكة من الأقمار الصناعية (توبكس–بوسيدون، ERS1/2، جايسون 1) المزودة برادارات لقياس الارتفاع والتي تتيح قياس ارتفاع الأمواج والأمواج العاتية واتجاهها فضلاً عن حرارة المحيط ولونه. إن المبدأ المعتمد بسيط: بفضل نحو خمسين جهاز قياس أرضي، يمكننا أن نعرف ارتفاع الأقمار الصناعية بفارق دقة لا يتعدى 3 سم. في المقابل، تصدر الرادارات المرفقة بهذه الأقمار موجات باتجاه البحر: تنعكس هذه الموجات بعد فترة من الزمن مما يتيح احتساب المسافة بين القمر الصناعي والبحر. عند طرح هذه المسافة من ارتفاع القمر الصناعي، نحصل على ارتفاع البحر. أخيراً، عند تصحيح ارتفاع البيانات الخاصة بالتضاريس الواقعة تحت البحر، يمكننا أن نستنتج توزع الحرارة (المياه الحارة تكون أكثر تمدداً من المياه الباردة) والتيارات (من خلال الفجوات والحدبات التي تفضحها).

عند عبور مدارها حول الأرض بأقل من ساعتين، تعود هذه الأقمار للمرور فوق النقاط عينها بما يقارب الكيلومتر كل عشرة أيام. في غضون ذلك، تنفذ الأقمار تقريباً أكثر من 120 مروراً ويقيس كل واحد منها ارتفاع البحر كل 7 كيلومترات. رغم هذه الدقةّ المتناهية، يأمل العلماء تحسين نوعية الخرائط التي يقدمون. ولا بدّ من الإشارة إلى أن العلماء قدموا خرائط للمحيط الأطلسي الشمالي ضمن مشروعين أوروبيين تشارك فيها الدول التالية: فرنسا، النروج، ألمانيا، هولندا، إيطاليا وأيسلندا.

## مشاريع أوروبية كبيرة

يستند أحد المشاريع الذي يُعرف باسم DIADEM في شكل حصري على المعلومات التي توفرها الأقمار الصناعية. في حين يستمد مشروع آخر يُعرف باسم TOPAZ معلوماته من مجموعة من العوامات المنتشرة في المحيط الأطلسي. بعض هذه العوامات يكون مثبتاً بمرساة ومزوداً على طول خط المرساة الغاطس بأسلاك استشعار كهربائية تقيس الحرارة ونسبة ملوحة المياه. أما فوق الماء فتكون هذه العوامات الراسية مزودة بأجهزة استشعار أرصادية تقدم بيانات عن الرياح والحرارة ورطوبة الجو والمتساقطات وأشعة الشمس. يغوص بعض العوامات إلى عمق يصل إلى

– 2000 متر ثم تعود وتصعد إلى السطح مسجلةً درجة الحرارة ونسبة الملوحة.

تُنقل البيانات بانتظام إلى مراكز مختصة للقيام بالحسابات عبر القمر الصناعي «أرغوس». علاوة على ذلك، يمتلك الباحثون معلومات مستمدة من أجهزة قياس موضوعة على متن سفن علمية أو سفن تجارية. إلا أن مجموعة الأدوات هذه تبدو غير كافية لإنجاز خرائط دقيقة. وبهذا، لا يمكن مثلا ترك العوامات المنجرفة في البحار حيث تشتد قوة التيار. يتمّ حالياً إجراء أبحاث لوضع عوامات تغوص إلى الأعماق وتعود لتصعد حين توعز إليها ساعة مبرمجة القيام بذلك. علاوةً على ذلك، يمكن أن يقدّم الرسم السطحي، الذي يقوم بإرسال موجات صوتية ضعيفة التردد ومن ثم سماعها عند نقاط بعيدة جداً، مساعدةً قيّمة. تبعاً لذلك، تعمل فرق علمية، قادمة من أستراليا والولايات المتحدة وفرنسا واليابان والنروج والمملكة المتحدة، على وضع نظام تنبؤ عالمي خاص بالمحيط العالمي بأبعاده الثلاثية، يدعى GODAE: تجربة استيعاب البيانات المتعلقة بالمحيطات العالمية.

## نحو تنبؤات عالمية طويلة الأمد؟

لا تساعد البيانات التي تمّ جمعها عبر الأقمار الصناعية على مدى عقد من الزمن في وضع نماذج موثوقة على المدى الطويل. إلا أننا نعلم اليوم أن النينيو أو اضطراب المنطقة الشمالية من المحيط الأطلسي (ظاهرة جوية مسؤولة عن العواصف التي تضرب سواحل أوروبا الغربية شتاءً) لا تشكل مجرد ظواهر سنوية، لكنها ظواهر تخضع للدورات العشرية. في عام 2002، تمّ إطلاق ورشة بحث ومراقبة عبر قمر صناعي أُطلق في إطار منتدى نظام المراقبة العالمي الشامل (IGOS) الذي جمع بضع مئات من منظمات البحث حول جهاز تنفيذي مؤلف من الأونيسكو، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ولجنة الأقمار الصناعية لمراقبة الأرض (CEOS) ممثلةً 23 وكالة فضائية دولية. أطلق المنتدى عدداً من البرامج الكبيرة؛ فأتاح البرنامج الأول وضع نشرة منتظمة للدورة المائية في العالم. تطبيقاً لذلك، قدم جيل جديد من الأقمار الصناعية مجموعة من البيانات غير المسبوقة من حيث الكمية والنوعية. وضمّ الجيل الجديد القمرين Terra وAqua اللذين تعاونت كلّ من الولايات المتحدة واليابان والبرازيل على إطلاقهما، القمر Envisat (المصنوع في أوروبا) والقمر Adeos–II (قمر صناعي ياباني). وبهذا، عمل القمر الاصطناعي Aqua الذي أُطلق في أيار/ مايو 2002، على قياس لون المحيط ودرجة حرارته والرياح التي تحرّك سطحه. لا بدّ أن يساعد هذا النوع من المعلومات بالتنبؤ ببعض الظواهر كظاهرة النينيو قبل وقتٍ طويل مبدئياً من حدوثها.

