كتاب المناخ

كل ما يلزم معرفته

في 50 رسماً توضيحياً

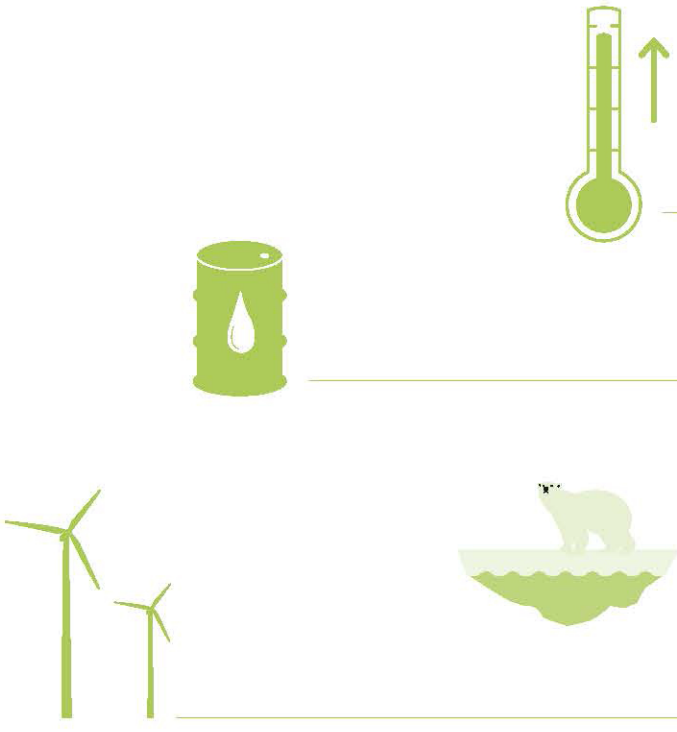
تأليف

إستير غونستالّا

oekom

006 صيحة إيقاظ في رسوم توضيحية
مقدمة بقلم الأستاذ الدكتور هانس يواخيم شيلنهوبر

008 تمهيد



118 المصادر
126 المؤلفة في سطور

010 المناخ وثنائي أكسيد الكربون
026 عامل الدفع المناخي: الإنسان
058 تأثيرات خارجية عالمية
092 مقاربات للحل

صيحة إيقاظ في رسوم توضيحية

انتقل في الشهور الأخيرة ملف تحقيق الاستقرار في المناخ العالمي – ومعه بالتالي الحفاظ على أسس الحياة للبشرية – على نحو مدوي في إثارته إلى أيادي الشباب حيث نعايش في حركة "جُمع من أجل المستقبل"[1] بأحاسيس وكأنها قشعريرة تسري تحت الجلد كيف أن الشباب الصاعد لم يعد يقبل صاغرا إنكار القوى السياسية التقليدية للمعارف العلمية وإغفاله لها لسنوات طويلة، بل نراه قد أشعل عاصفة احتجاج جمعت ما بين الغضب العارم والبراءة على حد سواء. لقد أيقن الشباب من الجنسين أن الوقت المقرر من أجل خفض جذري لانبعاث غازات الاحتباس الحراري الضارة بالمناخ بمفهوم اتفاقية باريس لعام ٢٠١٥ قد انقضى وأن الأجيال القديمة تهدر مستقبلهم ومستقبل أطفالهم على هذا الكوكب. لقد اكتسب التلاميذ من الجنسين المنتمون إلى حركة "جُمع من أجل المستقبل" من خلال وسائل الإعلام والحصص المدرسية والبحوث التي يجريها الشابات والشباب بأنفسهم وأخيرا وليس بآخر عن طريق الاتصال مع العلماء من الجنسين ما يلزم من معلومات فارقة واستخلصوا منها ما يترتب على تغير المناخ من عواقب حقيقية. وبوصفي باحثا في المناخ أدلى بدلوه على نحو متواضع في هذا المنهل العلمي فإنني أنظر إلى هذا التطور الجديد بتشوق عظيم وبفخار مبدئي وآمل حذر؛ وهذا لأننا انتظرنا منذ العام ١٩٩٠ – حينما نشر أول تقرير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (مجلس المناخ العالمي) – بلا جدوى من منظور السياسة والصناعة والمجتمع المدني (الغربي) الناضج.

