Translated by Raghad S. Mouhamad and Hashim S. Dhaher.

دِيدان الأرْض وَدورِها فِي اِنبِعاث غازات الدَّفيئة

Pierre Ganault[1]*, Sacha Delmotte [2], Agnès Duhamet [2], Gaëlle Lextrait [2], Yvan Capowiez[3]

[1] CEFE, Univ. Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Univ. Paul-Valéry Montpellier, Montpellier, France

[2] Université de Montpellier, Montpellier, France

[3] INRAE, UMR 1114 EMMAH, INRAE/Université d'Avignon, 84914 Avignon, France

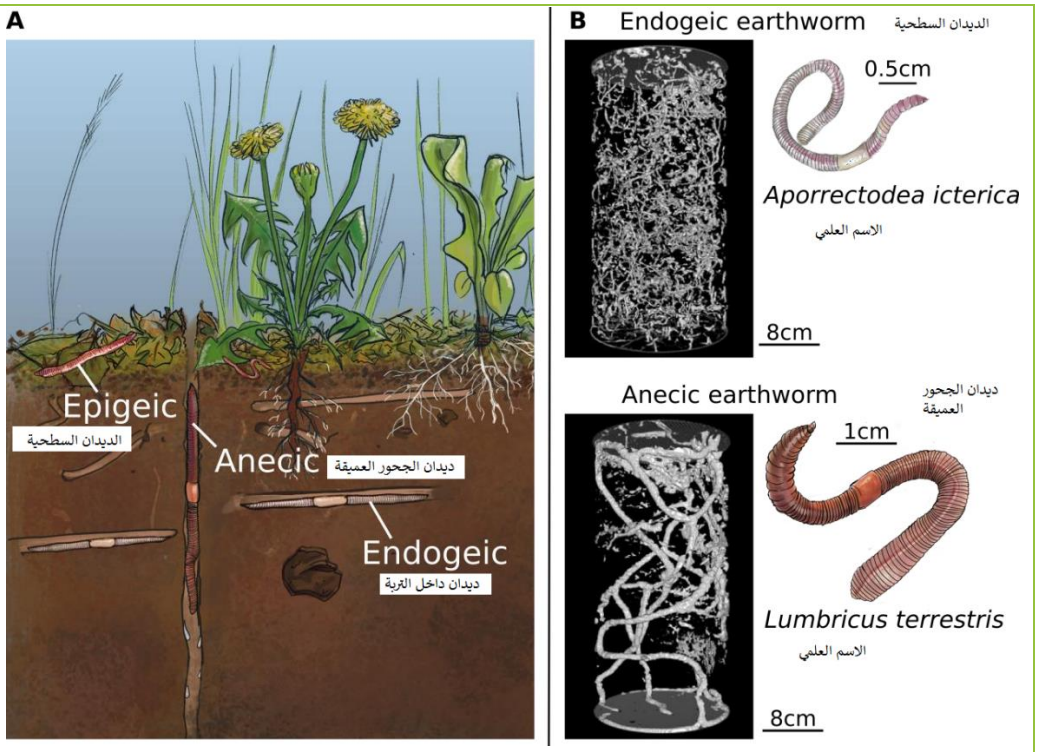
تَمتَلِك جميع دِيدان الأرْض كُتلَة حَيَويَّة حَيَّة أَعلَى مِن أيِّ نَوْع حيوانيٍّ آخر، نظرًا لِأهمِّيَّتهَا لِلْعمليَّات البيولوجيَّة دَاخِل قَلْب التُّرْبة ، فقد رَكزَت الأبْحاث على بِيئة دِيدان الأرْض ، وتنوُّعهَا، والْغذاء والْحركة فِي التُّرْبة، ومَا يَتَرتَّب على ذَلِك مِن نَشَاط حَيوِي لِلْكائنات الميكْروبيَّة وانْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ. وَجدَت تَجرِبة مَعملِية فَحصَت دَوْر دِيدان الأرْض فِي زِيادة اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ أَنهَا عَزَزَت نَشَاط الميكْروبات ، مِمَّا أَدَّى إِلى زِيادة 33% و42% فِي اِنْبعاثات ثَانِي أُكسِيد الكرْبون وَأكسِيد النِّيتْروز، على التَّوالي . يُمثِّل تَحدِيد العوامل البيئيَّة اَلمهِمة مِثْل نسجة التُّرْبة وَدرجَة الحموضة وَوجُود النَّبَات أو اَلرَّي مِن أَجْل دِراسة اَلصلَة بَيْن دِيدان الأرْض والْغازات المسبِّبة لِلاحْتباس الحراريِّ التي تمثل تحدِّيًا عِلْميًّا مُهمًّا ومثيرًا .