**معجم**

**قياس الارتفاعات**: تقنية تساعد على قياس تضاريس سطح المياه ورسم خرائطها.
**مدار**: مسار يتبعه شيء يدور حول جسم بفعل تأثير جاذبية الأخير.

فضلاً عن ذلك، يضع هذا المنتدى (IGOS) موضع التنفيذ برنامجاً مخصصاً لقياس آثار تزايد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتبين التنبؤات ذات الصلة بالتغيرات التي تطرأ على مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو والتغيرات المناخية فهماً أكثر شمولية لانتشار هذا الغاز بين الأرض والغلاف الجوي والمحيطات (يُقدر أن المحيطات تمتص 30 إلى 50 % من ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الوقود الأحفوري، ويعود الفضل الأساسي في ذلك إلى العوالق النباتية في مياه البحار السطحية). أخيراً، أطلق اليابان والولايات المتحدة في عام 2007، مجموعة مؤلفة من تسعة أقمار صناعية لقياس المتساقطات حول العالم (GPM) مزودة بأجهزة خاصة لقياس المتساقطات في مختلف أنحاء الكرة الأرضية كلّ ثلاث ساعات.

# كوليربا: الطحالب القاتلة

تشكل طحالب كوليربا (كوليربا تاكسيفوليا) الخضراء الصغيرة التي دخلت صدفةً إلى البحر الأبيض المتوسط خطراً حقيقياً يهدد البيئة وكذلك الاقتصاد القائم على السياحة والصيد.

## طحالب مدارية المنشأ

يمكن شراء هذا النوع من الطحالب في فرنسا وإسبانيا عبر البريد أو من المتاجر المتخصصة في بيع الأحياء البحرية، التي يقصد أصحابها إندونيسيا وفلوريدا والفيليبين وأستراليا والبحر الأحمر والبرازيل وكولومبيا أو أي بحر مداري يعيش فيه هذا النوع من الطحالب بتناغم مع أنواع أخرى أصيلة للحصول عليها. لكن فجأة وفي عام 1984، ظهر هذا النوع من الطحالب في البحر الأبيض المتوسط وتحديداً في موناكو، ومذاك لم يتوقف من الانتشار ليدخل سنة 1987 إلى قار، وفي 1991 إلى عدد من الأماكن ما بين الألب البحرية والبيرينيه الشرقية، وفي 1992 في إيطاليا (ليغورنو وتوسكانا) وإسبانيا (جزر البليار) وصقلية، ومنذ عام 1994 في البحر الأدرياتيكي (كرواتيا)، ومنذ بداية عام 2000 في تونس. اليوم، يغطي هذا النوع من الطحالب أكثر من 13 ألف هكتار من القيعان قليلة العمق، و180 كلم من الشواطئ باتت تحتضن هذه الطحالب السامة. في إيطاليا، تستعمر هذه الطحالب أكبر مساحة تصل إلى أكثر من 10 آلاف هكتار. ولا تزال تغزو مساحات إضافية.

## من أين تأتي الكوليربا؟

لا يزال أصل هذا التلوث مثيراً للجدل. ظهرت الكوليربا أول مرة في عام 1984 وكان هواة الغطس أول من وجدها على مقربة من صخرة موناكو. وعلى الرغم من أن هذه العشبة لم تكن تغطي إلا مساحة بسيطة جداً لا تتخطى المتر المربع، إلا أن الغطاسين افتتنوا بهذه البقعة الخضراء التي تنمو في منطقة محرومة في العادة من الطحالب. وإذ توقع العلماء انتشار هذه الطحالب السريع بتأييد من القائد كوستو، دقوا ناقوس الخطر منذ عام 1987. وتوجهت أصابع الاتهام إلى متحف موناكو لعلوم المحيطات إلا أنه نفى هذه الاتهامات كلها. ومال الجميع إلى الاعتقاد إلى أن هذه الطحالب دخلت إلى هذه المنطقة في شكل غير شرعي بعد أن علقت بالبواخر المبحرة من فلوريدا أو البحر الأحمر عبر قناة السويس. وسرعان ما أخذت هذه المسألة منحىً سياسياً أكثر من علمي. ومال المشككون إلى الحدّ من خطورة المشكلة مقتنعين بأن العلماء الذين حذروا منها إنما يسعون إلى لفت الأنظار إلى أبحاثهم. إلا أن الأخذ والرد أدى

**معجم**

الأصلية: يُقصد بها الكائنات التي يعود أصلها إلى المكان الذي تعيش فيه.

