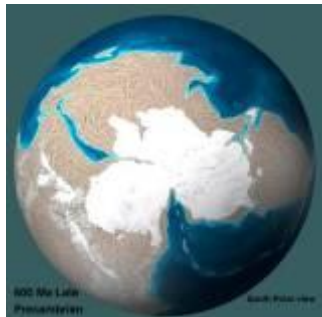
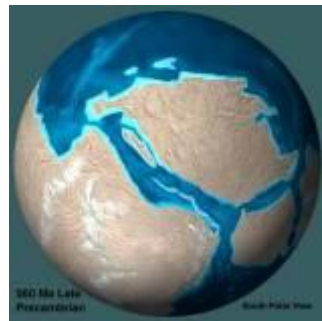
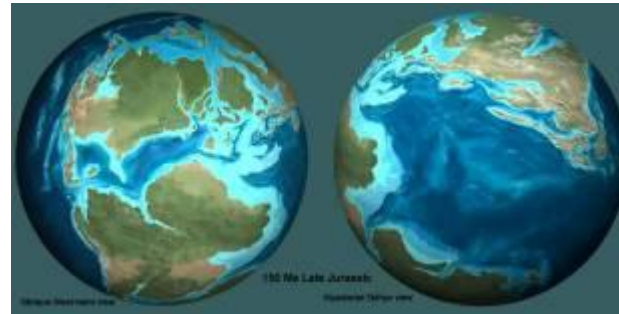
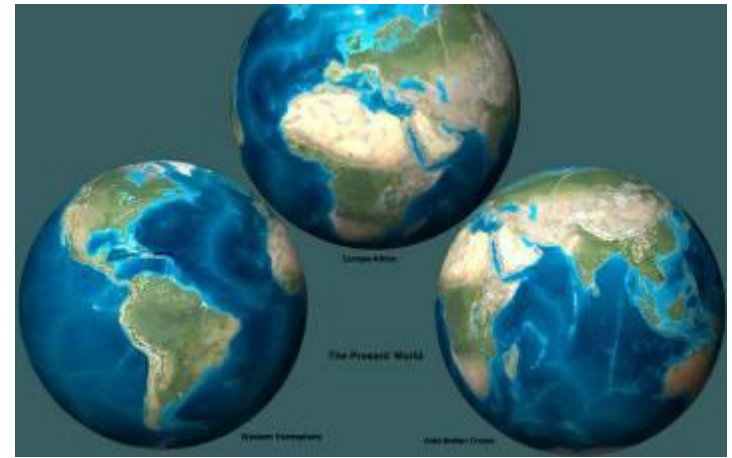