تمثل بالنسبة لي "حركة جُمع من أجل المستقبل" أنصع دليل حتى الآن على نشأة تحالف جديد من نوعه بين العلم والشباب وبين الفن كما تُظهر لنا في هذا الكتاب إستير غونستالّا بمنتهى الوضوح؛ فعندما اتأمل الرسوم التوضيحية ذات التوثيق العلمي الراسخ والأصالة المتفردة التي أبدعتها أنامل مؤلفة هذا الكتاب فإنني أبصر فيها عمل عدد عظيم من الزملاء من الجنسين وعملي أنا نفسي. وفي ذات الوقت أجدني متأثرا بمدى القدرة التعبيرية والطاقة الإنشائية التي تكمن في تلك المعارف حينما يجري معالجتها فنيا على نحو خلاق. إنني أعتقد جازما بأنه دون "أعمال الترجمة" التي يقوم بها الفنانون من الجنسين وصناع الإعلام من الجنسين لنقل موضوع المناخ إلى الجمهور لكان عدد الشباب الذي انضم إلى "حركة جُمع من أجل المستقبل: وغيرها من كثير جدا من الحركات اللاحقة أقل بكثير. يواجهني تقريبا كل يوم التحدي المتمثل في توصيل أحدث النتائج العلمية وأحيانا أيضا أكثرها استقرارا فيما له علاقة بتغير المناخ إلى الجمهور العريض، سواء أكان هذا عن طريق المحاضرات أو الحلقات النقاشية أو مقالات افتتاحية في الجرائد أو غيرها من المقالات؛ وهذا لأني أعايش مدى أهمية أن "نترجم" المفاهيم والأرقام المحددة على هيئة صور وأشكال رمزية وقصص على نحو لا يجعل المعلومات الأساسية تُنقل إلى الآخرين فحسب، بل تجعلها قابلة للتذكر والاستظهار. ولا يجب أن ننسى في نهاية الأمر أنه ليس كل امرأة ورجل سيسمع محاضرة لي أو لأحد من زميلاتي وزملائي، كما أنه ليس بمقدور جميعنا أن نقرأ كتابا مُثخنا بالجداول عن تغير المناخ. وبالرغم من ذلك فإن الحقائق الأصيلة من ورائها يجب أن تكون فيروسية الطابع أي أن تكون قابلة للانتقال للآخرين!

---

[1] حركة احتجاجية تأسست في أغسطس/ آب من عام ٢٠١٨ على يد التلميذة السويدية غريتا تونبرج بغرض الإضراب أيام الجُمع احتجاجا على الممارسات (الحكومية) الضارة بالمناخ. امتدت تلك الحركة الاحتجاجية لتشمل في موجتها الثانية بما عرف إضراب المناخ العالمي الثاني في ٢٤ مايو/ أيار من ٢٠١٩ فعاليات شملت مئات الآلاف من طلاب المدارس حول العالم في أكثر من ١٦٠٠ مدينة في ١٢٥ دولة على الأقل. (المترجم)

نجح كتاب إستير غونستالّا في أن يلتقط النظرة الخاصة بتغير المناخ، على المستوى العولمي وعلى المستوى الإقليمي على حد سواء. كما وُفق الكتاب عبر عرض بانورامي في أن يقدم لنا مسببات هذا التغير، وتأثيراته الخارجية، وأن يقدم لنا أيضا مقاربات ممكنة للحل. وبالنسبة لي كان التمثيل البصري للدور الذي يشارك فيه تغير المناخ في تنامي الفقر في أفريقيا أمرا يأخذ بالألباب. ومن خلال تقديم موضوع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من منظوره التاريخي وعلى مستوى الوطنيات المختلفة يظهر بوضوح لا مثيل له كيف أن احترار الأرض قد أتى بالبرهان الصارخ على فشل المجتمع الحديث حيث تبخرت على أقصى تقدير مع تلك التأملات في الهواء ما كانت قد قدمته لنا الحداثة المتعولمة من وعود؛ إذ بالذات الدول والشعوب التي أسهمت بأقل قدر في تغير المناخ نجد أنها هي التي تقف في المؤخرة وتعاني أشد المعاناة من عواقب تغير المناخ التي تكون في جزء منها دراماتيكية. يتحول النداء الذي توجهه غونستالا في هذا الموضع من أجل إحداث تغير على المستوى الشخصي ولكن أيضا على مستوى الاقتصاد العالمي لأن يكون مطلبا أخلاقيا، يعززه على نحو كامل أحدث ما توصل إليه العلم من معارف.

لم ينقص – منذ الانتهاء من العمل على هذا الكتاب – من الحاجة الملحة لمكافحة أزمة المناخ ومن أجل تحقيق تغير جذري في الاقتصاد العولمي الشيء القليل ولو كان قيد الأنملة. إن الدوامة الهوائية "إيداي" - المعروفة إعلاميا بإعصار إيداي - والتي ضربت جنوب غرب أفريقيا وآخر موجة حارة غير مسبوقة شهدتها أستراليا ليسا سوى اثنين من كوارث كثيرة تحذر منها إستير غونستالّا في رسومها التوضيحية في كتاب المناخ. إن الرسائل والحقائق التي يتضمنها هذا الكتاب المهم هي جوهرية ودامغة على حد سواء.

إنني على قناعة بأنه من خلال هذا الكتاب قد وُضع مصنف هائل لتعظيم المعرفة المتعلقة بتغير المناخ ولكنه أنار أيضا الطريق الذي يمكن أن نقطعه للوصول إلى نظام للأرض يتحقق له الاستقرار. وكلي آمل أن يكون كتاب غونستالّا مثله مثل منفاخ الحداد الذي يؤجج الغضب المشروع في داخل المجتمع ويشحذ من همم التحالف القائم مع العلم.

