

## دورة القارات العظمى و"رقصة" القارات الصغرى عبر الأزمنة الجيولوجية

زوهير عجيريد<sup>1</sup>، إكرام زيدي<sup>2</sup>، أسماء طالبي<sup>2</sup>، هاجر سعداوي<sup>2</sup>

<sup>1</sup>أستاذ بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبّة

<sup>2</sup>طالبة سنة خامسة (تخرّج) بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبّة

zouhir.adjerid@g.ens-kouba.dz

### مقدمة

القارات العظمى (Supercontinents) هي قارات عملاقة تشمل معظم (75% على الأقل) أو كل القارات التي كانت متواجدة خلال مرحلة تشكّلها. وقد اقترح الألماني ألفريد فيجنر Alfred Wegner (1880-1930) صاحب نظرية انجراف القارات، عبر منشوره الشهير عام 1915 أصل القارات والمحيطات "Die Entstehung der Kontinente und Ozeane"، أنّ قارات الأرض الحالية شهدت فترة التحام كلي قبل 200 مليون سنة (انظر الشكل)، عند الحدّ الفاصل بين حقبتي الباليو-ميزوزوي، ثم انفصلت وانجرفت تدريجيًا. وتوصّل فيجنر إلى هذا الاقتراح بالاعتماد على شواهد مثل التطابق الوثيق بين السواحل المتقابلة للقارات الحالية، والمدى الإقليمي الشاسع لتواجد بعض المستحاثات المتشابهة، وكذا التجمّد المتزامن المسجّل في العديد من قارات نصف الكرة الجنوبي. لم تحظ فكرة تجمّع كل الأراضي ضمن القارة العملاقة (Urkontinent) المعروفة بـ"البانجيا" (Pangea) الاستحسان والدعم الكامل من قبل معارضي فيجنر الذين اعتبروه متطوّلًا على هذا التخصص باعتباره مختصًا في الطقس والمناخ. ورفضت فكرته كليًا حتى انقضاء الحرب العالمية الثانية حيث عادت الفكرة إلى الواجهة إثر تطوّر تخصصات علمية جديدة، مثل المسح الجيوفيزيائي والمغنطة والجيوكيمياء، فأثبتت صحّة فرضية فيجنر التي كانت قد بُنيت على أساس الملاحظة فقط. انطلق بعدها بحث الجيولوجيين عن إمكانية تواجد قارات عملاقة أخرى أُعتقد أنّها قد تشكّلت في حقب يفوق عمرها زمن بانجيا حوالي مليون سنة (نكتب ~250-Myr).

### 1. دورة القارات العظمى ونشأة السلاسل الجبلية الحديثة

يُمثّل تحديد القارات العظمى تحدّيًا كبيرًا، فمن الضروري إثبات وجودها وربط علاقة بينها وبين الكتل القارية الحالية التي من المفترض أنّه قد تمّت إزاحتها وتحويلها عن مواقعها الأصلية في حالة ما إذا كان قد تمّ دمجها في كتل سابقة. تتيح المغناطيسية القديمة أحيانًا العثور على الموقع الجغرافي للصخور المغنطة، وبالتالي إعادة بناء حركات الكتل القارية أثناء تكوين قارة عظمى ابتداءً من كتل صغيرة (تخصص الباليوجغرافيا أو الجغرافيا القديمة). يولّد الاصطدام المتتالي الناجم عن عمليات تقارب والتحام القارات دورات بانجية للجبال، ومن ثمّ تشكّل سلاسل جبلية مكوّنة من صخور متحوّلة، وأخرى نارية جديدة. فلقد نتج عن تكوّن البانجيا على سبيل المثال، نشأة السلسلة الفاريسكية (Variscan)، المعروفة أيضًا باسم السلسلة الهرسينية (Hercynian) التي تشمل مثلًا سلسلة الأوغرطة بالجنوب الجزائري وجبال الأورال (The Urals) والأبلّاش (The Appalachians).

