

## 1 دورات ميلانكوفيتش Milankovitch

2 بقلم: كريستيان روسو Christiane Rousseau

ترجمة الطالبتين: أشواق بن حمادي

ريحانة جوجو



الشمس تؤثر على مناخ الأرض

تُقدم دراسة مناخ الماضي معلومات عن تغيّر المناخ في المستقبل. وقد رأى عديد العلماء، بمن فيهم ميلانكوفيتش، أن تغيّرات المناخ في الماضي ارتبطت بالتشميس، أي بكمية الطاقة الشمسية التي تصلنا. يتغير التشميس وفقاً للتغيرات التي يخضع لها مدار الأرض<sup>3</sup>، المترتبة بوجه خاصة من تأثير جاذبية المشتري وزحل. كنقريب أولي، يمكن وضع نموذج لهذه التغيّرات من خلال تراكم التذبذبات الدورية. تسمى هذه التذبذبات دورات ميلانكوفيتش Milankovitch cycles<sup>4</sup>. أثناء تلك الدورات، تتغيّر كمية الإشعاع الشمسي التي تتلقاها الأرض من منطقة إلى أخرى، وتأثر على المناخ المحلي والعالمي. يرسم مدار الأرض قطعاً ناقصاً تميّزه عدة عناصر<sup>5</sup>. ثلاثة من تلك العناصر المدارية مسؤولة بالدرجة الأولى عن تنظيم الدورات : الانحراف<sup>6</sup>، الميل<sup>7</sup> والمداورة (Precession)<sup>8</sup>. يتغيّر كل واحد منها وفق

<sup>1</sup> العنوان الأصلي للمقالة : LES CYCLES DE MILANKOVITCH

موقعها الإلكتروني : <http://www.breves-de-maths.fr/les-cycles-de-milankovitch/>

<sup>2</sup> أستاذة محاضرة في قسم الرياضيات والإحصاء في كلية الفنون والعلوم بجامعة مونتريال (Montreal). انظر الموقع:

<https://www.umontreal.ca/>

صفحتها المهنية : <https://dms.umontreal.ca/~rousseau/>

<sup>3</sup> انظر الموقع : <https://en.wikipedia.org/wiki/Earth#Orbit>

<sup>4</sup> انظر الموقع : [https://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch\\_cycles](https://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles)

<sup>5</sup> انظر الموقع : <http://www.breves-de-maths.fr/que-va-devenir-le-systeme-solaire/>

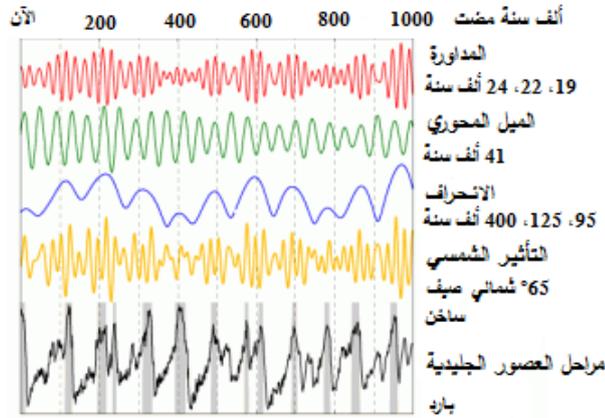
<sup>6</sup> انظر الموقع : <https://en.wikipedia.org/wiki/Eccentricity>

<sup>7</sup> انظر الموقع : [https://en.wikipedia.org/wiki/Axial\\_tilt](https://en.wikipedia.org/wiki/Axial_tilt)

<sup>8</sup> انظر الموقع : <https://en.wikipedia.org/wiki/Precession>

دورات مختلفة. وهكذا نجد أن الانحراف عدد يتراوح بين 0 و 1 : فكلما اقترب الانحراف من 1 اقترب شكل المدار من الدائرة. وكلما اقترب من 0 كان المدار مسطحاً. ومن ثمّ، فالانحراف مرتبط بتغيرات المسافة بين الشمس والأرض، ولذا نرى أن له تأثيراً على طول الفصول. الميل المحوري هو ميل محور الأرض : عندما ينخفض الميل، يكون الشتاء لطيفاً والصيف أكثر برودة. نلاحظ في الأخير أن لمحور الأرض حركة مداورة، أي دوران حول محور عمودي على مستوي مسار الشمس، وهذا يشبه ما يسميه البعض "خزوف كوفاليفسكايا" <sup>9</sup> toupie de Kovalevskaya.