# TECTONICA GLOBALĂ



**I. Deriva continentală – *premergătorii tectonicii globale***

**II. Dinamica litosferică modernă – *Teoria tectonicii globale***

**II.1. Topografia bazinelor oceanice**

**II.2. Paleomagnetismul și expansiunea bazinelor oceanice  
(spreadingul și acreția scoarței oceanice)**

**II.3. Seismicitatea și Teoria plăcilor tectonice (marginile  
plăcilor)**

**II.4. Dinamica plăcilor tectonice**

**III. Paleoplăcile tectonice și sistemul actual de plăci  
tectonice**

**IV. Câmpul seismic**

**V. Formarea orogenelor**

**VI. Consecințe paleogeografice**

## Ce este tectonica globală?

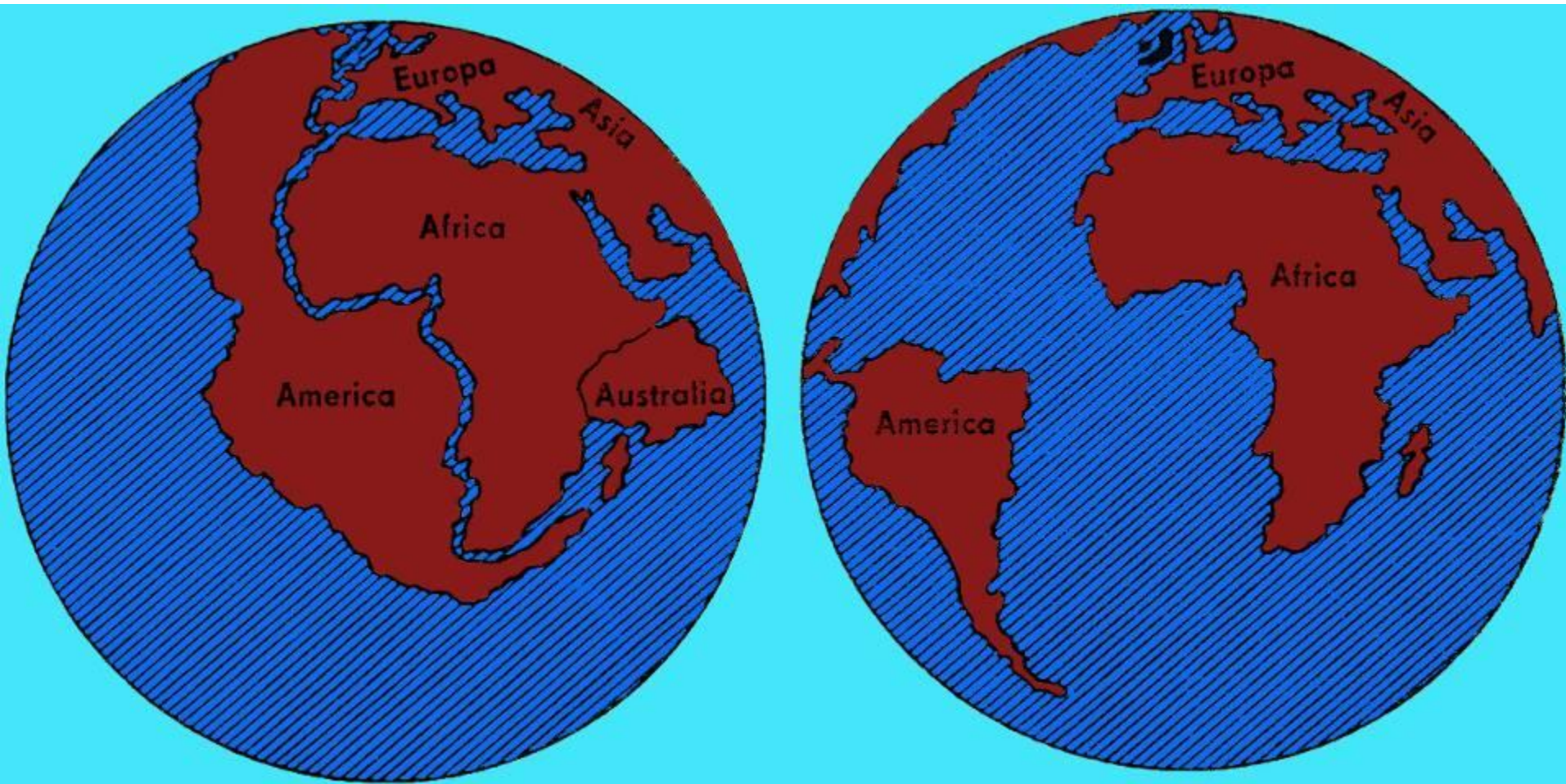
“Ceea ce este uimitor la **tectonica globală** nu este numai capacitatea de a da explicații în multe domenii ale științelor despre Pământ, ci de a face ca toate să fie coerente între ele, să fie izvorâte din aceleași propoziții, puține și simple. Ea se dovedește a fi o știință unificatoare și unică. Cu ea, cei ce au în sarcină științifică globul terestru, geologii și geofizicienii, au reușit să găsească ceea ce fizicienii caută de mult, o teorie unitară a câmpului. Aici este vorba de câmpul terestru, devenit inteligibil și explicabil la scară generală – globală - dar și la aceea a subansamblurilor”

Marcian Bleahu (1983)

# I. TEORIA DERIVEI CONTINENTALE.

## *Premergătorii tectonicii globale*

- \*Francis Bacon (1620) – în “*Novanum Organum*” – remarcă paralelismul țărmurilor Americii de Sud cu cele ale Africii ;
- \*Francois Placet – a sugerat că Lumea Veche și Lumea nouă au fost separate după Potop;
- \*Nicolas Steno (1669) – *Principiul superpoziției stratelor, principiul orizontalității inițiale, principiul continuității laterale*;
- \***Scoala plutonistă** – James Hutton (1726-1797) - *Principiul uniformitarismului* (legile naturale sunt invariabile în timp);
- \***Scoala neptunistă** – Abraham Werner (1750-1817)
- \*Theodor Lilienthal (1756) – folosește argumente biblice pentru a justifica existența unui singur uscat primitiv. Atlanticul ar reprezenta valea unui fluviului uriaș peste care a călătorit arca lui Noe;
- \*Antonio Snider-Pelligrini (1858) – în lucrarea “Creația și misterele ei dezvăluite” a descris complementaritatea țărmurilor continentelor din jurul Atlanticului și întocmește și prima schiță în acest sens;
- \*J. H. Pepper (1861) – folosește informațiile lui Snider pentru a explica prezența plantelor fosile din depozitele carbonifere din Europa și America de Nord;



*Reconstrucția lui Snider-Pelligrini din 1858, care ulterior a fost folosită de Pepper în 1861 pentru a explica similitudinea fosilelor carbonifere aflate în depozitele litologice de o parte și alta a Atlanticului*

\*Charles Lyell (1797-1849) – *Principiul actualismului*

\*Robert Hooke (1769-1832) și William Smith (1769-1839) – *Principiul succesiunii fosilelor*;

\*Georges Leopold Cuvier (1812) – teoria catastrofistă;

\*Ch. Darwin (1859) – *Despre originea speciilor* (este creditat pentru teoria evoluției și nu pentru că a fost primul care a sugerat evoluția speciilor, ci pentru că a propus într-o lucrare din anul 1859, intitulată *On the Origin of Species*, un mecanism care să explice cum se produce acest proces biologic).