إلى تراجع الوعي بأهمية هذه المسألة في شكل مثير للغضب. وحين اتخذ أول التدابير الرامية إلى التخلص من هذه الطحالب السامة في عام 1992، كان الأوان قد فات للقضاء عليها نهائياً. اليوم، لم يعد أصل الطحالب السامة هذه أمراً هاماً. فالكوليربا التي ظهرت في البحر الأبيض المتوسط تختلف من الناحية الجينية عن السلالات البرية المنتشرة في المناطق المدارية، إلا أنها تشبه السلالة المتحولة الموجودة في عدد من أحواض أوروبا الكبيرة (شتوتغارت، نانسي، موناكو) وكذلك في هاواي وطوكيو. تجذب الكوليربا بلونها وطرق زراعتها السهلة النظر إلى حوض شتوتغارت. بعد ذلك استوطنت هذه الغرسات حوض نانسي ومنه انتقلت إلى حوض موناكو. وكان كافياً أن ترمي أياد غير مسؤولة هذه الطحالب في البحر عند تنظيف الأحواض أو تفريغها لتجد فرصة العثور على موطن جديد واسع...

## الإنسان ينشر هذه الطحالب

في المقام الأول، امتدت هذه الطحالب على عمق بسيط يتراوح بين متر و14 متراً مكتسبةً مساحات إضافية بفعل التمدد. ثم انتشرت نتف وقصاصات منها تظهر بالمئات في كل مستعمرة بفعل التيارات المتجهة من موطنها الأصلي. رويداً رويداً، استعمرت هذه الطحالب المياه الأكثر عمقاً (40 إلى 50 متراً). ومع تضاؤل الضوء، بدأت بالنمو أفقياً. وقد نجحت – إن صحّ القول – زراعتها بخاصة في المرافئ ومناطق رسو السفن والصيد. وهنا أيضاً كان للإنسان دور أساسي في عملية انتشارها. تبقى نتف من هذه الطحالب على قيد الحياة لمدة عشرة أيام حين تعلق بمعدات الغطاسين أو مراسي السفن أو الشباك بعد رفعها إلى متن السفن شرط أن تجد شروطاً تلائمها من رطوبة وظل. تشكل السفن التي ترمي مرساتها أو التي تصطاد في مناطق وجود هذه الطحالب والتي تنتقل بعد ذلك إلى مناطق خالية منها، وكذلك الغطاسون، تشكل عاملاً ممتازاً يساهم في انتشارها.

يُعزى انتشارها الناجح أيضاً إلى غياب أعدائها الطبيعيين. ففي المياه المدارية تتعرض هذه الطحالب لشتى أنواع الأمراض والطفيليات والحيوانات المفترسة والمنافسة التي تحدّ من انتشارها، وكلها عوامل لا وجود لها في البحر الأبيض المتوسط حيث تعيش هذه الطحالب حرة لا يعيق نموها أي عائق. غير ذلك، تنتشر هذه الطحالب في المياه النظيفة والملوثة، وفي البيئات الرملية

والصخرية والطينية، وتقاوم برد الشتاء وحر الصيف. وبهذا لا وجود لأي عوامل تحدّ من سيطرتها ويستحيل وضع حد فيزيائي أو كيميائي لها، وحتى هذه الساعة لم يتم العثور في البحر الأبيض المتوسط على أي حيوان آكل لهذه الأعشاب قادر على ضبط هذه المشكلة، لذلك تستمر الطحالب هذه بإضعاف الحياة البحرية (وقد سُجل اختفاء بعض أنواع الأعشاب المائية إلى الأبد)، فيما تتمسك بشباك الصيادين.

## طاعون نباتي

يشكل انتشار هذه الطحالب السامة خطراً كبيراً يهدد النظام الإيكولوجي لحوض البحر الأبيض المتوسط. يمكن أن تشكل الطحالب حتى عمق 35 متراً بساطاً موحداً عالي الكثافة يحل محل الأعشاب الطبيعية المائية. إلى ذلك، تفرز هذه الطحالب سموماً تمنع آكلي الأعشاب من الأسماك والرخويات التي تعيش في الأعماق من استهلاكها، تمنع كذلك نمو بيوضها. وتجدر الإشارة إلى أن تراجع آكلي الأعشاب يساهم في تراجع آكلي اللحوم. ولقد اقترح عدد من الحلول لوضع حد لهذا الطاعون النباتي البحري. وإذ يتطلع الخبراء إلى التخلص منها كيميائياً (تسميمها من طريق رمي محلول نحاسي)، يبقى اقتلاعها الحلّ الأنسب إلا أنه عمل جبار وبطيء ومكلف، كما أن ترك جزء بسيط من هذه الطحالب يؤدي إلى انتشارها مجدداً. يتطلع الباحثون مستقبلاً إلى القضاء عليها بيولوجياً من خلال جلب كائنات تستهلكها طبيعياً إلى البحر الأبيض المتوسط على غرار الرخويات البحرية من نوع Elysias أو Oxynoe التي تعيش أصلاً في البحر الكاريبي، شرط ألا تنتشر هذه الأخيرة بدورها فتلتهم الطحالب الأصلية التي تعيش في البحر الأبيض المتوسط.