وانطلاقاً من كل هذه الاستنتاجات، وبناءً على مجموعة من المبادئ الجيولوجية الأخرى، اقترح ستانلي رونكورن (Stanley Runcorn) في أوائل الستينيات (1962، 1965) احتمال تواجد عدد من القارات العظمى في 2.6 مليار سنة (Gyr-2.6)، 1.8 مليار سنة (Gyr-1.8)، 1.1 مليار سنة (Gyr-1.1)، 200 مليون سنة (Myr-200). لقد مكّنت الدراسات اللاحقة التي أصبحت متعدّدة التخصصات (علم الصخور، الجيوكيمياء، الجيوكروнологيا المطلقة بواسطة العناصر المشعّة، المغناطيسية القديمة، علم الرسوبيات والتكتونية) من تحديد التواجد الدقيق لثلاث قارات عظمى قديمة على الأقل هي:

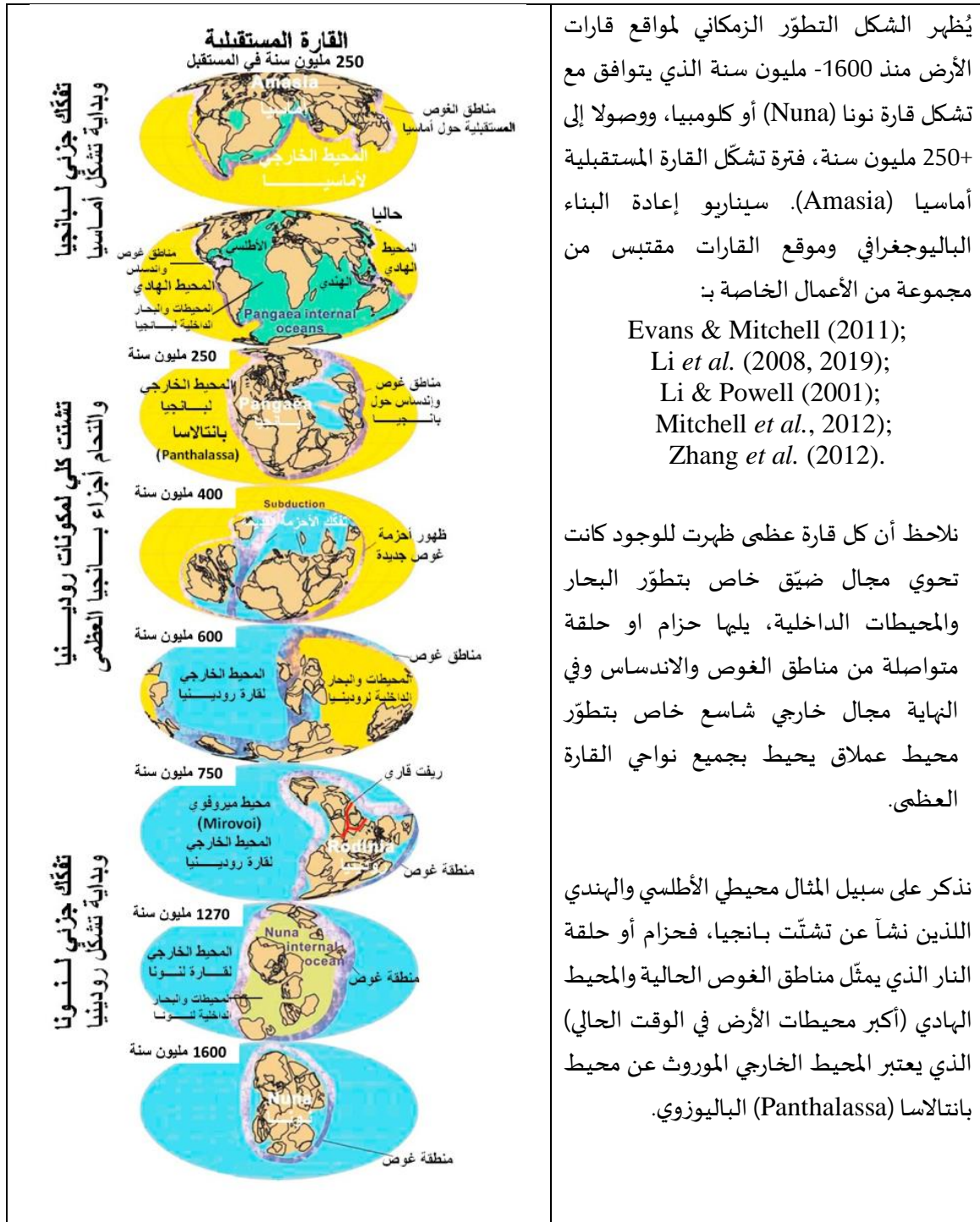
- بانجيا (منذ 250 مليون سنة Myr-250)،
- رودينيا (منذ حوالي 1100 مليون سنة ~Myr-1100)،
- كولومبيا (منذ حوالي 1800 مليون سنة ~Myr-1800).