\*Milutin Milankovič (1879-1958) – Ciclurile climatice:

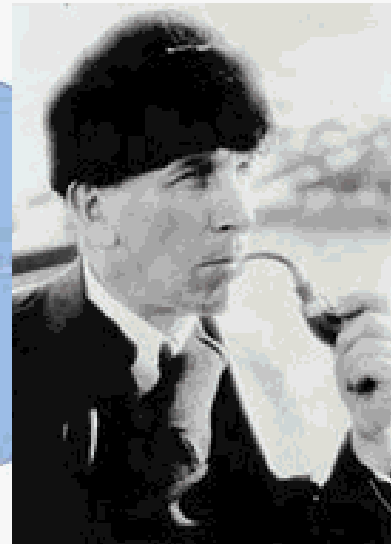
<sup>1</sup>26 mii ani – *precesia echinocțiilor (ciclul Berger)*;

<sup>2</sup>40 mii ani – *oblicitatea eclipticii*;

<sup>3</sup>100 mii ani – *excentricitatea eclipticii*.

\*Alfred Wegener (1922, 1924, 1929, 1930) – Deriva continentală

# ALFRED WEGENER (1922, 1924, 1929, 1930) *TEORIA DERIVEI CONTINENTALE*



# DOVEZI

**1. Morfologice** – uscaturile au terminațiile răsucite în sens invers deplasării continentelor (Țara de Foc, Florida, Insulele Japoneze);

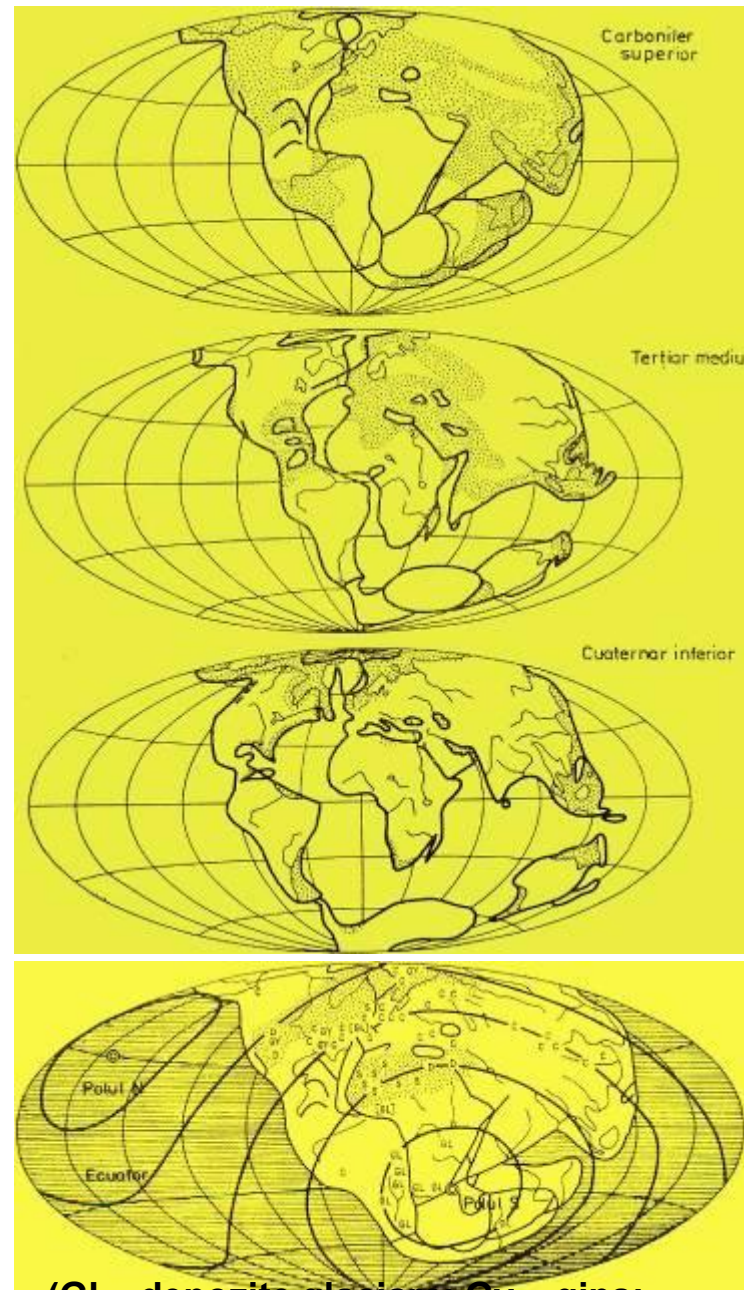
**2. Geologice** – asemănările litostratigrafice și structurale dintre cele două părți ale Atlanticului (Scutul Brazilian – Scutul African, Formațiunea de Karoo, etc);