المراجعون

GWEN

AGE: 13

دِيدان الأَرْض مِن اللَّافقاريَّات، على عَكْس الحشرات، لَيْس لَهَا عِظَام وعيْنَان ، لَكِنهَا تَمتَلِك عَضَلات قَويَّة. يُمْكِن أن تَتَحرَّك دِيدان الأَرْض عَبْر التُّربة وتآكل الأَوْراق الميِّتة . هُنَاك اَلعدِيد مِن الأَنْواع في جميع أَنحَاء العالم، رُبمَا تَصِل إِلى حواليْ 7000، بَعضُها لَم تَتِم دِراسَته جيِّدًا، ويقدِّر العلماء أنَّ هُنَاك أَكثَر مِن 30000 نَوْع مِن دِيدان الأَرْض اَلتِي لَم يَتِم وَصفُها بَعْد [1] . بيْنمَا تَبدُو مُعظَم دِيدان الأَرْض مُتشابهة، تَختَلِف أَنمَاط حَياتِها [2].



الشَّكْل 1

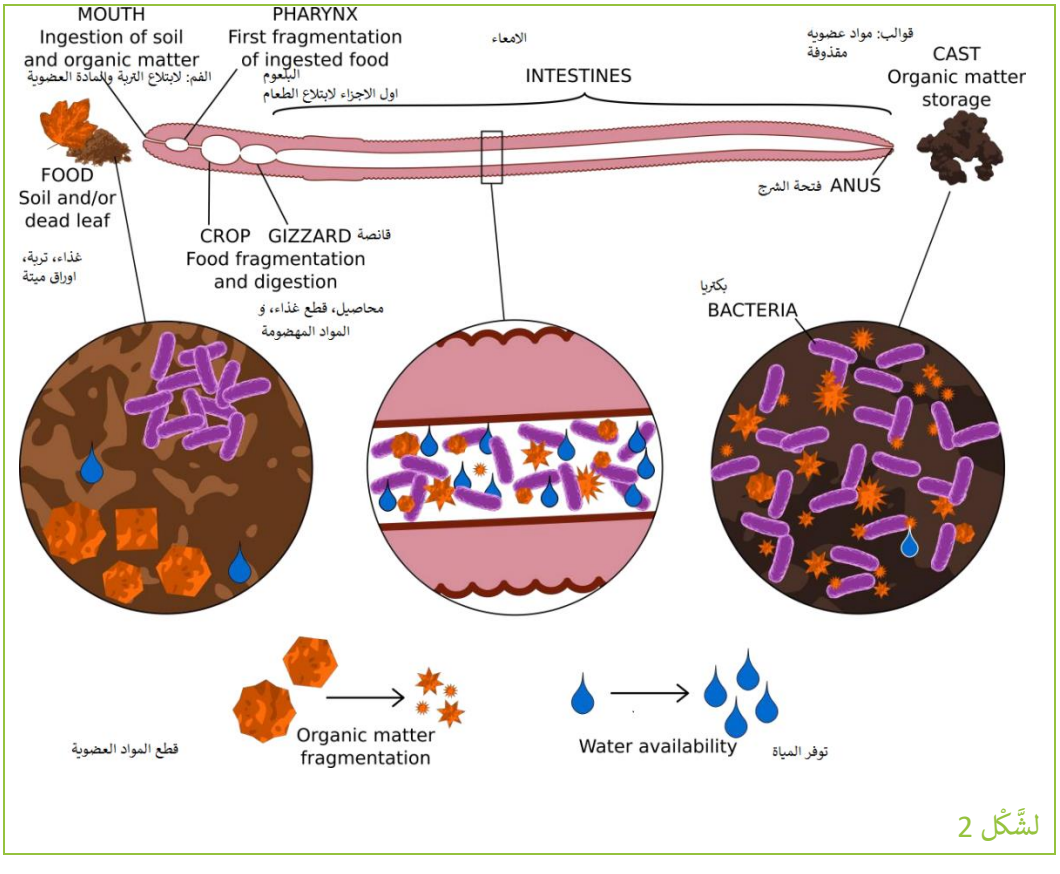
الشَّكْل 1
(أ) المجْموعات A الرَّئيسيَّة الثَّلَاث مِن دِيدان الأَرْض epigeic، anecic، وendogeic ، (ب) B . و بِالاعْتماد على تِقْنيَّة اَلأَشِعة السِّينيَّة ثُلاثِيَّة الأَبْعاد لِأَنْظِمة الإِنْفاق لِنَوع دِيدان دَاخِل التُّربة نَوْع الدُّودة الرَّماديَّة (Aporrectodea icterica) ونوْع ونوْع الزَّاحف اَللَيْلِي (Nightcrawler (Lumbricus terrestris . صُوَر اَلأَشِعة السِّينيَّة مِن قِبل Yvan Capowiez ، اَلموْقِع www . lesbullesdemo . fr