الأستاذ الدكتور هانس يواخيم شيلنهوبر

بوتسدام

مايو/ آيار ٢٠١٩

المناخ ...

هو الذي يجعل الحياة
على الأرض بالأساس ممكنة

أثر الاحتباس الحراري الطبيعي
هو الذي يجعل الحياة على الأرض
بالأساس ممكنة

لولا أثر الاحتباس الحراري الطبيعي لسادت على الأرض درجات حرارة جليدية تبلغ 18 درجة مئوية تحت الصفر

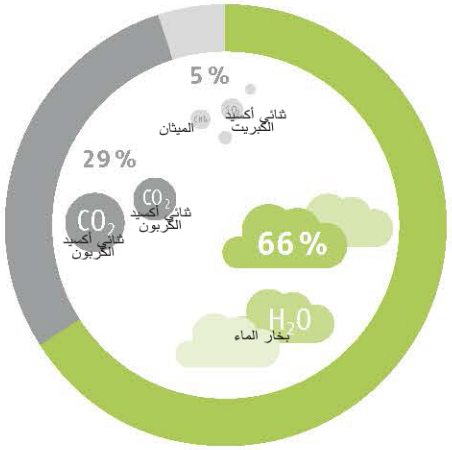
-18 °C

من خلال طبقة الغلاف الجوي التي توفر الحماية لنا تحظى الأرض بمتوسط حرارة 15 درجة مئوية فوق الصفر

+15 °C

بواسطة غازات الاحتباس الحراري الطبيعية يمتص الغلاف الجوي جزءا من الإشعاع الحراري

في السابق كان تركيب غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الخارجي للأرض بقيمة تبلغ 280 جزءا من المليون من ثنائي أكسيد الكربون في حالة اتزان



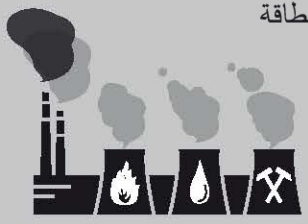
ثلثا أثر الاحتباس الحراري الطبيعية يتسبب في حدوثهما بخار الماء وما يقرب من ثلث ثنائي أكسيد الكربون ونسبة صغيرة من الغازات النزرة الأخرى مثل الميثان

المصادر: هيئة الأرصاد الجوية الألمانية (2018)، تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2014)، رامستورف (2013)، ريدل ويانياك (2015)

... والإنسان

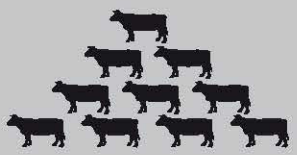
يغير المناخ من خلال انبعاثات مرتفعة من ثنائي أكسيد الكربون التي يتسبب فيها التالي:

حرق الوقود العضوي الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز من أجل سد الحاجة المتصاعدة عالميا إلى الطاقة

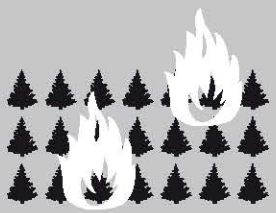


صناعة السلع
ووسائل النقل والمنسوجات والأثاث في عمليات تصنيع كثيفة الاستهلاك للطاقة