**3. Paleontologice** – similitudine în repartiția statistică a faunelor pre-triasice și neconcordanțe în repartiția celor post-triasice;

**4. Paleoclimatice** – tilitele permieniene, flora carboniferă, flora cu *Glossopteris*, depozitele saline

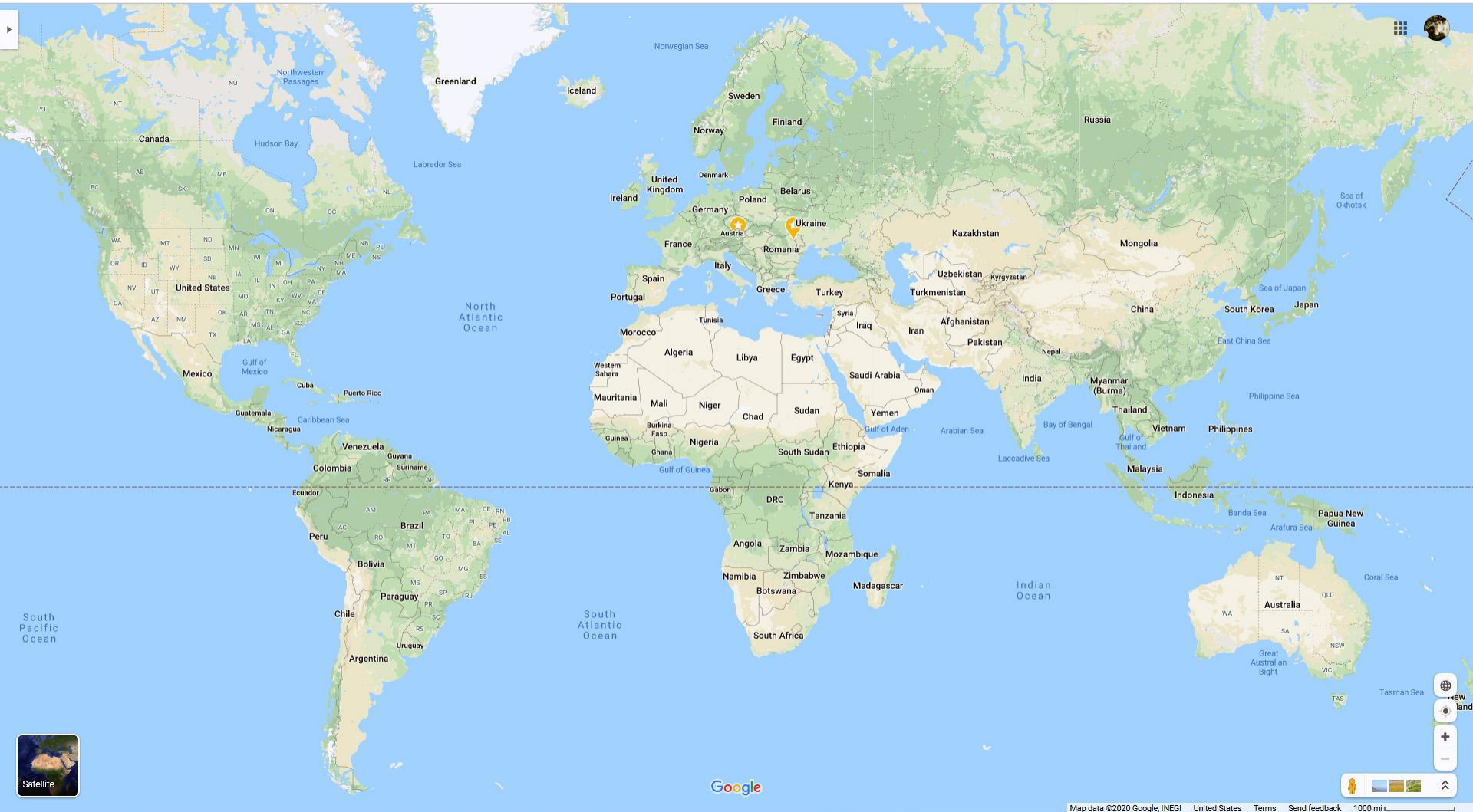
## OPONENTI

Sir Henry Jeffreys (The Earth, 1959) – afirma că “Teoria derivei este cantitativ insuficientă și calitativ inaplicabilă”



(GI – depozite glaciare; Gy – gips;  
S – roci saline; C – carbuni;  
D – deserturi; punctat zone desertice)

# 1. MORFOSTRUCTURILE SCOARȚEI - terminațiile continentelor



(sursa: Google Maps)