يُظْهِر الشَّكْل ا المجْموعة اَلأُولى ، تُسمَّى دِيدان الأَرْض ، يَصِل حَجمُها (3 - 10 سُمِّ) ، حَمْراء اللَّوْن وتسْتخْدم في التَّسْميد الدُّوديِّ . تَتَغذَّى دِيدان الأَرْض على الأَوْراق الميِّتة . تلْوينهَا يحْميهَا مِن اَلأَشِعة فَوْق البنفْسجيَّة ويبْقيهَا في مَأمَن مِن الحيوانات المفْترسة السَّطْحيَّة . بدلا مِن حَفْر التُّربة ، يَأكُلون الأَوْراق الميِّتة ويحوِّلونهَا إِلى قِطع صَغيرَة مِن اَلْمَواد العضْويَّة في روْثهم (مُخلَّفاتهم) تُسمَّى العفن . تَكوُّن دِيدان الأَرْض الدَّاخليَّة (دِيدان دَاخِل التُّربة) أَكبَر حجْمًا (5 - 15 سُمِّ) وَخالِية تمامًا مِن الصِّبْغة . تعيش في التُّربة فقط ويحْفرون اَلعدِيد مِن اَلجُحور (الأَنْفاق) في قِطْعَة أَرْض تُجرِّبيه (لَوَّح) أَربَعة دِيدان أَرضِية في اِسْتطاعتْ حَفْر جُحورًا (إِنفَاق) بعَرض 2.2 كِيلومتْر وعرْض 3.5 ملم لِكلِّ مِتْر مُكعَّب مِن التُّربة في 6 أَسابِيع فقط [3] ، يَأكُلون التُّربة والْأَوْراق الميِّتة الصَّغيرة جِدًّا ويخْلطون اَلْمَواد العضْويَّة في التُّربة . أَمَّا المجْموعة الثَّالثة تُسمَّى دِيدان الأَرْض اَلجُحور أو الإِنْفاق العميقة . أَكبَر المجْموعات حجْمًا ، يُمْكِن أن تَنمُو حَتَّى 10 سُمِّ أو حَتَّى مِتْر وَاحِد ، يحْفرون جُحورًا عَمودِية عَمِيقَة حَتَّى عُمْق أَكثَر مِن مِتْر وَاحِد . نَشَاطهَا في اللَّيْل ، تَقُوم بِجَذب الأَوْراق الميِّتة على السَّطْح وتحمُّلهَا إِلى طَبَقات أَعمَق مِن التُّربة . نظرًا لِأَنَّ رُؤوسَهم فقط هِي اَلتِي تُغَادِر التُّربة فَإِن رُؤوسَهم فقط مَصبُوغة لِحمايتهَا مِن اَلأَشِعة فَوْق البنفْسجيَّة . إِنَّ أَكْل أو دَفْن الأَوْراق الميِّتة والتَّحرُّك عَبْر التُّربة عن طريق تَكوِين الأَنْفاق هُمَا الإِجْراءان الرَّئيسيَّان لِديدَان الأَرْض. هَذِه الإِجْراءات مُفيدَة لِلتُّربة وكائنات التُّربة اَلأُخرى وبالتَّالي النِّظَام البيئيُّ بِأَكْمَله ، اَلذِي أَكسَب دِيدان الأَرْض اِسْم " مُهَندسِي النِّظَام الإِيكولوجيِّ".

مَا هُو دَوْر دِيدان الأَرْض في تَغيُّر التُّربة وَنمُو البكْتيرْيَا ؟ تَعمَل دُودَة الأَرْض أَنْفاقًا لَهَا دَوْر في تَغيير بِنْيَة التُّربة بِشَكل كبير عن طريق إِنشَاء فُسحات كَبيرَة في التُّربة المخْترقة . اَلجُحور أو الأَنْفاق هِي مَوطِن اَلعدِيد مِن الكائنات الحيَّة مِثْل اللَّافقاريَّات الصَّغيرة والْبكْتيرْيَا وَجذُور النَّباتات . تَعمَل الأَنْفاق أَيْضًا كأَنابيب مُوَصلَة تزيد مِن تَدفُّق اَلْماء والْأَكْسجين بَيْن السَّطْح وطبقَات التُّربة العميقة . في تَجرِبة لِلْباحث Capowiez وآخرون 2015 لِتنْمِية أَنوَاع مِن دِيدان الأَرْض في أُنبُوب بِلاسْتك PVC (قطر 16 سُمِّ ، اِرتِفاع 30 سُمِّ ، الشَّكْل 1 ب) ، عَملَت الإِنْفاق المنْجزة مِن قِبَل دِيدان الأَرْض الدَّاخليَّة تَسلُّل لِلْميَاه