وكان موقع كل واحدة من هذه القارات مختلفاً عن سابقتها.

وفي الثمانينيات من القرن الماضي، تمّ اقتراح فرضية الدورات في تكوين القارات العظمى، فكل  $\pm 750$  Myr تقريباً، تُدمج القارات الصغرى لتُشكّل قارة عظمى، والتي من شأنها أن تتفكّك مرة أخرى وتتحدّ أشلاؤها من جديد خلال الدورة اللاحقة من تشكّل قارة عظمى حديثة. أُطلق على هذه الدورات اسم دورة ويلسون التي سمّيت على اسم توزو ويلسون (Tuzo Wilson)، الباحث الذي ساهم بشكل كبير في تثبيت نظرية الصفائح التكتونية، وزحزحة القارات التي تفترض تنقل هذه الأخيرة من موقع إلى آخر في حركات شبيهة بإيقاع ورقصة الفالس (Waltz). كما تقترح هذه الفرضية أيضاً أن تظل قارة عملاقة مثل البانجيا ثابتة فوق معطف الأرض ومحاطة بمناطق تقارب واندساس.

وباعتبار أن صخور القشرة القارية ناقل سيئ للحرارة مقارنة بمثيلها المحيطية فإن القارة العظمى تعمل كصفحة عازلة. ذلك ما يتسبّب في تراكم الحرارة أسفلها فتتمدّد صخور المعطف وتنخفض كثافتها، ومن ثمّ تدفع وترفع القارة شاقولياً. ينتج عن القوى الرافعة تشكّل فوالق وتصدّع القشرة الأرضية الصلبة بعد تعرية تضاريسها. وتساهم هذه العملية مع مرور الزمن في تفكّك الكتلة القارية كلياً، فتتفصل القطع المتجزئة عن الكتلة الرئيسية وتتسرّب الطاقة التي كانت متجمّعة أسفلها وتنتشر عبر القشرة المحيطية قيد التشكل والتطور. تُعتبر القارة الإفريقية حالياً مثلاً لعملية من هذا النوع. فمنذ بداية انشطارها، انتقلت شبه الجزيرة العربية إلى الشمال الشرقي، وكذا كل الأجزاء المتواجدة شرق الصدع الرئيسي، الذي يتطوّر في الوقت الراهن مُشكّلاً ما يعرف بالريف الإفريقي، والذي ستتحوّل بعض أجزائه تدريجياً إلى بحار ومحيطات مع تقدّم عمره، كما هو الحال بالنسبة للبحر الأحمر.

مع تقدّم عمر الليتوسفير المحيطي، ستنشأ مناطق تقارب وغوص (Subduction) جديدة نتيجة تبرّده وتزايد حمولته الرسوبية، خاصة على حدود الكتل القارية. فتصبح هذه الحواف نشطة تكتونياً بعدما كانت خاملة في وقت سابق، كما هو الحال بالنسبة لحافتي المحيط الأطلسي أو الأطلنطي في الوقت الراهن، اللتين ستصبحان نشطتين تكتونياً (مناطق زلزالية وبركانية)، عندما تعكس حركة الصفائح الحالية وتنطلق عملية تقارب الصفائح حتى تمكّن من تشكّل قارة عظمى مستقبلية جديدة.