## 2. GEOLOGIA TERENURILOR TRANSATLANTICE

### 2a. LITOSTRATIGRAFIA

TERENURILOR

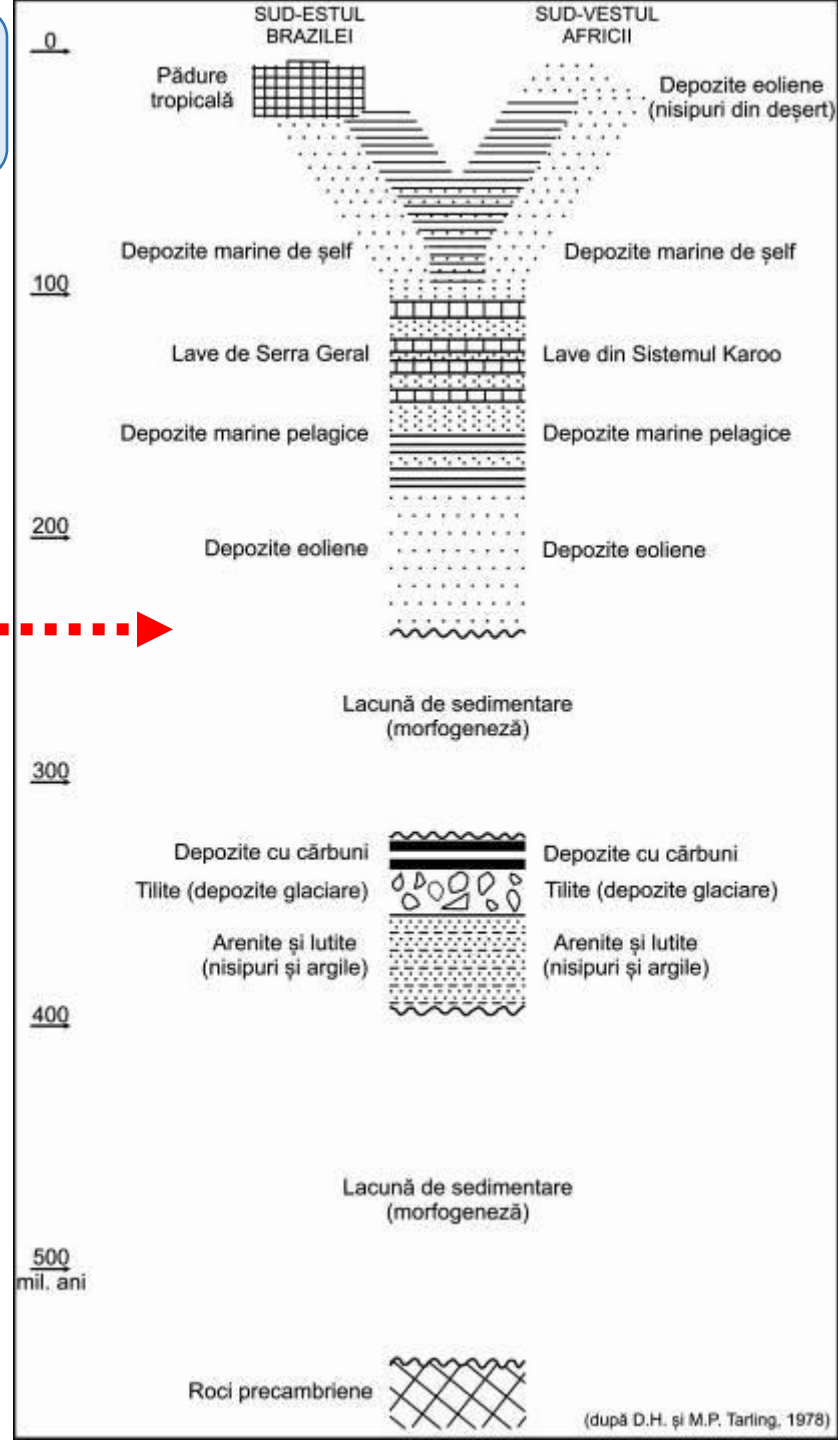
DIN PARTEA