# معجم المصطلحات

**استزراع مائي**
النشاط ذات الصلة بتربية الأنواع المائية وزراعتها في المياه العذبة أو الأجاج أو المالحة.

**إسقمري فرسي**
سمك شائع في أميركا الشمالية يشبه الإسقمري، إلا أن لحمه أقل مذاقاً (من نوع تراشوروس، وطوله 50 سم).

**أعماقي**
كل ما يتعلق بمياه الأعماق البعيدة من الشاطئ، أي عرض البحر، ونعني به الترسبات البحرية، والحيوانات البحرية...

**أغوار/أعماق**
منطقة في المحيط تقع على عمق يزيد على 2000 متر.

**أملاح مغذية**
مجموعة من المواد الكيميائية الضرورية لتطور النشاط البيولوجي (نيترات، فوسفات، السيليكا الذائب...).

**أمواج صاخبة**
تأرجح لمياه سطح البحر ينتشر على شكل تموجات من دون أن يؤدي إلى انتقال المياه.

**انحراف كوريوليس**
هو الانحراف الذي يصيب كلّ حركة على الأرض بفعل دوران هذه الأخيرة، ويكون باتجاه اليمين في النصف الشمالي وباتجاه اليسار في النصف الجنوبي.

**بوليبات**
حيوانات صغيرة جداً تعيش ضمن مستعمرات متعددة ثابتة في قاع البحر أو على حيوان آخر وتفرز هيكلاً من كلس (سليلة المرجان) أو مواد قرنية.

**تراجع**
الفارق بين ارتفاع المنطقة المتوسطة العمق في البحر والمنطقة المنخفضة منه.

**تقلب المياه**
حركة صاعدة لمياه القاع الباردة في البحر في مناطق خطوط العرض المنخفضة عند الشواطئ الغربية للقارات والتي تتولد بفعل هجرة المياه السطحية نحو عرض البحر.

**تمثيل ضوئي**
إنتاج السكريات الحيوية من الطاقة الضوئية والمياه وثاني أكسيد الكربون.

**جليد بحري**
امتداد جليدي سميك (2 إلى 3 أمتار على الأقل) يُعزى أساساً إلى تجمد مياه البحر.

**حركة الصفائح التكتونية**
نظرية ظهرت في عام 1968 تفسر حركة الصفائح التي تؤلف القشرة التي تغلّف كوكبنا.

**حمل حراري**
آلية تبادل بين مياه السطح ومياه الأعماق تنتج عن عدم استقرار طبقات المياه.

**حيد منتصف محيطي**
سلسلة بركانية تحت المياه تمتد على آلاف الكيلومترات تتشكل عندها أرضية المحيطات الصخرية.

**خندق (حفرة) محيطي**
انخفاض في قاع المحيط يزيد عمقه على 5000 متر.

**دياتومات**
طحالب أحادية الخلية مجهرية يحميها هيكل من السيليكا، وتتكاثر في المياه الباردة.

**ديدان سهمية**
لافقريات صغيرة بحرية تتغذى بالعوالق الحيوانية، وتكون على شكل سهم.

**رصيف/جرف قاري**
امتداد لأرضية القارات تحت سطح المياه بفعل ارتفاع منسوب المياه في الدهر الرابع.

**رياح تجارية**
رياح منتظمة تهب على مدار السنة من الشرق إلى الغرب فوق الأطلسي والهادئ، بين خطي عرض 30 شمالاً و30 جنوباً.

**دوامات**
حلقات كبيرة من التيارات السطحية ذات الضغط المرتفع (في المنطقة بين المدارين) أو الهوجاء (على مقربةٍ من القطبين).

**دورة حرارية ملحية**
مجموعة التيارات البحرية العميقة البطيئة جداً التي تؤمن دوران المياه الباردة بين محيط وآخر، والتي تنشأ حركتها عن الفروقات الحرارية والاختلاف في نسبة الملوحة بين الكتل المائية المحيطية.

**زقاق بحري**
وادٍ جليدي قديم يغطيه البَحر (الأزقة النروجية على سبيل المثال).

**زنابق البحر**
كائنات بحرية تشبه القنافذ ونجمة البحر تعيش ثابتة في الأعماق بواسطة سيقانها.

**سمك الرنكة**
سمك يعيش في المحيط الأطلسي وبحر المانش وبحر الشمال ضمن مجموعات كبيرة. ينتمي إلى فئة سبراتوس ويصل طوله إلى 15 سم.

**سوابح**
مجموعة من الكائنات البحرية قادرة على أن تسبح بنشاط لمواجهة التيار.

**شبكة الجر**
شبكة على شكل جيب أو قمع تُرمى في الأعماق أو في المياه من على متن قارب صيد.

**صفيحة جليدية قارية**
مساحة جليدية قارية واسعة في مناطق خطوط العرض العليا (قارة القطب الجنوبي، غرينلاند)، تغطي ما تحتها من تضاريس.