الزراعة وتصنيع الأعلاف وتربية الحيوانات الكثيفة وكذا تجهيز اللحوم



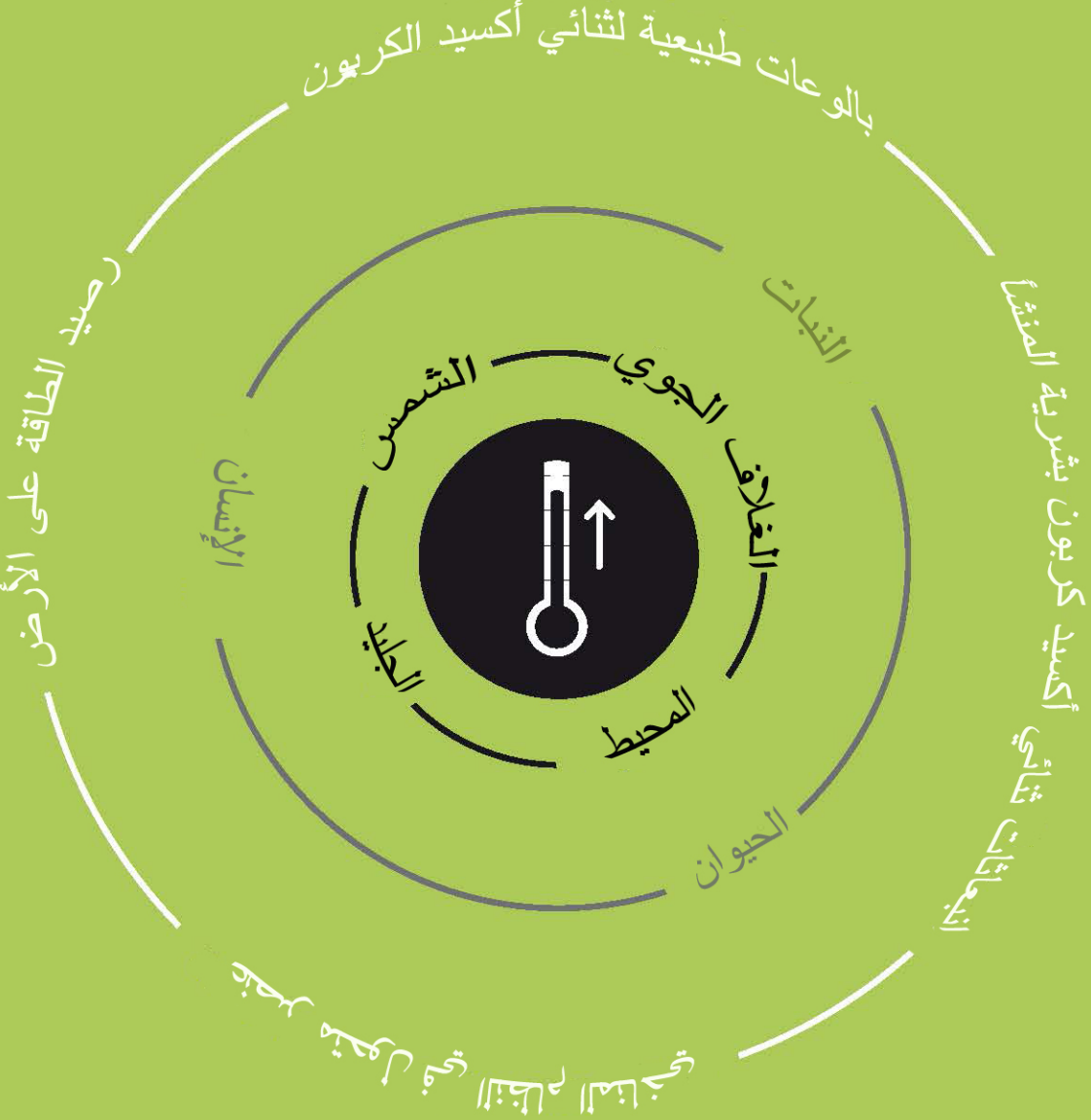
حرائق الغابات
واستهلاك الغابات وإدارة الأحراج (الغابات)



بناء المساكن والمنازل
والتدفئة واحتياجات الطاقة في القطاع الخاص

نقل الأفراد والبضائع
في الطرق والأنهار والبحار وفي الجو

مكونات النظام المناخي ← العناصر الأولى ← العناصر الثانية ← العناصر الثالثة



المناخ
وثنائي أكسيد الكربون

كيف ينجز النظام المناخي وظائفه

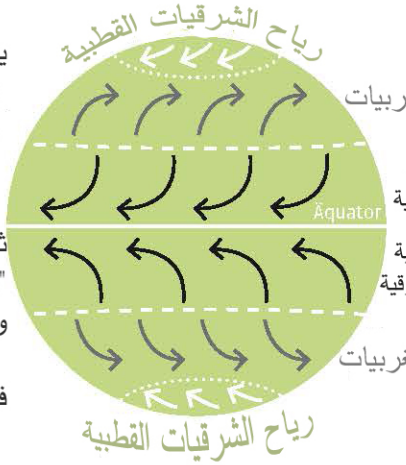
2 **الغلاف الجوي** عبارة عن غلاف غازي يحيط بكوكبنا ويجعل الحياة على الأرض ممكنة عندما ينظم درجة الحرارة ويخزن الأكسجين

1 **الشمس هي مورد الطاقة** على الأرض وهي محرك النظام المناخي

تركيب الغلاف الجوي

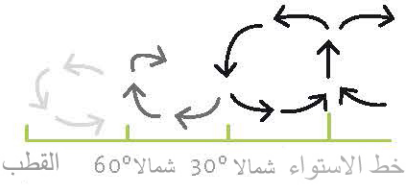
يتكون الغلاف الجوي من غازات وبخار ماء وقطرات وجليد تتكون منها مجتمعة السحب والأمطار والثلوج. علاوة على ذلك يحتوي الغلاف الجوي غازات نادرة تتسبب بالاشتراك مع بخار الماء في إحداث أثر الاحتباس الحراري الطبيعي. ولذلك تبلغ درجة حرارة الأرض في المتوسط 15 درجة مئوية ودون أثر الاحتباس الحراري كانت ستكون ناقص -18 درجة مئوية

دوران الهواء ونقل الحرارة



ينتقل **الهواء الدافئ** في اتجاه القطبين الشمالي والجنوبي، أما الهواء البارد فيتجه ناحية خط الاستواء. ويطلق على حركات الهواء ثلاثية الأبعاد مصطلح "الدوران في الغلاف الجوي". وتسهم تلك الحركات على نحو حاسم في تحديد المناخ في مختلف المناطق.