SUD-ESTICĂ A

AMERICII DE SUD

ȘI SUD-VESTICĂ

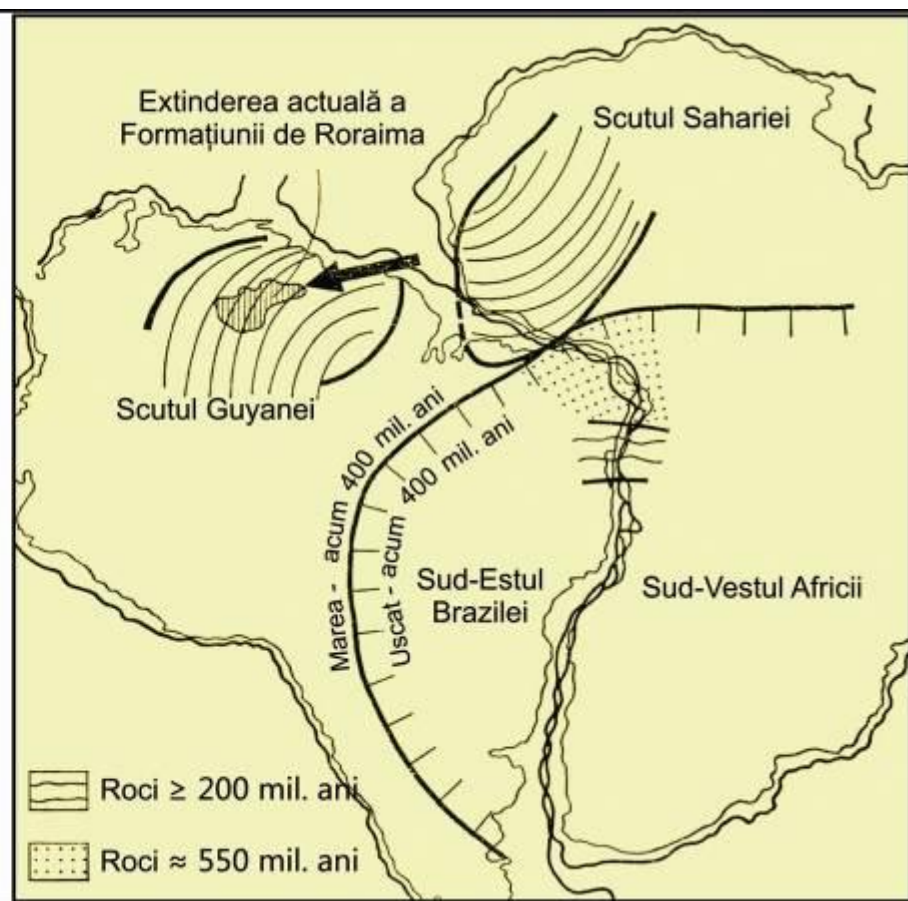
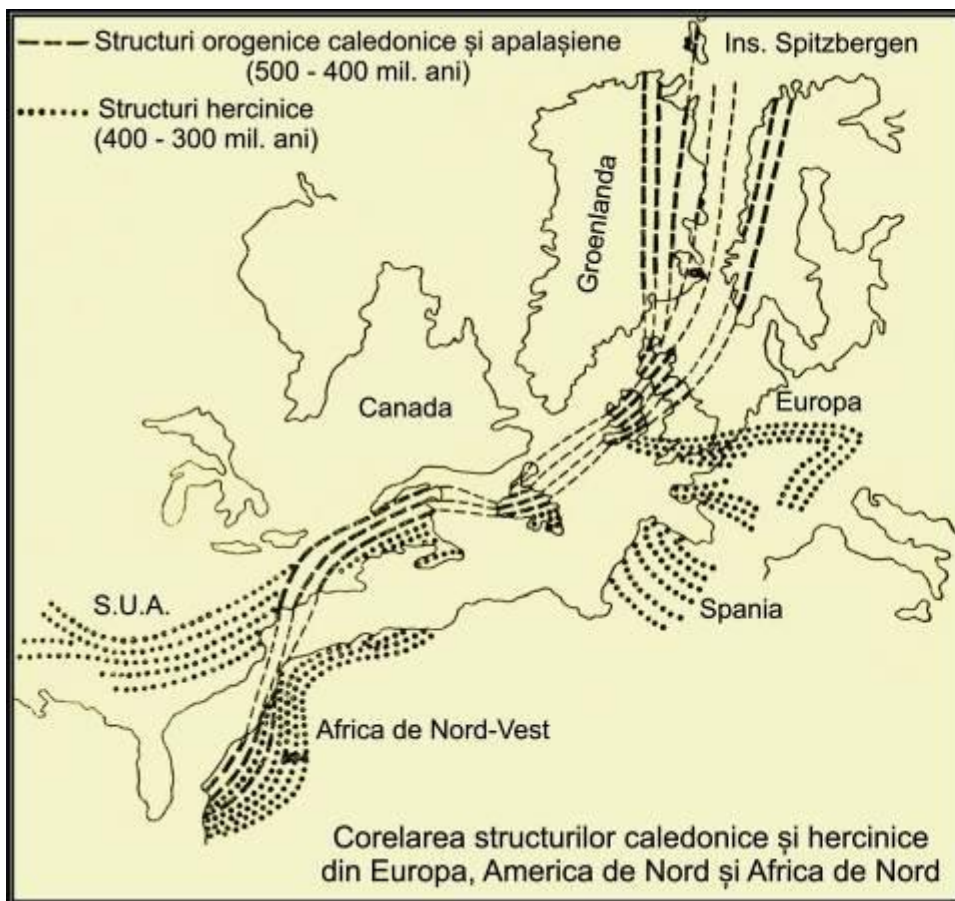
A AFRICII