**طوف جليدي/جبل الجليد**
كتل من الجليد التي تنفصل عن الجليد القاري بفعل ما يُسمى بالانسلال.

**طبقة مضاءة**
طبقة من المياه السطحية يدخلها الضوء الذي تستعمله الطحالب والنباتات البحرية لإتمام عملية التمثيل الضوئي.

**علم وطني**
علم تحمله السفن للدلالة على جنسيتها.

**عوالق**
مجموعة كائنات حيوانية (العوالق الحيوانية) أو نباتية (العوالق النباتية) تعيش في المياه ويحملها التيار.

**مدّ وجزر**
حركة ارتفاع وانخفاض مستوى البحر في شكل موقت تُعزى في شكل رئيسٍ إلى تأثير جاذبية القمر على الكتل المائية.

**مرتفع جوي**
مركز الضغط الجوي المرتفع. تشكل المرتفعات الجوية مع المنخفضات الجوية محرك الأحوال الجوية.

**مشطيات**
مجموعة من الكائنات البحرية التي تشبه القنديل إلا أنها خالية من الخلايا المهيجة.

**معامل المد والجزر**
مدى من دون وحدة يراوح بين 20 و120 ويشير إلى قوة المدّ والجزر.

**منخربات**
كائنات مجهرية أحادية الخلية تشبه الأميبا إلا أنها تعيش داخل صدفة كلسية موجودة بكثرة على مقربة من الأعماق.

**منخفض جوي**
كتلة جوية خاضعة لضغط منخفض، تعد معقلاً لحركات الهواء التصاعدية.

**منطقة الهبوط الحراري**
منطقة الأعماق حيث تنخفض درجة حرارة المياه في شكل سريع. تقع عادةً عند عمقٍ يراوح بين 100 و1000 متر، وتميل إلى الاختفاء شتاءً.

**منطقة التلاقي القطبي الجنوبي**
منطقة تحيط بقارة القطب الجنوبي، تلتقي عندها مياه السطح الباردة جداً بالمياه الأكثر حرارة وتغوص تحتها.

**منغروف**
تشكل نباتي جذري الأغصان يميز الخلجان قليلة العمق في المناطق المدارية.

**ميل بحري**
وحدة لقياس الطول مستعملة في الملاحة البحرية وتعادل 1852 متراً.

**نينيو**
ظاهرة مناخية تنشأ عن ارتفاع غير عادي في حرارة المحيط شرق المحيط الهادئ على طول سواحل البيرو وتؤدي إلى اضطرابات مناخية على صعيد العالم.

# فهرس


اتفاقية مونتيغو 96، 97
أحادي الخلية 70
احتباس حراري 17، 32، 56
أخطبوط 70، 73
أدوات الصيد 90
ارتفاع الأمواج 46، 47
أرخبيل جزر الأزور 47، 76، 108
أرخبيل هاواي 100، 102
أرضية قارية 11
أركة 71
أزمة الصيد 88، 91
استثمار الموارد البحرية 86، 87، 94، 95، 96، 97، 111
استخراج البروم 94
استزراع مائي 82، 85، 85، 88، 92، 93، 103، 111، 121
أسطول عالمي 84، 85
إسفنج 66، 73، 79، 81
أسماك 63، 66، 67، 70، 73، 76، 77، 88، 90، 92، 102، 115، 119
أسماك المياه العميقة 71
أسماك المياه المفتوحة 62، 68، 69، 76، 78
أسماك مفلطحة 73، 74
أشعة الشمس 36، 37، 51، 55
أشعة ما دون الحمراء 54، 55
أصل المد والجزر 42، 43
أغوار (أعماق) 60، 78، 79، 121
آكلو اللحوم 66، 67
أملاح 26، 28، 29، 32، 39، 62، 103
أملاح مغذية 80، 121
أمواج 19، 34، 40، 48، 49، 95، 116
أمواج صاخبة 14، 19، 40، 46، 47، 81، 117، 121
إنتاج الصيد العالمي 88
إنتاج النفط 86، 87
إنتاج أولي 67
إنتاج ثانوي 67
انحراف كوريوليس 48، 49، 51، 120
اندساس 24
انسلال (ولادة جبل الجليد) 38
أنقليس مبتلع 79
أودية ضيقة (شعاب) تحت بحرية 19، 20، 21
أوكسيجين 29، 59، 80
أيام الجزر 43
أيام المد 43
باخرة نفط 85
بحار داخلية (فوق قارية) 21، 25، 108، 111
بحار قطبية 38
بحار هامشية 25، 102
بحر آرال 10، 25
بحر آزوف 25
البحر الأبيض المتوسط 10، 17، 20، 22، 24، 25، 33، 37، 52، 76، 90، 93، 94، 97، 108، 109 110، 118، 119
البحر الأحمر 23، 33، 52، 104، 107
البحر الأسود 25، 90، 94
بحر الأنتيل 108، 109
بحر البلطيق 10، 25
بحر السوند 25
بحر الشمال 10، 25، 108، 109، 111
بحر الصين 25، 101، 102
البحر الكاريبي 25
بحر المانش 25، 108
بحر النروج 111، 113
بحر اليابان 25، 101
بحر إيرلندا 108
بحر بارنتس 112، 113
بحر بيرينغ 25، 101، 113
بحر جليدي 38
بحر روس 49، 53، 114
بحر سرقوسة (سرجاسو) 76، 108، 109
بحر عمان 94، 106
بحر غرينلاند 52، 113
بحر قزوين 35
بحر لابرادور 52، 109
بحر ويديل 49، 53، 114
بحيرة داخلية 80
بخار الماء 32، 56، 111
براكودا 81
بركان بحري 19، 21، 100، 102، 108
بطلينوس 89
بكتيريا 67، 79
بلح البحر 73، 92، 93، 111
بلوط البحر 75
بوسيدونيا 73، 119
بوصلة جيروسكوبية 85
بوليبات 75، 80، 121
بونيتا 89، 90
بيئة ألاسكا 89
بيئة محيطية 60
تأثير التغيرات المناخية 16، 17
تأثير الدفيئة 56
تأثير العمق 34، 37، 62
التأثير المحيطي على المناخ 110، 111
تاريخ المحيطات 22، 23، 24
التأقلم مع البيئة العميقة 78، 79
التأقلم مع الملوحة 76
تبخر 26، 29، 30، 31، 32، 33، 34، 36، 52، 55، 56، 57، 94، 103، 104، 107
تجمد مياه البحر 36، 38، 39
تحلية مياه البحر 94
تراجع بحري 14
تراكم الجليد 38، 39، 53
تربية الأسماك 93