يُظهر الشكل التطور الزمني لمواقع قارات الأرض منذ 1600 مليون سنة الذي يتوافق مع تشكل قارة نونا (Nuna) أو كلومبيا، ووصولاً إلى 250+ مليون سنة، فترة تشكل القارة المستقبلية أماسيا (Amasia). سيناريو إعادة البناء الباليوجغرافي وموقع القارات مقتبس من مجموعة من الأعمال الخاصة بـ

Evans & Mitchell (2011);  
Li et al. (2008, 2019);  
Li & Powell (2001);  
Mitchell et al., 2012);  
Zhang et al. (2012).

نلاحظ أن كل قارة عظمى ظهرت للوجود كانت تحوي مجال ضيق خاص بتطور البحار والمحيطات الداخلية، يليها حزام أو حلقة متواصلة من مناطق الغوص والاندساس وفي النهاية مجال خارجي شاسع خاص بتطور محيط عملاق يحيط بجميع نواحي القارة العظمى.

نذكر على سبيل المثال محيطي الأطلسي والهندي اللذين نشأ عن تشتت بانجيا، فحزام أو حلقة النار الذي يمثل مناطق الغوص الحالية والمحيط الهادي (أكبر محيطات الأرض في الوقت الحالي) الذي يعتبر المحيط الخارجي الموروث عن محيط بانثالاسا (Panthalassa) الباليوزوي.

## 2. مولد القارات العظمى

### 1.2. قارات ما قبل الكمبري

تفيد الدراسات الحديثة بتواجد ثلاث قارات عظمى على الأقل، خلال دهر الحياة الخفية (ما قبل الكمبري)، أي التي سبقت بانجيا، والتي تشكلت وتجزأت وفق الميكانيزمات ذاتها المعروفة حالياً. تُعرف هذه التجمعات القارية بـ

أ. **كولومبيا (Columbia):** المعروفة أيضاً بنونا (Nuna)، تواجدت بين 1.8 و 1.5 Gyr (مليار سنة) نتيجة عملية تقارب طويلة امتدت من 2.2 إلى 1.8 مليار سنة (انظر الشكل). وخضعت القارة بعدها لنمو طويلة 500 مليون سنة.

وتُبين معطيات المغناطيسية القديمة أن الساحل الشرقي للهند كان مرتبطاً بغرب أمريكا الشمالية خلال هذه الفترة، بينما كان جنوب أستراليا في اتصال بغرب كندا. وكانت حدود البرازيل الغربية في نفس محور أمريكا الشمالية مُشكلةً حافة قارية متواصلة حتى الساحل الجنوبي للدول الاسكندنافية.

لقد شملت أراضي كولومبيا أيضاً رواسخ غرب إفريقيا التي التحمت مع دروع أمريكا الجنوبية خلال دورات الترانسامازون (Transamazonian) والإيبيري (Eburnean) بين 2.1 و 2.0 Gyr، وراسخ الكابفال (Kaapval) مع راسخ زيمبابوي (Zimbabwe) بواسطة حزام ليمبوبو (Limpopo) في 2.0 Gyr. كما اكتمل التواصل بين رواسخ أمريكا الشمالية في الفترة الممتدة من 1.9 إلى 1.8 Gyr، نتيجة لحدوث سلسلة أخرى من الدورات البانية للجبال. وانضم أيضاً إلى عملية البناء كلٌّ من دروع قارة بالطيqa الأولية (Paleo-Baltica) ورواسخ الأنبار (Anabar) والألدان (Aldan) بسيبيريا. وانتهى بناء كولومبيا بالتحاق الجزء الشرقي للقارة القطبية الجنوبية وشمال وجنوب الهند وشرق وغرب راسخ الصين الشمالي في 1.85 Gyr.