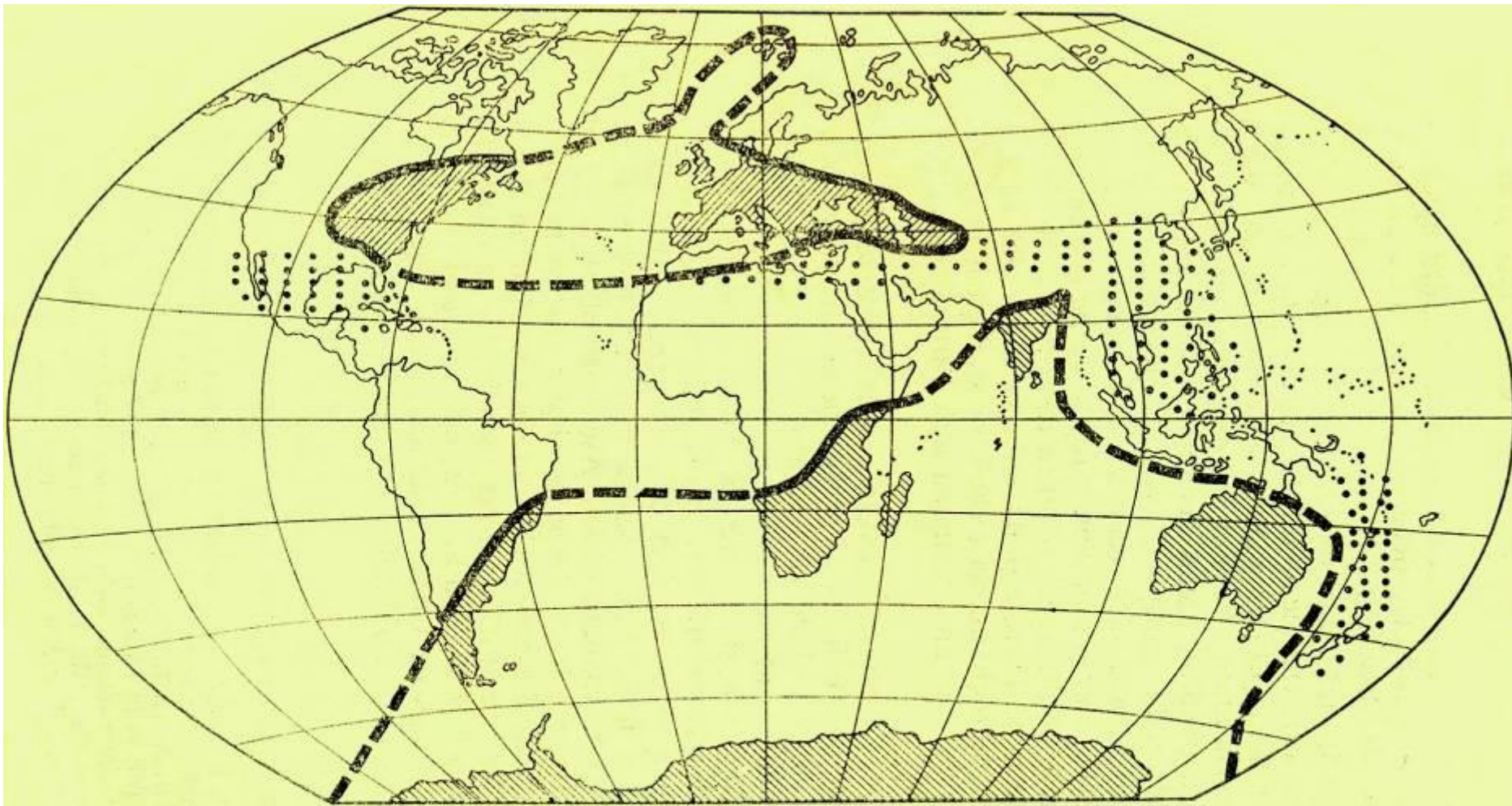
**2b.** Continuitatea catenelor orogenice caledonice și hercinice în terenurile europene și americane

**2c.** COINCIDENȚA LIMITELOR ȚĂRMURILOR MĂRII SILURIENE TRASATE PE BAZA EXTINDERII DEPOZITELOR MARINE

- POZIȚIA ARIEI SURSĂ PENTRU FORMAȚIUNEA DE RORAIMA



### 3. DOVEZI PALEONTOLOGICE



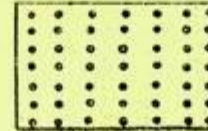
FLORA LAURASIANĂ  
TROPICALĂ

Cu multe specii și arii  
de corali recifogeni,  
urmati apoi de păduri  
tropicale generatoare de cărbuni