يتغير الانحراف عن طريق تراكب دورات بفترات تتراوح بين 100 ألف و 413 ألف سنة. ويتغير الميل المحوري للأرض دورياً كل 41 ألف سنة. أما المداورة فتخضع لعدد العوامل، وهي تتغير دورياً كل 21 ألف سنة تقريباً. تشير إلى أن دورات أخرى تتراكب مع الدورات المذكورة آنفاً.



التغير حسب الزمن لعوامل مدار الأرض، وتدفق الطاقة الشمسية ودورات العصور الجليدية

يسعى علم دورة الطبقات cyclostratigraphy <sup>10</sup> لإبراز تلك الدورات في المناخات السابقة وذلك بتحليل الرواسب. على سبيل المثال، يُظهر الرسم أعلاه المقارنة بين تغيرات التشميس (دورات مدارية) والدورات الجليدية. وتحليل الرواسب (الجليدية، المحيطية، الجيولوجية) نستخدم التحليل الطيفي <sup>11</sup>، الذي يساعد على إيجاد الترددات الواردة في عينة زمنية، وعلى إبراز دورية تلك الترددات. يسمح تحويل فورييه

<sup>9</sup> انظر الموقع: <http://www.breves-de-maths.fr/sofia-kovalevskaya/>

<sup>10</sup> انظر الموقع: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cyclostratigraphie>

<sup>11</sup> انظر الموقع: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse\\_spectrale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_spectrale)

Fourier المتقطع<sup>12</sup>، على وجه الخصوص، بالتعبير عن السلسلة الزمنية كمجموع دورات، وأيضاً بتحديد مدة فتراتها. وبعد ذلك تتم مقارنة النتائج المتحصل عليها مع الدورات المدارية الرئيسية. ومع ذلك، لا يزال تأثير دورات ميلانكوفيتش على المناخ غير مفهوم، والسبب يرجع بوجه خاص لمكونات النظام المناخي (المحيطات، الغلاف الجوي، القارات، إلخ.) التي تستجيب بطريقة مختلفة لتغيرات التشميس. وعلاوة على ذلك، للتنبؤ بمناخ المستقبل، لا يكفي الاعتماد على تغيرات التشميس<sup>13</sup> وإنما ينبغي أيضاً مراعاة تأثير الأنشطة البشرية على الاحتباس الحراري.

## للاستزادة:

- ثلاث مقالات من نفس السلسلة:

1. احتباس حراري أو نهاية عصر جليدي؟

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE OU FIN D'UNE PÉRIODE GLACIAIRE?

<http://www.breves-de-maths.fr/echauffement-climatique-ou-fin-dune-periode-glaciaire/>

"المقالة موجودة ضمن هذه المذكرة"

2. الحظ والعصور الجليدية

HASARD ET GLACIATIONS

<http://www.breves-de-maths.fr/hasard-et-glaciations/>

"المقالة موجودة ضمن هذه المذكرة"

3. عمليات إعادة بناء مناخ الألفية الأخيرة

RECONSTRUCTIONS DU CLIMAT DU DERNIER MILLÉNAIRE

<http://www.breves-de-maths.fr/reconstructions-du-climat-du-dernier-millenaire/>

"المقالة موجودة ضمن هذه المذكرة"

- مقالتان من موسوعة ويكيبيديا الحرة Wikipedia بعنوان:

Théorie astronomique des paléoclimats

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie\\_astronomique\\_des\\_paléoclimats](http://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie_astronomique_des_paléoclimats)

Cycles de Milankovitch

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Paramètres\\_de\\_Milankovitch](http://fr.wikipedia.org/wiki/Paramètres_de_Milankovitch)

- نظرية المناخ الفلكية "Théorie astronomique des paléoclimats" في ملف المناخ للمركز القومي

الفرنسي للبحث العلمي (CNRS) :

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/sysfacte/soleil/soleil1.htm>

- فيديو محاضرة جاكس لاسكار Jacques Laskar عن النظرية الفلكية للمناخات القديمة :

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/theorie-astro-Laskar.xml>

مصدر الصور:

<sup>12</sup> انظر الموقع: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformation\\_de\\_Fourier\\_discrète](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformation_de_Fourier_discrète)

<sup>13</sup> انظر الموقع: <http://www.breves-de-maths.fr/echauffement-climatique-ou-fin-dune-periode-glaciaire/>

Flickr/alpoma

<http://www.flickr.com/photos/alpoma/82230732/>

Robert A. Rohde / Global Warming Art

[http://www.globalwarmingart.com/wiki/File:Milankovitch\\_Variations\\_png](http://www.globalwarmingart.com/wiki/File:Milankovitch_Variations_png)