تربية المحار 92
ترسب 14، 15، 18، 29
ترسبات بيولوجية المصدر 18
ترسبات صوانية (سيليكية) 18، 19
ترسبات قارية 18
ترسبات محيطية 18، 19، 95
ترسبات مروحية 18، 19
تسرب النفط 96
تشبع المياه بالأوكسيجين 62
تشكل الأمواج 47
تشكل الأمواج الصاخبة 47
تشكل المحيطات 22
تشكل المياه العميقة 38، 53
تضاريس المحيط 9، 11، 20، 21، 108 ،20
تطور المحيطات 23
تغير مستوى البحر 14
تقلب المياه 50، 51، 53، 57، 90، 107، 122
تكافل 81
تكرير مياه البحر 94
تلألؤ حيوي 79
تلوث 81، 93، 97
تمثيل ضوئي 29، 57، 59، 62، 62، 69، 121
تنبؤات محيطية 116، 117
توزع الحياة البحرية 62، 63، 64، 65
توصيل حراري 54، 55
توفر الأملاح المغذية 59، 62، 67، 69، 88، 90، 107، 115
تونا 71، 76، 89، 90، 91، 108، 111
تيار الأطلسي الشمالي المنحرف 110
تيار الخليج (غلف ستريم) 44، 51، 52، 110، 111
تيار الغرب المنحرف 38، 44، 45
تيار المد والجزر 19، 20 ، 42
تيار بحري 34، 36، 38، 44، 45، 46، 48، 51، 81، 100، 102، 107، 116
تيار تحتي 51
تيار تعويضي 53
تيار حار 53
تيار رجعي 44، 45
تيار سطحي 48، 55
تيار غرينلاند 38، 44
تيار كوروشيفو 45
تيار لابرادور 38، 44
ثاني أكسيد الكربون 29، 56، 59، 62، 81، 117
ثدييات بحرية 60
ثعلب الماء 102
جاذبية الشمس والقمر 40، 42
جُرافة 39
جزر 42 (راجع أيضاً تيار بحري)
جزر سيشيل 104، 107
جزر غالاباغوس 23، 79، 101
جزيرة مرجانية 80، 100، 102
جص 17
جليد 14، 15، 56، 115
جليد بحري 38، 39، 112، 114، 121
جليد قاري 14، 112
جمهورية يوغسلافيا الاتحادية 93
جهاز السدس 85
حاجز/ جرف جليدي 39، 53
حبار 71، 89
حجم المحيطات 10، 56
حديد 95
حديد محيطي 58، 59
حرارة 59، 62، 72، 78، 81
حرارة المحيطات 26، 29، 30، 31، 34، 36، 37، 50، 52، 116
حرارة كامنة 36، 54، 55
حرارة محتملة 37
حرارة مياه السطح 36، 37، 54
حركة الصفائح التكتونية 14، 15، 121
حزام النار 102
حصى 19، 72
حقوق الصيد 96
حقول تحت سطح البحر 94، 95
حلقة الإعصار 48
حمولة 84، 85
حوت 115
حوت أحدب 77، 77، 107
حوت العنبر 71
حياة تحت أرضية 72، 73
الحياة في الأعماق 72، 75
الحياة في المحيطات 60، 61
الحياة في المياه المفتوحة 63، 68، 71
الحيد الأسترالي العظيم 102
حيد منتصف محيطي 11، 21، 22، 23، 79، 95، 102، 108، 110، 111، 122
حيوانات تحت أرضية 72، 73
حيوانات ثنائية الصدفة 74، 75
حيوانات فوق أرضية 72، 73
حيوانات لصوقة 75
حيوانات مفترسة 67، 71
خريطة بحرية 15
خلية ضغط جوي مرتفع 45
خلية ضغط جوي منخفض 43، 44، 45
خليج البنغال 77، 106، 107
الخليج العربي 25، 104
خليج المكسيك 43، 94، 108، 109، 111
خليج ألونغ 17
خليج بوتنيا 25
خليج عدن 77، 106
خليج غاسكونيا 25
خليج غينيا 108
خليج كاليفورنيا 94
خنادق محيطية (أو سحيقة) 11، 12، 13، 20، 21، 23، 100، 102، 104، 108، 122
دب أبيض 112
دلفين 60، 71
دودة أنبوبية 74
دودة بحرية 63، 73، 77، 111
دودة حلقية 70
دودة عملاقة 79
دودة مفلطحة 74
دوران الأرض 43، 48
دورة المياه العميقة 52، 112، 115
دورة حرارية ملحية 52، 55، 122
دورة سطحية 40، 44، 45
دورة عامة 32، 63
دياتومات 19، 29، 67، 69، 69، 121
ذوبان الجليد 17، 35، 56
ربيب 71