قطاع عرضي لدوران الهواء

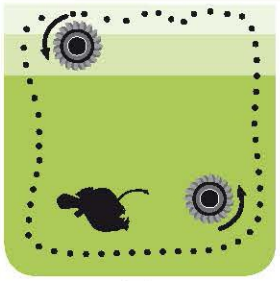


المصدر: بوخال وشونفايزة (2011)

ترتبط **المحيطات** **بالغلاف الجوي** بعلاقة تأثيرتبادلية

3

تمتص **المحيطات والأنهار والبحار** الطاقة الشمسية وتبخر الماء مكونة بذلك السحب والأمطار الهاطلة.



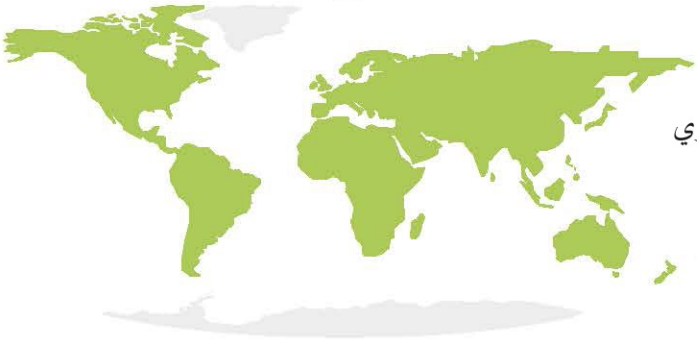
تحيط **تيارات البحار** بالأرض وهي تنقل الماء الدافئ أو الماء البارد وتؤثر بهذا في المناخ تأثيرا ملموسا. علاوة على ذلك فهي تضخ المياه السطحية الدافئة ضخا بطيئا إلى الأعماق وتضخ مجددا المياه السطحية الباردة إلى أعلى.

4

تعكس **المناطق القطبية** بسطوحها فاتحة اللون الإشعاع الحراري الساقط عليها بنسبة تقترب من 100 %. وعندما يذوب الجليد في تلك المناطق فإنه يتحول إلى كتلة مائية أكثر دكانة تمتص الإشعاع الحراري على نحو أقوى لتعمل على مواصلة تسخين المناخ.

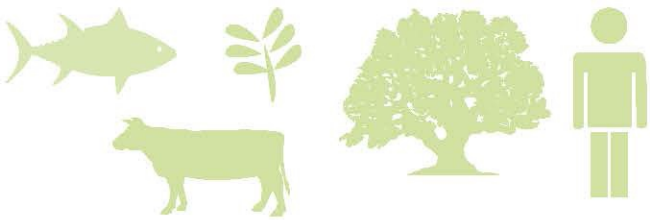
5

تمتص **الكتل المائية** تماما مثلها مثل المحيطات الإشعاع الحراري للشمس لتتبادل الأدوار مع الغلاف الخارجي حيث تسخن الأرض الأكثر دكانة على نحو أكبر من الأرض فاتحة اللون. وهو ما يمكن أن يسهم إقليميا في تكوين مناطق ذات ضغط جوي منخفض وأخرى ذات ضغط جوي مرتفع.



6

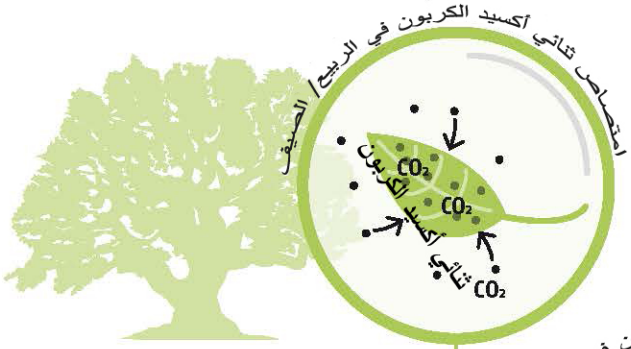
المحيط الحيوي – أي كل الكائنات العضوية الحية والتي تخزن وتنتج المواد وتتبادلها مع البيئة غير الحية مثل الأكسجين والماء والكربون. ينتمي كل من النبات والحيوان والإنسان أيضا إلى المحيط الحيوي ليغيروا بذلك بحصص مختلفة المناخ.