بِمعدَّل يَبلُغ 5.2 لِتْر في الدَّقيقة ، بيْنمَا وصل هذَا اَلمُعدل إلى 12.4 لِتْرًا في الدَّقيقة في جُحُور دُودَة الأَرْض العميقة فَهِي أكبرحجمًا وأكْثر اِسْتمْراريَّة في الاسْتخْدام وَذَات اِتِّجاه عَمُودَي . في النُّظم البيئيَّة اَلتي تَكثُر فِيهَا دِيدان الأَرْض ، تَختَفِي الأَوْراق الميِّتة بِسرْعة كَبِيرَة ولَا تَتَراكَم على سَطْح التُّرْبة . تَقُوم دِيدان الأَرْض بِتحْوِيل الأَوْراق الميِّتة إلى قِطَع أَصغَر يَتِم إِعادة تدْويرهَا وَتدفِن الأَوْراق الميِّتة في طَبَقات التُّرْبة العميقة . تَأكُل دِيدان الأَرْض الدَّاخليَّة الأَوْراق الميِّتة الصَّغيرة أو جُزيْئَات الجذْر مع التُّرْبة وتفْرزهَا خَلفُهم أينَما ذَهبَت . تُؤدِّي أَعمَال دِيدان الأَرْض هَذِه إلى إِعادة تَوزِيع اَلْمَواد العضْويَّة في جميع أَنحَاء التُّرْبة . بدلا مِن التَّراكم على سَطْح التُّرْبة ، تَنتَشِر **المادَّة العضْويَّة** بِشَكل أَكبَر وَتصبح مُتَاحَة لِجذور النَّباتات كائنَات التُّرْبة اَلأُخرى . تُؤثِّر التَّغيُّرات في التُّرْبة اَلتي تُسَببهَا دِيدان الأَرْض على مَجمُوعة مُهمَّة أُخرَى مِن كائنَات التُّرْبة ، مِثْل البكْتيرْيَا . تَحْتاج البكْتيرْيَا إلى التَّوازن اَلصحِيح لِلْغذَاء والْمَاء والْهواء لِلْبقَاء على قَيْد الحيَاة . تَقُوم دِيدان الأَرْض بِتحْوِيل قِطع صَغِيرَة مِن اَلْمَواد العضْويَّة إلى جُزيْئَات أَصغَر ، وتحوُّلهَا البكْتيرْيَا إلى كَربُون ونيتْروجين . لِذَلك ، يَمتَص بِسهولة عن طريق جُذُور النَّبَات ويسْتخْدم لِلنُّموّ . بِالنِّسْبة لِعمليَّة التَّمْثيل الغذائيّ ، تَستخْدِم البكْتيرْيَا الأكْسجين (التَّنَفُّس) وَتنتِج **ثَانِي أُكسِيد الكرْبون** كنفايات . في ظِلّ الظُّروف المشْبعة بِالْمياه ، مِثْل أَثنَاء الفيضانات أو في حُقُول اَلأُرز ، تَنتِج البكْتيرْيَا **أُكسِيد النِّيْترُوز** كمنتِج نُفايَات . ثَانِي أُكسِيد الكرْبون وَأكسِيد النِّيتْروز مِن الغازات الدَّفيئة اَلتي تزيد مِن دَرجَة حَرارَة الغلَاف الجوِّيّ ، مِمَّا يُؤدِّي إلى تَغيُّر اَلمُناخ .

في بَعْض أَنوَاع التُّرْبة الفقيرة (المناطق القاحلة وَشبْه القاحلة) ، قد تَفتَقِر البكْتيرْيَا إلى اَلْمَواد العضْويَّة أو اَلْهواء أو اَلْماء وبالتَّالي تَكُون أقلّ نشاطًا . يُمْكِن أن تعيش دِيدان الأَرْض في تَعايُش مع البكْتيرْيَا مِن خِلَال تَوفير اَلمزِيد مِن اَلْمَواد العضْويَّة والْمَاء والْهواء . هذَا التَّأْثير أَقوَى بِالنِّسْبة لِلْبكْتيرْيَا اَلتي تعيش في أَمعَاء دُودَة الأَرْض في القنَاة الهضْميَّة ، تَمتَزِج المادَّة العضْويَّة والتُّرْبة تمامًا في بِيئة مُشْبعَة بِالْمَاء لِتنْتج أُكسِيد النِّيْترُوز [4]. نظرًا لِأنَّ دِيدان الأَرْض تُحفِّز البكْتيرْيَا اَلتي تَنتِج ثَانِي أُكسِيد الكرْبون وَأكسِيد النِّيتْروز، فَإن هذَا يجْعلنَا نَتَساءَل عَمَّا إِذَا كَانَت دِيدان الأَرْض تَعمَل على زِيادة أو تَقلِيل اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريّ .



لشَّكْل 2

دِراسة تَأثِير دِيدان الأَرْض على اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريّ لِدراسة كَيفِية تَأثِير دِيدان الأَرْض على البكْتيرْيَا والْغازات الدَّفيئة اَلتي تُنْتجهَا ، أَجرَوا الباحثين عِدَّة تَجارِب مُخْتبرِيَّة ، في إِحْدى التَّجارب اِسْتخْدم أُوَانيَا مَملُوءة بِالتُّرْبة يَتِم نَخلُها لِإزالة الصُّخور وجميع الحيوانات والْجذور ، ثُمَّ يَتِم إِضافة

المراجعون

وَهِي مَادَّة تَتَكوَّن مِن مُركبَات عُضْوِية تَأتِي مِن بقايَا الكائنات الحيَّة مِثْل النَّباتات والْحيوانات وفضلاتهَا في البيئة . غازات الاحْتباس الحراريّ : هُو غاز يَمتَص وَيطلِق الطَّاقة الشَّمْسيَّة مُسَببا ظَاهِرة الاحْتباس الحراريّ أيْ اِرتِفاع دَرجَة حَرارَة الغلَاف الجوِّيّ .