وانطلقت عملية تفكك كولومبيا في ~1.6 Gyr، بظهور تصدّعات وتشكّل ريفت قاري بدءاً من الحافة الغربية لورلونسيا (Laurentia)، حتى اختفاء القارة تماماً في 1.2 Gyr. وتمت رسكلة معظم أجزائها من قبل رودينيا التي ظهرت للوجود 500 مليون سنة بعد هذا الحدث.

ب. **رودينيا أو رودينا (Rodinia-Rodina)** (من روديت الروسية، التي تعنى موطن أو مكان الميلاد): التحمت معظم أجزائها بين 1.1 و 0.9 Gyr (انظر الشكل). وتشكّلت رودينيا خلال دورة جرينفيل البانية للجبال (Grenville Event) في ~1100 Myr، وظلت مستقرة حتى ارتطامها مع راسخ الكونغو (بين 800 و 750-Myr). وقد أدّى هذا التقارب إلى غلق الجزء الجنوبي من مضيق موزمبيق البحري، ومن ثمّ تسبّب في انطلاق تفكك رودينيا (من 750- إلى 633-Myr).

افتتح في الوقت ذاته محيط بانتالاسا (Panthalassa) الذي قسّم رودينيا العملاقة إلى جزء شمالي يضمّ شرق جندوانا، وكاثاسيا وسيميريا (Gondwana, Cathaysia, Cimmeria)، وجزء جنوبي جمع لورانسيا، وأمازونيا-شمال غرب إفريقيا، وبلطيقا، وسيبيريا (Laurentia, Amazonia-NW Africa, Baltica, Siberia).

تُظهر معظم عمليات إعادة البناء أن قلب رودينيا كان مُمثلاً براسخ أمريكا الشمالية (آخر معقل له كان في لورانسيا القديمة)، وكان يحيط به درع شرق أوروبا من الجنوب الشرقي (الذي شكّل آخر موقع له قارة بالطيqa القديمة) ودرع الأمازون (أمازونيا) ودرع غرب إفريقيا. بينما كان يتواجد راسخ هضبة ريبو (Río de la Plata) وساو فرانسيسكو (São Francisco) من الجهة الجنوبية، ودرعا الكونغو وكالاهاري بالجنوب الغربي. وكانت تُشكّل رواسخ أستراليا والهند وشرق أنتاركتيكا الحافة الشمالية الشرقية لهذه القارة.

على مدى الـ 150 مليون سنة الموالية، استدار شمال رودينيا عكس اتجاه عقارب الساعة على مستوى القطب الشمالي، بينما استدار جنوبها في اتجاه عقارب الساعة على مستوى القطب الجنوبي. وفي أواخر ما قبل الكامبري (من 650 إلى 550-Myr)، التحم التكتل الثلاثي المشكّل من شمال وجنوب رودينا وراسخ الكونغو الحالي مشكّاً لِقارة بانوسيا العملاقة.

ج. بانوسيا (Pannotia) أو جندوانا الأولية (Gondwana land): تعني كل الأرض الجنوبية وتشكّلت في أواخر النيوبروتروزوي (انظر الشكل). وتُعرف بانوسيا أيضا باسم القارة البانافريقية العملاقة، وكذلك بجندوانالاند العظمى (Greater Gondwanaland) بسبب تواجد القارة الباليوزوية العملاقة جندوانا (Gondwana) التي كانت تحوي إفريقيا بقلها، بينما كانت تحيط بها بقية الكتل الأخرى (شبه الجزيرة العربية، مدغشقر، الهند، انتاركتيكا، أستراليا، جنوب أمريكا). وقد تم تجمّع بانوسيا (أو الجندوانا الأولية) عندما حوصرت شبه القارة الكونغولية بين الجزأين الشمالي والجنوبي للقارة المندثرة 'رودينيا'. وأُطلق على هذه السلسلة من التجمعات مصطلح الحدث البانافريقي الذي انطلق في ~750 Myr وبلغ ذروته ما بين 640 و610 Myr.