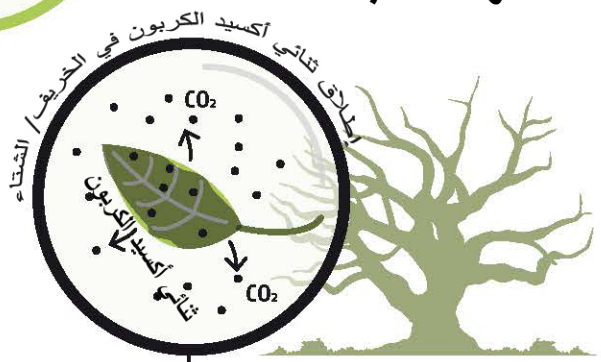
الغابات والبحار:
خزانات مهمة لثنائي أكسيد الكربون

مناطق الغابات
يوجد في نصف الكرة الأرضية الشمالي أكبر مناطق الغابات على الأرض يكون تبدل المواسم فيها المسئول عن التقلبات السنوية في مستوى تركيز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

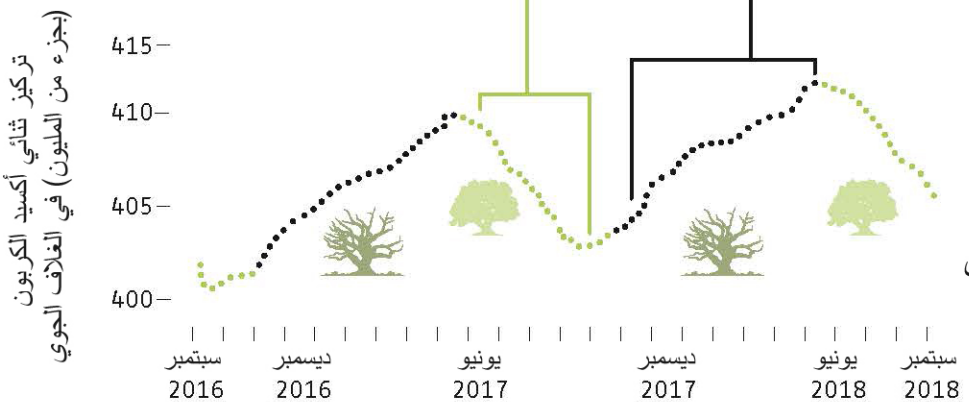
نحو 28%
من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون السنوية تمتصها الغابات.



في صيف نصف الكرة الأرضية الشمالي ينخفض تركيز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وكلما ازدادت البيئة اخضرارا تمتص الأوراق مزيدا من ثنائي أكسيد الكربون في أثناء عملية التمثيل الضوئي وتخزنه على هيئة كربون.



في شتاء نصف الكرة الأرضية الشمالي يتصاعد في المقابل باطراد تركيز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وكلما زاد عدد الأوراق التي تسقط من الأشجار وتتحلل زادت كمية الكربون التي تطلق منها.