ثَانِي أَكسِيد الكرْبون

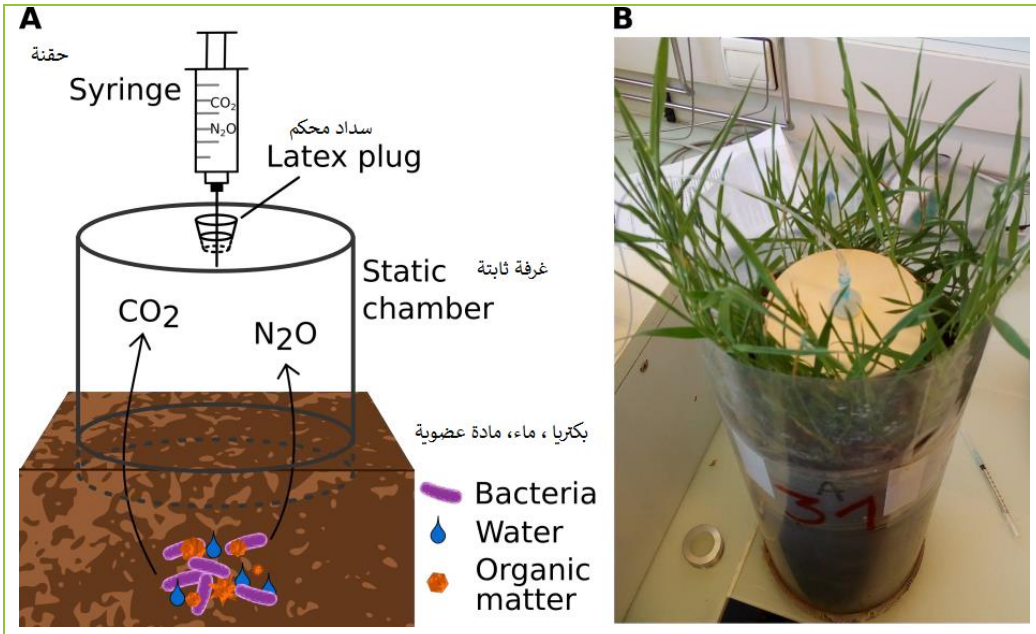
هُو غاز عديم اللَّوْن يَتَكوَّن مِن ذَرَّة كَربُون واثْنتيْن مِن الأكْسجين . اِرتفَع تركيزه في الغلَاف الجوِّيّ مِن 0.028% إلى 0.042% مُنْذ عام 1850 مِمَّا تَسبَّب في زِيادة دَرجَة الحرارة العالميَّة بِمقْدَار دَرجَة وَاحِدة .

لشَّكْل 2

ا- المادَّة العضْويَّة تَمُر عَبْر الجهَاز اَلهضْمِي لِديدَان الأَرْض ، وتنْقَسم إلى قَطْع أَصغَر ، وَيتِم هَضمُها ، ويخْرج الباقي على شَكْل بِرَاز (casts . يُسمَّى القوالب) ثُمَّ تُسَاعِد القوالب على تَغذِية البكْتيرْيَا . تُوجَد البكْتيرْيَا أيْضًا دَاخِل الجهَاز اَلهضْمِي لِديدَان الأَرْض . تَحْتاج البكْتيرْيَا إلى اَلمزِيج اَلصحِيح مِن اَلْمَواد العضْويَّة والْمَاء والْهواء حَتَّى تَكُون نَشطَة . صُورَة بِواسِطة مِن Drake و Horn . 2007

دِيدان الأَرْض مِن نَفْس النَّوْع ، بِأَعْدَاد قَرِيبَة مِمَّا يُمْكِن اَلعُثور عليْه في التُّرْبة الطَّبيعة . مع الاحْتفاظ بِبَعض الأواني بِدون دِيدان الأَرْض لِلْمقارنة . تمَّ قِيَاس اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ على سَطْح التُّرْبة ودراسة البَكْتيرْيَا الموْجودة في الأواني لِمعْرِفة مَا إِذَا كَانَت اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ أَعلَى في وُجُود أو عدم وُجُود دِيدان الأَرْض . طَرِيقَة أُخرَى يَستخْدِم لِقياس غازات الدَّفيئة في الطَّبيعة . حَيْث يَتِم عرز أَنابِيب أُسْطوانيَّة في الأَرْض لِقياس الغازات مِثْل ثَانِي أُكسِيد الكرْبون وَأكسِيد النِّيتْروز (الشَّكْل 3) .

للتعرف على العلاقة بين ارتفاع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وعدد أنواع ديدان الأرض الموجودة يمكن قياس خصائص التربة المهمة مثل النشاط البكتيري، محتوى الماء ، وتوافر المواد العضوية ، ودرجة حموضة التربة.