رخويات 63، 88، 89، 92، 93، 115، 119
رخويات ثنائية الصمام 73، 75
رخويات جناحية الأقدام 70
رخويات منقبة 75
رخويات Elysias 120
رخويات Oxynoe 120
رصيف/ حرف قاري 12 18، 19، 20، 21، 62، 111، 112، 115، 122
رمل 19، 72، 111
رياح 40، 43، 44، 45، 46، 49، 98، 105، 115
رياح تجارية 48، 49، 59، 102، 122
رياح موسمية 35، 48، 98، 104، 105، 107
زقاق بحري 111، 122
زنبق البحر 73، 122
زوستيرا 72
سرعة التيار 19
سرعة المد والجزر 42، 43
سفينة 96، 97
سفينة شحن 57، 84، 85
سفينة صناعية 88
سلحفاة البحر 77، 107
سلسلة غذائية 62، 66، 115
سلطعون 73، 79
سلِفات 17، 26
سلّم حراري 55
سلمون 93، 111
سمك إسقمري تشيلي 89
سمك الإسقمري الفرسي (الماكريل) 71، 121
سمك الأنقليس الصغير 76
سمك البوري 90، 92
سمك التنين الأسود 78
سمك الحفش 115
سمك الرنكة 76، 90، 111، 122
سمك الشبوط 93
سمك القد 76، 90، 111، 115
سمك الهف 115
سمك الهلبوت 115
سمك بلايس 74، 115
سمك مفلطح 73، 74
سمك موسى 74
سمكة الأنشوفة 67، 71، 91
سمكة الأنشوفة اليابانية 89
سمكة الأنقليس 76، 76، 77، 93
السمكة الببغاء 81
السمكة الفراشة 81
سمكة الكلكنتا 107
السمكة الملاك 81
سمكة المهرج 81
سمكة أنشوفة البيرو 59، 89، 102
سمكة جروبير 81
سهل عميق 21، 62
سهل قاعي 11، 12، 13، 18، 19، 62
سوابح 67، 68، 69، 70، 121
شباك الصيد 90، 91
شبكة الجر 91، 122
شبكة غذائية 66، 67
شعاب مرجانية 17، 60، 80، 81، 81، 100، 100، 101، 102،107، 111
شقار البحر 73، 75، 79، 81
شكل المحيطات 11
صدع 21، 22، 22، 23، 104
صدفيات 74
صعود المياه العميقة 50، 95، 103، 107، 115
صفائح جليدية قارية 15، 16، 38، 122
صفيحة تكتونية 9، 12، 13
صفيحة محيطية 9، 11، 12، 13، 15، 21، 23، 24، 102
صنارة طويلة 91
صهارة 21، 22، 23، 24
صيد 82، 86، 93، 103، 107، 111
صيد بتقنية الإحاطة 91
ضوء 62، 68، 69، 78، 79
طاقة المد والجزر 95
الطبقة العليا المضاءة 57، 62، 122
طحالب 59، 66، 67، 69، 72، 73، 74، 81، 92، 93، 102، 111، 119
طحالب أحادية الخلية 29، 80
طحالب سوطية 69
طحالب قاتلة سامة 118، 119
طحالب كلسية 17، 19
طرسوح (طائر) 115
طوبوغرافيا المحيطات 21، 49
طوف جليدي 38، 39، 121
عشب البحر 102
عصر جليدي 16
عضو مضيء 79
عقيدات معدنية 95
علم البحار 14
علم الملاءمة 85، 97
عمق التعويض 62
عمق المحيطات 10، 11، 100، 101، 103، 104، 106، 108، 109، 113، 114، 115
عوالق 58، 67، 68، 69، 107، 115، 122
عوالق حيوانية 63، 64، 65، 68، 70، 71، 107
عوالق دائمة 71
عوالق موقتة 71
عوالق نباتية 58، 59، 63، 64، 65، 67، 68، 69، 70، 107، 115، 117
غربيات (رياح غربية) 48، 49
غرق سفينة التيتانيك 39
فقمة 71
فوسفات 62، 95
فوسفور 79
قارب 84
قارة ومحيط القطب الجنوبي 15، 38، 47، 53، 77، 90، 98، 100، 103، 115
قاروس 93، 102
قاعيات 63، 64، 65، 72، 73، 122
قاعيات حيوانية 67
قربيات 73
قرش 71، 81، 107
قرش أبيض 70
قريدس 70، 77، 89، 93، 115
قريدس صغير 115
قشرة محيطية 23، 24
قشريات هدابية لصوقة 75
قمر صناعي 46، 85، 116، 117
قمر Topex – Poseidon الصناعي 46، 116
قنديل البحر 70، 80
قنديل Cyanea arctica 70
قنفذ البحر 70، 72، 74
قنوات بحرية 21، 21، 81
قواقع 17