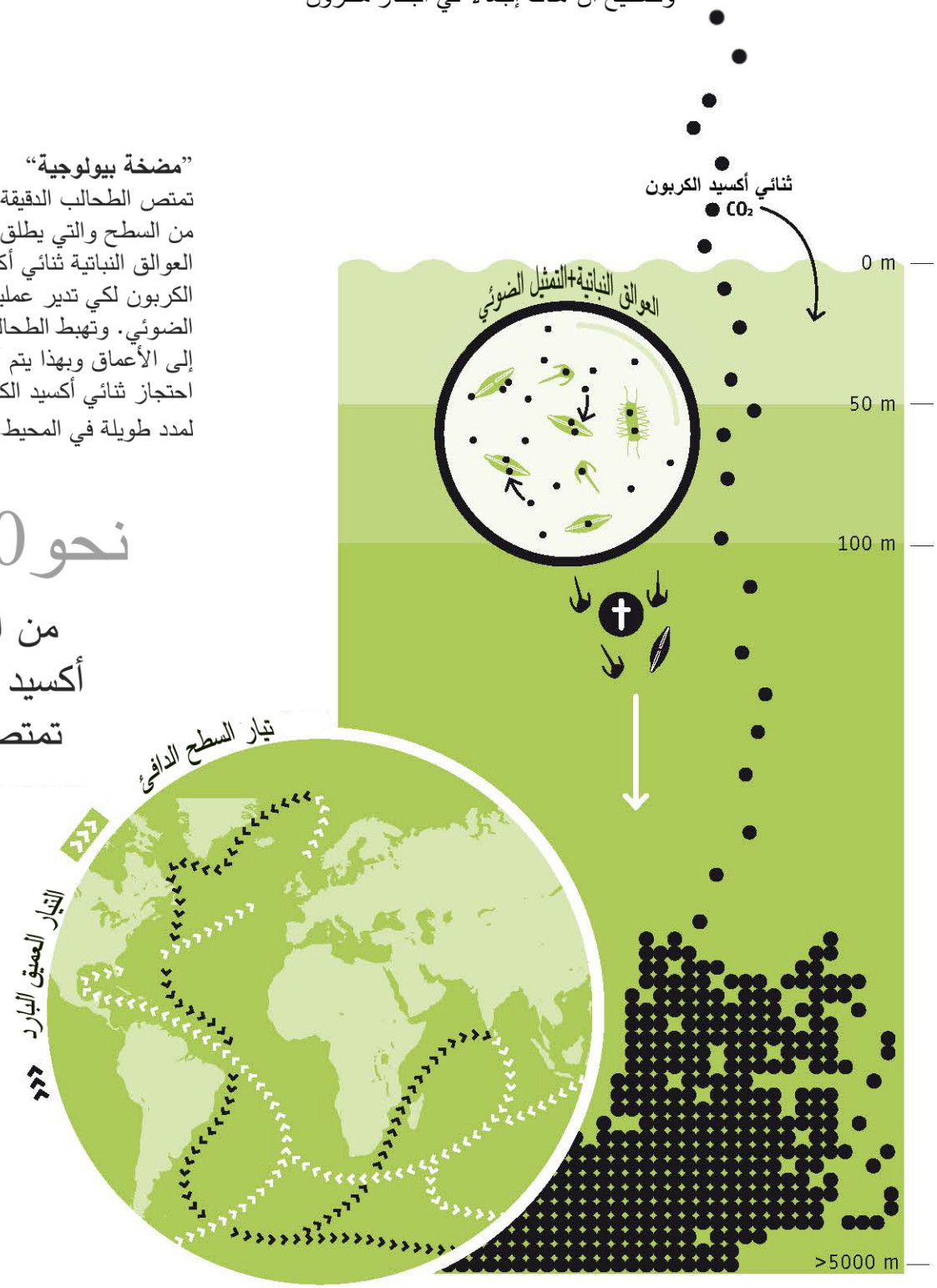
في مقدور الغابات السليمة أن تخفض من رصيد بلد من البلاد من ثنائي أكسيد الكربون إذ أن الغابات تؤثر في الطقس والمناخ – ليس على المستوى الإقليمي فحسب –، بل على مستوى العالم أيضا؛ فهي تنظم درجة حرارة التربة لتؤثر بذلك على انعكاسية سطح الأرض (ألبيدو) وعلى تكوين السحاب والمطر الهاطل.
تمتص المحيطات ما يقرب من نصف كمية ثنائي أكسيد الكربون التي من صنع الإنسان. وصحيح أن هناك إجمالا في البحار مخزون يزيد خمسين مرة ما هو مخزون من ثنائي الكربون في الغلاف الجوي إلا أن الارتفاع السريع لتركيز ثنائي أكسيد الكربون يخل بالاتزان الكيمائي للبحار ويؤدي إلى شكل من أشكال التحمض فيها. وكلما زاد الماء حموضة زادت قدرته على تذويب الهياكل الكلسية، وهو الأمر الذي يمس عددا عظيما من الكائنات الحية في المحيط، مثل الشعب المرجانية، والعوالق (الهائمات) أو المحار. وهي بحاجة إلى الكلس لبناء أصدافها وعظامها.

"مضخة بيولوجية"
تمتص الطحالب الدقيقة القريبة من السطح والتي يطلق عليها العوالق النباتية ثنائي أكسيد الكربون لكي تدير عملية التمثيل الضوئي. وتهبط الطحالب الميتة إلى الأعماق وبهذا يتم أيضا احتجاز ثنائي أكسيد الكربون لمدد طويلة في المحيط.

نحو 30–40%

من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون السنوية تمتصها المحيطات

"مضخة فيزيائية"
تنقل تيارات البحار ثنائي أكسيد الكربون إلى أعماق البحر وعلى نحو شديد البطء حول الكرة الأرضية إلى أن يصل بواسطة التيار الصاعد مرة أخرى إلى السطح.



المصادر: تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2014)، لي كوريه وآخرون (2012)، ماريبوس (2010)، معهد الموارد العالمية (2018)

انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون بالمقارنة

1 الصين

779 (1960) << 9839 (2017)
مليون طن من
ثنائي أكسيد الكربون

2 الولايات المتحدة الأمريكية

2888 << 5270
مليون طن من
ثنائي أكسيد الكربون

3 الهند

121 << 2467
مليون طن من
ثنائي أكسيد الكربون

4 روسيا

890 << 1693
مليون طن من
ثنائي أكسيد الكربون

العالم

396 9 مليون طن
من ثنائي أكسيد الكربون

1960

10 كندا

573 << 193

مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون

9 كوريا الجنوبية

616 << 12

مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون

8 السعودية

635 << 3

مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون

7 إيران

672 << 7

مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون

6 ألمانيا

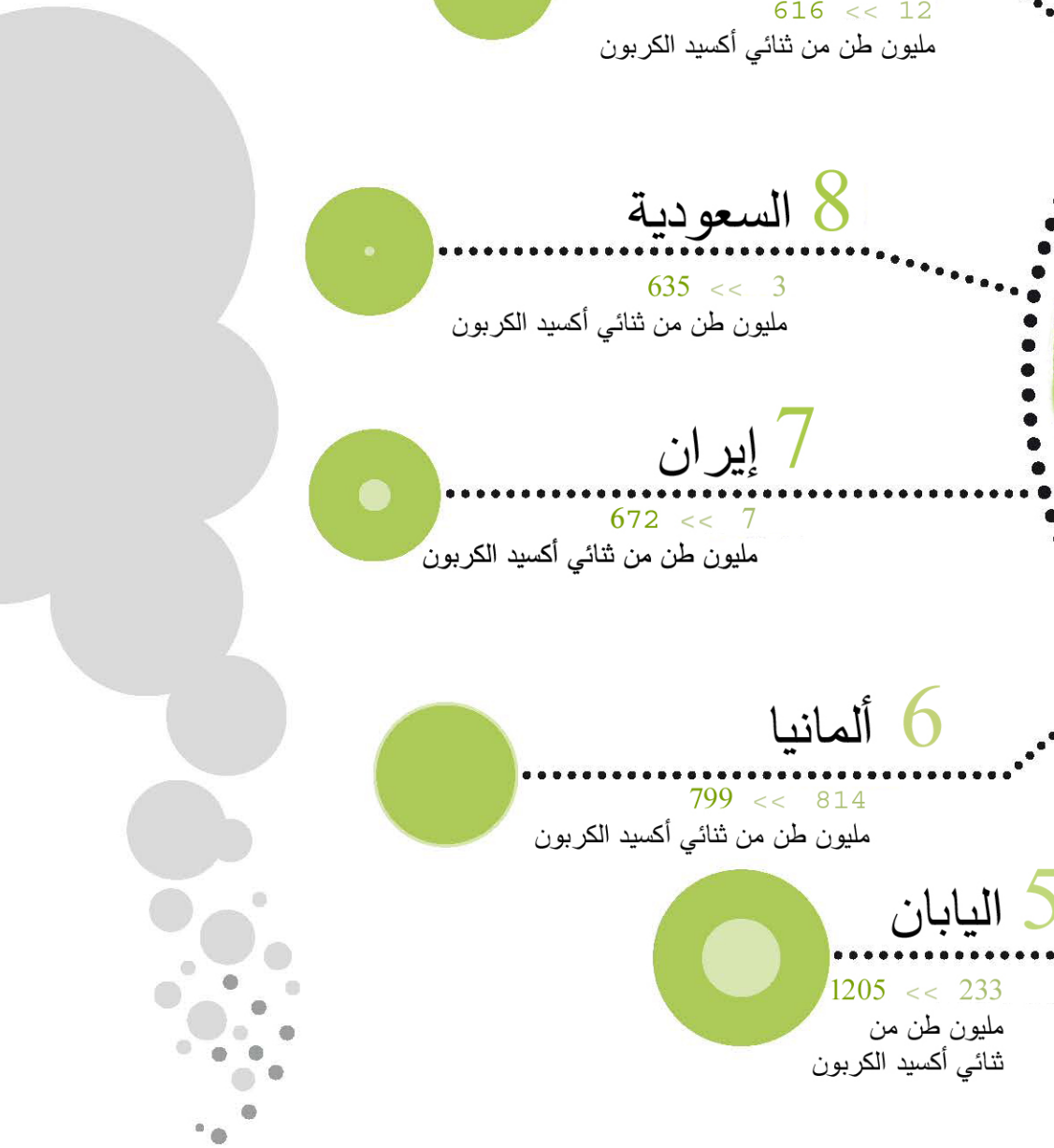
814 << 799

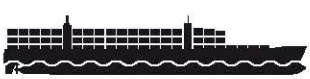
مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون

5 اليابان

1205 << 233

مليون طن من
ثنائي أكسيد الكربون





المصدر: بودن وآخرون (2017)، اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (2018)، التقرير السنوي لشركة البترول البريطانية (2018)

"يمثل التغير المناخي أكبر أزمة تواجهها البشرية.
يوضح كتاب المناخ على نحو معبر وموحي
أن التهديد المرتبط بتلك الأزمة لا يقل في شيء
عن وجودنا نفسه"

لؤيزا نويباور، ناشطة مناخية (جُمع من أجل المستقبل)

الجفاف وموجات الحر، ولكن أيضا تفشي موجات الصقيع والفيضانات والأمطار الغزيرة: لقد أصبحت أزمة المناخ موضوعا عولميا لم يعد في وسع أحد أن يتجاهله.

من هنا يبدأ "كتاب المناخ". بمساندة من جانب عدد وفير من العلماء قامت إستير غونستالّا بمعالجة السياقات المعقدة والبيانات العلمية المتعلقة بالاحترار العولمي، صانعة منها مخططات معلومات بيانية (إنفوجرافيك) مفهومة لجميع من لا ينشدون مرحلة الفهم العميق فحسب، بل من يهدفون أيضا إلى التصرف بفاعلية.