الشَّكْل 3

هُنَاك طَرِيقَة أُخرَى لِمعْرِفة تَأْثِير دِيدان الأَرْض على اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ وَهِي جَمْع المعْلومات مِن جميع الدِّراسات السَّابقة . حَيْث وجد أنَّ دِيدان الأَرْض في المتوسِّط تزيد مِن اِنْبعاثات ثَانِي أُكسِيد الكرْبون بِنسْبة 33% واِنْبعاثات أُكسِيد النَّيْتروز بِنسْبة 42% [5] . يَبدُو أنَّ هذَا يُخْبرنَا أَنَّه على الرَّغْم مِن أَنهَا مُفيدَة لِصحَّة التُّرْبة ، إِلَّا أنَّ دِيدان الأَرْض قد تَكُون ضَارَّة بِالْبيئة لِأَنَّهَا تزيد مِن النَّشَاط البَكْتيريِّ واِنْبعاثات الدَّفيئة . اَلقُيود التَّجْريبيَّة تَعمَل دِيدان الأَرْض على تَحسِين صِحَّة التُّرْبة ، وَلكِن في نَفْس الوقْتِ يَبدُو أَنهَا تزيد مِن اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ . قِبل القفْز إِلى هذَا الاسْتنْتاج ، مِن اَلمهِم أن نُدْرِك أنَّ التَّجارب السَّابقة كَانَت مَعِيبَة ، مِمَّا يَجعَل مِن الصَّعْب التَّأَكُّد تمامًا مِن دَوْر دِيدان الأَرْض في تَغيُّر اَلمُناخ أو اِنبعاث غازات الدَّفيئة . التَّفاعلات بَيْن دِيدان الأَرْض والْبكْتيرْيَا والتُّرْبة والنَّباتات والْمياه اَلتِي تُؤدِّي إِلى اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ مُعَقدَة . تَختَلِف هَذِه العوامل بِشَكل كبير في البيئات الطَّبيعيَّة ويصْعب إِعادة إِنْتاجهَا بِدقَّة في التَّجارب العلْميَّة . هُنَاك عِدَّة عَوامِل مُهمَّة لِفَهم دَوْر دِيدان الأَرْض تمامًا في اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ ، مِنهَا خَصائِص مُختلفَة لِلتُّرْبة ، مِثْل مُحتَوَى الرَّمْل sand . تَفضَّل مُعظَم دِيدان الأَرْض عُمومًا التُّرْبة ذات المحْتوى المنْخفض مِن الرِّمَال ، حَيْث تَجِف التُّرْبة الرَّمْليَّة بِشَكل أَسرَع وَيمكِن أن تُؤدِّي حُبيْبَات الرَّمْل إِلى تَهيُّج جِلْد الدُّودة . يُمْكِن أن يُؤثِّر الرَّقْم الهيدْروجينيَّ لِلتُّرْبة بِشَكل خطير على دِيدان الأَرْض ، حَيْث لَا يُمْكنهَا البقَاء على قَيْد الحيَاة في التُّرْبة مع دَرَجَة حُمُوضَة أَقلَّ مِن 4.5 . سَيكُون مِن الصَّعْب مُحَاكَة بِتجارب مُخْتبرِيَّة أو صُنْع أَوانِي تجْريبيَّة لِآلاف مِن أَنوَاع التُّرْبة المخْتلفة الموْجودة في الطَّبيعة ، لِذَا فَإِن مَعْرفتنَا تَقتَصِر حاليًّا على أَنوَاع شَائِعة مُعَينَة مِن التُّرْبة . العامل الثَّاني هُو أنَّ اَلقلِيل مِن الدِّراسات قد شَملَت النَّباتات في تجاربهَا . يَمتَص اَلْماء والْمغذِّيات مِن اَلجذور ، مِمَّا يُقلِّل مِن اِسْتخْدام الميَاه والْمغذِّيات بِواسِطة دِيدان الأَرْض والْبكْتيرْيَا . ومع ذَلِك ، يُمْكِن أن تُسَاعِد النَّباتات والْبكْتيرْيَا بَعضُها البعْض أيْضًا . تُنْتِج جُذُور النَّبَات السُّكَّر في التُّرْبة المحيطة ، وَالذِي تَأكلُه البكْتيرْيَا مُقَابِل المعادن اَلتِي يحْتاجهَا النَّبَات . لِسوء اَلحَظ ، مِن

أَكسِيد النَّيْتروز

هُو غاز عديم اللَّوْن يَتَكوَّن مِن ذرَّتيْنِ مِن النِّيتْروجين وَواحِدة مِن الأكْسجين . إِنَّه ذُو تَركِيز مُنْخَفِض لِلْغاية وَلكِن جُزَيء أُكسِيد النَّيْتروز وَاحِد يُسخَّن الغلَاف الجوِّيُّ مِقدَار 270 جُزَيء مِن ثَانِي أُكسِيد الكرْبون .