قيود تفرضها البيئة المحيطية 62، 63
كائنات تعيش على التمثيل الضوئي 36
كائنات حافرة 74، 75
كائنات ساكنة 73
كائنات قاعية 63
كائنات لاطئة 73
كائنات متحركة 73
كائنات منقبة 74
كبريت 58، 95
كتلة حيوية 67، 90
كثافة المياه المحيطية 51، 103، 110
كثافة مياه البحر 38
كربون ذائب 57، 58
كربونات 35
كركند 70، 73، 79
كريبيولا 75
كلوريد 17، 26، 28، 29
كوكوليتوفور 69
كوليربا (كوليربا تاكسيفوليا) 118، 119
متساقطات 29، 30، 31، 33، 34، 35، 56، 117
متماثلات الأرجل 74
مثانة العوم 79
محار 92، 93، 111
محار ملزمي 74، 75، 89، 93
المحيط الأطلسي 10، 43، 47، 48، 49، 52، 60، 89، 90، 95، 98، 102، 107، 112، 116
المحيط المتجمد الجنوبي 11، 52، 69، 108، 112، 114
المحيط المتجمد الشمالي 11، 38، 69، 77، 108، 112، 113
المحيط الهادئ 10، 35، 43، 48، 77، 82، 85، 89، 90، 95، 98، 100 – 103، 104، 108، 117
المحيط الهندي 10، 43، 48، 49، 52، 77، 82، 88، 90، 104 – 107، 106، 112
المحيط تيتيس 23، 24
المحيطات (مصدر لثاني أكسيد الكربون) 57
المحيطات القطبية 112 – 115
المحيطات: خزان مياه 59
المحيطات: ضبط حرارة 54
المد الأحمر 69
المد العظيم 14
المد والجزر 14، 40، 46، 123
مدى ارتفاع المد والجزر 14، 15
مرتفع جوي 33، 47، 48، 123
مرجان 19، 66، 80، 81
مرجان مروحي 81
مرجانيات 75
مرشحات 67، 75
مستوى البحر 14 – 16، 17، 39
مشطيات 70، 123
مصدر مائي حراري 79، 95
مصدر مياه البحر 32
مضخات ثاني أكسيد الكربون 57
معادن 85، 95
معامل المد والجزر 19، 20، 42
مقاومة الأمواج الصاخبة 72
مكونات مياه البحر الكيميائية 29
ملاحات 28، 94
ملح الطعام 28، 82، 94، 111
ملح صخري 17
ملوحة المحيطات 26، 28، 29، 30 – 35، 38، 51، 52، 72، 104، 110، 115
منحدر قاري 11، 62
منخربات 70، 123
منصة نفطية 94، 95
منطقة اقتصادية خالصة 96، 97
منطقة البحار العميقة 62
منطقة التلاقي القطبي الجنوبي 114، 123
منطقة الصيد 81، 86 – 88، 90
منطقة الضغط المرتفع 48
منطقة المد والجزر 74
منطقة بحار متوسطة العمق 62
منظمة الأغذية والزراعة 89، 90
منغروف 71، 90، 91، 102، 107، 111
مهب بحري 46
مويجات 46، 47
مياه البحر 26، 28
مياه سطحية 35، 36، 43، 48، 50، 52، 58، 62، 102، 117
مياه عذبة 38، 110
ناقلة مواد كيميائية 85
نجمة البحر 73
نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) 85
نفط 82، 85، 94، 95، 111
نقل بحري 84، 85
نيترات 58، 68، 69، 70، 123
نيتروجين 58، 62، 81
نينيو 59، 88، 102، 102، 103، 117، 123
هجرة 71، 73، 76، 77
هجرة السلمون 76
هجرة عمودية 70
هرم بيئي 60، 66
هضاب عميقة 21
وحل كلسي 18
يرقات (حيوانات بحرية) 67، 70، 72، 75، 93
يرقات الأنقليس 76

# البحار والمحيطات

تملك المحيطات تأثيراً كبيراً على التوازن الطبيعي والمناخ لكونها تغطي ثلاثة أرباع مساحة كوكبنا. لكن التوازن الطبيعي مهدد اليوم من قبل أنشطة الإنسان (التلوث، الصيد الجائر، تغير المناخ). وبالنظر إلى كونها وسيلة للمواصلات والاتصالات، ومصدراً للغذاء والمواد الأولية والطاقة، فإن المحيطات باتت تمثل تحدياً مفصلياً للبشرية أكثر من أي وقت مضى.

يقدم هذا الكتاب معلومات أساسية تمكن القارئ من أن يفهم كيف "تعمل" المحيطات، وذلك في ستة فصول هي:

- بنية المحيطات
- كيمياء المحيطات
- دينامية المحيطات
- الحياة في المحيطات
- استغلال المحيطات
- المحيطات الكبرى

إضافة إلى خرائط ورسوم توضيحية.

تعمل آن لوفيڤر باليديه صحفية علمية. حائزة على الدكتوراه في العلوم، ومتخصصة في علم المحيطات البيولوجي، هي تعمل حالياً مساعدة رئيس تحرير لملاحق مجلة Science et Vie.

ISBN 978-603-8138-89-2