وعلى عكس رودينيا التي استقرت خلال فترة زمنية طويلة (~300 مليون سنة)، فإن بانوسيا لم تعمر طويلا. فمباشرة بعد التحام أجزائها بين 650 و500 Myr خلال الدورة البنافريقية البانية لعموم إفريقيا (ومن بينها درع الأهفار-الجزائر)، انطلقت عمليات انشطارها نتيجة فتح محيط الإيبيتوس (Iapetus Ocean) وبحر تورنكويس (Tornquist Sea)، اللذين تسببا في انفصال قارات لورانسيا وبالطيقا الباليوزوية، وتبعتهما سيبيريا في أوائل العصر الكمبري حيث اكتمل تجزؤ بانوسيا إلى أربع قارات هي:

- لورانسيا (أمريكا الشمالية)،
  - بالطيقا (شمال أوروبا)،
  - سيبيريا،
  - جندوانا الباليوزوي (إفريقيا، أمريكا الجنوبية، القارة القطبية الجنوبية، أستراليا، الهند).
- تواصلت عمليات التشكّلت والتباعد خلال الأردوفيسي فانفصلت الأجزاء الأفالونو-كادومية، وتبعتهما كتل الكاثايسان خلال الباليوزوي الأوسط، ومجموع أقاليم السيميري (Cimmerian) التي هاجرت شمالاً نحو محيط التيتيس (Tethys) عند نهاية الباليوزوي.
- ويُعتقد أن اندماج وتفكك بانوسيا كان وراء أهم أسباب "انفجار الحياة خلال الكمبري".

## 2.2. قارات الفانبروزوي

تُعدُّ البانجيا آخر قارة عظمى تشكّلت خلال دهر الحياة الظاهرة (~300-Myr)، على أنقاض بانوسيا ورودينيا كما تقترحه نظرية "دورات القارات العظمى". وتُعتبر مرحلة انشطار بانجيا، التي انطلقت منذ الترياس (Trias) بفتح المحيط الأطلسي، أولى مراحل الالتحام القادم الذي سينشأ عنه تشكل قارة عظمى جديدة! (أماسيا-Amasia، أوریکا-Aurica أو بانجيا الجديدة-Novo Pangea) التي سيكتمل نُموها في غضون 200 إلى 250 مليون سنة القادمة، والتي بدأت تظهر معالمها في الوقت الحالي (انظر الشكل).

## مراجع

1. Evans, D.A.D., Mitchell, R.N. (2011). Assembly and breakup of the core of Paleoproterozoic-Mesoproterozoic supercontinent Nuna. *Geology* 39.
2. Li, Z.X., Evans, D.A.D. (2011). Late Neoproterozoic 40° intraplate rotation within Australia allows for a tighter-fitting and longer-lasting Rodinia. *Geology* 39.
3. Li, Z.X., et al. (2019). Decoding Earth's rhythms: modulation of supercontinent cycles by longer superocean episodes. *Precambrian Research*, 323.



4. Li, Z.X., Powell, C.M. (2001). An outline of the palaeogeographic evolution of the Australasian region since the beginning of the Neoproterozoic. *Earth Sci. Rev.* 53.
5. Li, Z.X., *et al.* (2008). Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis. *Precambrian Res.* 160.
6. Runcorn, S.K. (1962). Convection currents in the Earth's mantle. *Nature* 195,1248-1249.
7. Runcorn, S.K. (1965). Changes in the convection pattern in the Earth's mantle and continental drift: evidence for a cold origin of the Earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 258.
8. Wegener, A. (1915). *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig (English translation of third edition by JGA Skerl, 1924: New York, EP Dutton and Company).
9. Wilson, J.T. (1966). Did the Atlantic Close and then Re-Open? *Nature* 211 (5050).