الشَّكْل 3

) اِسْتخْدام غُرفَة A- (أ تجْريبيَّة لِقياس اِنْبعاثات غازات الدَّفيئة في البيئات الطَّبيعيَّة . تَتَراكَم الغازات اَلتِي تُنْتجهَا البكْتيرْيَا في اَلغُرفة المغْلقة ، ثُمَّ يَتِم أَخْذ عيِّنات مِنهَا بِاسْتخْدام حُقنَة مِن خِلَال سِدادة اللَّاتكْس لِقياس مُسْتويات COثَانِي أُكسِيد الكرْبون (2 NO) وَأكسِيد النِّيتْروز (2) صُورَة غُرفَة B) . (ب مَوضُوعة على سَطْح التُّرْبة لِوعاء تجْريبيٍّ بِه دُودَة الأَرْض والنَّباتات . صَممَت بِواسِطة بِيير جَانُولت

الصَّعْب إِجرَاء تَجربة لِاخْتبار جميع التَّفاعلات الإيجابيَّة والسَّلْبيَّة الممْكنة اَلتِي تَحدُث فِي نَفْس الوقْتِ فِي التُّرْبة العامل الثَّالث هُو أنَّ مُعظَم الدِّراسات تُثْبِت ثَبَات رُطُوبَة التُّرْبة . عَادَة مَا يَتِم ذَلِك لِزيادة نَشَاط دِيدان الأَرْض . فِي الطَّبيعة ، تَجِف التُّرْبة بِاسْتمْرار وتعاد ترْطيبهَا بِواسِطة هُطُول الأَمْطار . إِذَا كَانَت التُّرْبة جَافَّة جِدًّا ، فقد لَا تَكُون دِيدان الأَرْض نَشطَة على الإِطْلاق . هذَا يَعنِي أنَّ التَّجارب مع رُطُوبَة التُّرْبة الثَّابتة قد تُبَالِغ فِي تَقدِير التَّأْثِير اَلسلْبِي لِديدَان الأَرْض على اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ . فِي التَّجارب المخْتبريَّة لِلْباحثين بِاسْتخْدام دَورَة مُعَالجَة أَكثَر وَاقعِية ، أَدَّى وُجُود دِيدان الأَرْض فِي الواقع إِلى تَقلِيل اِنْبعاثات أُكسِيد النِّيْتروز [6] . اِسْتنْتج العلماء أنَّ جُحُور دِيدان الأَرْض تزيد مِن تَدفُّق المِيَاه إِلى طَبَقات التُّرْبة المنْخفضة وَتهوِي التُّرْبة ، مِمَّا يُسْرِع مِن تَجفِيف التُّرْبة ويقلِّل مِن نَشَاط البكْتيرْيَا . تُعتَبَر تأْثِيرات دَوْرات التَّجْفيف وإِعادة التَّرْطيب مُهمَّة جِدًّا لِلدِّراسة ، لَا سِيَّما أَنَّه مِن المتوقَّع أن تَكُون هَذِه الدَّوْرات أَكثَر تواترًا وتطرُّفًا مع تَغيُّر اَلمُناخ المسْتمرّ . تَغيُّر اَلمُناخ - لَا تَلُوم دِيدان الأَرْض لَقد أَظْهرْنَا مدى تَعقِيد دِراسة اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ فِي التُّرْبة . تَغيُّر دِيدان الأَرْض تَوزِيع اَلْمَواد العضْويَّة وتوافر اَلْماء والْهواء فِي التُّرْبة . كُلُّ هذَا يُغيِّر نَشَاط بكْتيرْيَا التُّرْبة . ومع ذَلِك ، تَعتَمِد بكْتيرْيَا التُّرْبة أَيْضًا على خَصائِص التُّرْبة ودوْرَات التَّجْفيف التَّرْطيب وَنمُو النَّبَات ولَا يَزَال البحْث اَلعلْمِي يَفتَقِر إِلى البحْث الكافِي مِن خِلَال تَجارِب لِفَهم الدَّوْر الحقيقِيِّ لِديدَان الأَرْض فِي اِنْبعاثات غازات الاحْتباس الحراريِّ . مِن نَاحِية أُخرَى ، تُولِّد الأَنْشطة البشريَّة ، وَخَاصَّة الأَنْشطة الزِّراعيَّة ، كمِّيَّات كَبِيرَة مِن غازات الاحْتباس الحراريِّ ، ونحْن بِحاجة إِلى التَّفْكير بِاسْتمْرار فِي طُرُق مُبتكرَة لِتحْسِين صِحَّة اَلْكَوكب وجميع الكائنات الحيَّة . المجْموعة البيئيَّة : تَختَلِف دِيدان الأَرْض فِيمَا يَتَعلَّق بِالْمكان اَلذِي تعيش فِيه فِي التُّرْبة ، وماذَا تَأْكُل ، ومَا لَوْن بَشرتِها . هُنَاك ثَلَاث مجْموعات رَئيسِية : الدِّيدان السَّطْحيَّة epigeics ، وديدَان دَاخِل التُّرْبة endogeic ، وديدَان اَلحُجور العميقة anecic .

المصطلحات

القوالب
إِنَّه بِرَاز دُودَة الأَرْض يُمْكِن أن تَتَرسَّب على سَطْح التُّرْبة أو دَاخِل التُّرْبة ، فِي جُحورِهَا .

مُهنْدِس النِّظَام البيئِيّ
هِي الكائنات الحيَّة اَلتِي تُعدِّل تَوافُر الموارد لِلْأَنْواع اَلأُخرى . النَّمْل الأَبْيض والنَّمْل وديدَان الأَرْض هُم مُهَنْدسو النِّظَام الإِيكولوجيِّ الرَّئيسيُّون .

الرَّقْم الهيدْروجينِيُّ
فِي الكيمْياء ، الرَّقْم الهيدْروجينِيُّ هُو مِقيَاس يَستخْدِم لِتحْدِيد حُمُوضَة أو قَاعدِية مَحلُول سَائِل. تقاس المحاليل الحمضية بقيم أس هيدروجيني أقل من المحاليل الأساسية أو القلوية.

شكر وتقدير

يشكر المؤلفون مل من الباحثين الشباب واتحاد TEBIS والمنظمات غير الحكومية المختلفة مثل CARABES (https://assocarabes.com) التي يعمل معها المؤلفون لزيادة وعي المواطنين وتشجيع حماية التربة وتنوعها البيولوجي. يشكر المؤلفون أيضًا Morgane Arietta Ganault (www.lesbullesdemo.fr) على جودة الرسومات التفصيلية.

المصادر

1. Orgiazzi A, Bardgett R D, Barrios E, Behan-Pelletier V, Briones MJI, Chotte JL, De Beyn GB, Eggleton P, Fierer N, Fraser T, et al. *Global soil diversity atlas*. European Union. Luxembourg (2016). http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/JRC_global_soilbio_atlas_online.pdf

2. Bottinelli N, Hedde M, Jouquet P, Capowiez Y. An explicit definition of earthworm ecological categories – Marcel Bouché's triangle revisited. *Geoderma* (2020) **372**:114361. doi:10.1016/j.geoderma.2020.114361

.3 Capowiez Y, Bottinelli N, Sammartino S, Michel E, Jouquet P. Morphological and functional characterisation of the burrow systems of six earthworm species (Lumbricidae). *Biology and Fertility of Soils* (2015) **51**:869–877. doi:10.1007/s00374-015-1036-x

.4 Drake HL, Horn MA. Earthworms as a transient heaven for terrestrial denitrifying microbes: a review. *Engineering in Life Sciences* (2006) **6**:261–265. doi:10.1002/elsc.200620126

.5 Lubbers IM, van Groenigen KJ, Fonte SJ, Six J, Brussaard L, van Groenigen JW. Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. *Nature Clim Change* (2013) **3**:187–194. doi:10.1038/nclimate1692

.6 Chen C, Whalen JK, Guo X. Earthworms reduce soil nitrous oxide emissions during drying and rewetting cycles. *Soil Biology and Biochemistry* (2014) **68**:117–124. doi:10.1016/j.soilbio.2013.09.020

EDITED BY: Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITATION: Ganault P, Delmotte S, Duhamet A, Lextrait G and Capowiez Y (2021) Earthworms and Their Role in Greenhouse Gas Emissions. Front. Young Minds 9:562583. doi: 10.3389/frym.2021.562583

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

COPYRIGHT © 2021 Ganault, Delmotte, Duhamet, Lextrait and Capowiez. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

عن المراجع ز ي

GWEN, AGE: 13

Hi, my name is Gwen, I live in the U.S. and play piano and volleyball. I just finished seventh grade, and my favorite subjects are science, math, art, and Spanish. I love to read, particularly Sci-Fi novels and series (I am also a huge fan of Harry Potter). I am very excited to be working with Frontiers for Young Minds!

عن المؤلف ز ي

PIERRE GANAULT
At each walk in nature, I cannot help myself from flipping logs and rocks over or searching into the dead leaves to see what wonderful animal I will find hiding there. This curiosity led me to study soil biodiversity and do a Ph.D. on the e□ect of tree species mixture on soil invertebrates and the role of these animals for soil processes. I also work with associations to bridge the gap between scientists and citizens so we can work all together to study, better understand, and protect the creatures living in the soil.
*pierre.ganault@gmail.com

SACHA DELMOTTE
My passions for nature, humans, science, and the transmission of knowledge led me to pursue 7 years of university studies in ecology, biology, and geology. I am also an animator in the plains of nature for audiences ranging from 3 to 18 years old to awaken them to the things that fascinate me.

AGNÈS DUHAMET
Agnès is a Ph.D. student in marine biology. She obtained her bachelor's degree in biology at the University of Avignon and her master's degree in ecology and evolutionary biology at the University of Montpellier. She is passionate about nature and likes to transmit knowledge about natural sciences.

GAËLLE LEXTRAIT
I have always been passionate about microorganisms, whether pathogenic or mutualistic. I turned to the interactions between small animals living in soils (insects) and their symbionts. I am currently a Ph.D. student in microbiology at the CNRS of Gif-sur-Yvette (University Paris-Saclay), where I am continuing my observations on the symbiotic interactions between stinkbugs and their symbiotic bacteria.

YVAN CAPOWIEZ
Yvan Capowiez is a Senior Research Scientist at the French Agronomy Institute (INRAE), Avignon, France. His research is focused on earthworm ecology and behavior. He has extensive experience studying how earthworms burrow in the soil and how the resulting burrows will influence important soil functions, such as water transport and organic matter burial.

عن الم ريجم ز ي

RAGHAD S. MOUHAMAD

HASHIM S. DHAHER