FLORA GONDWANIANĂ  
POLARĂ

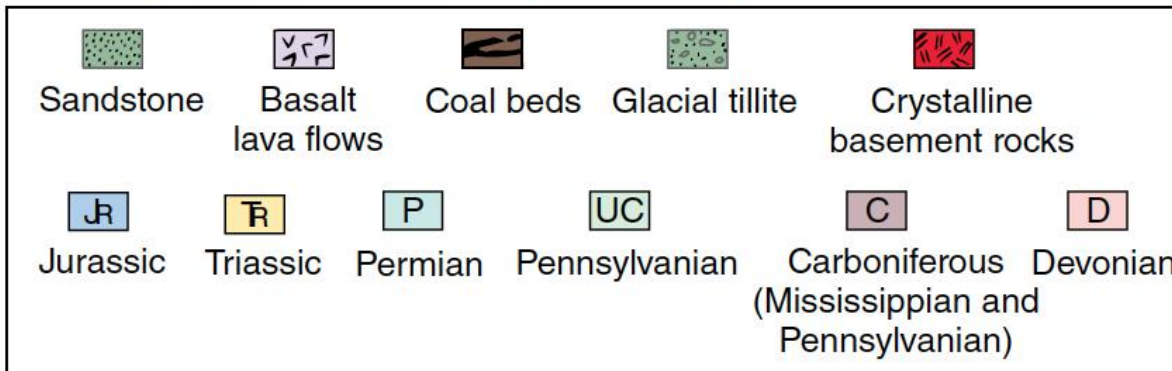
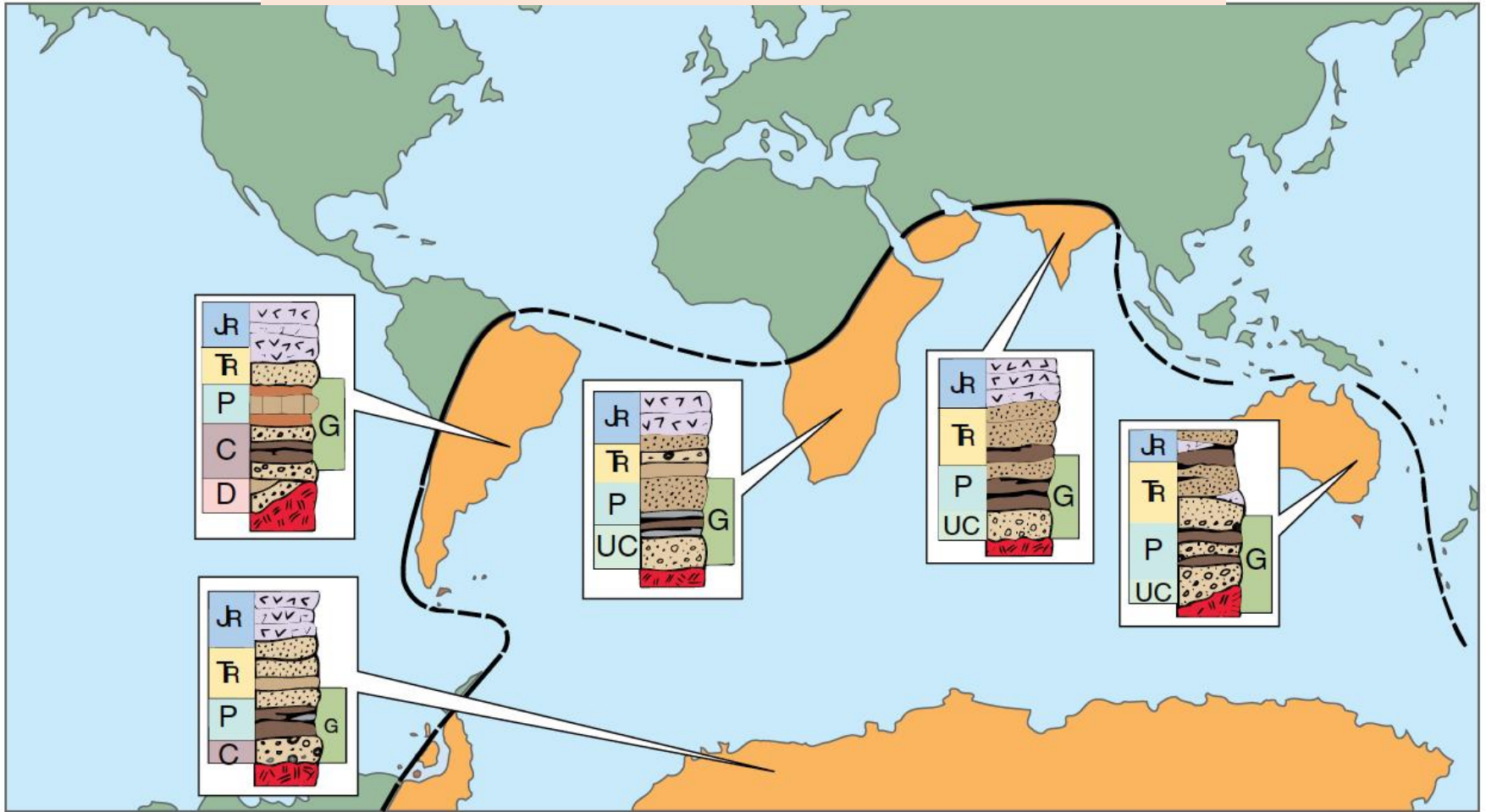
Cu cîteva specii de  
faună cu Eurydesma



FORAMINIFERE MARINE  
DIN DOMENIUL TETHYS

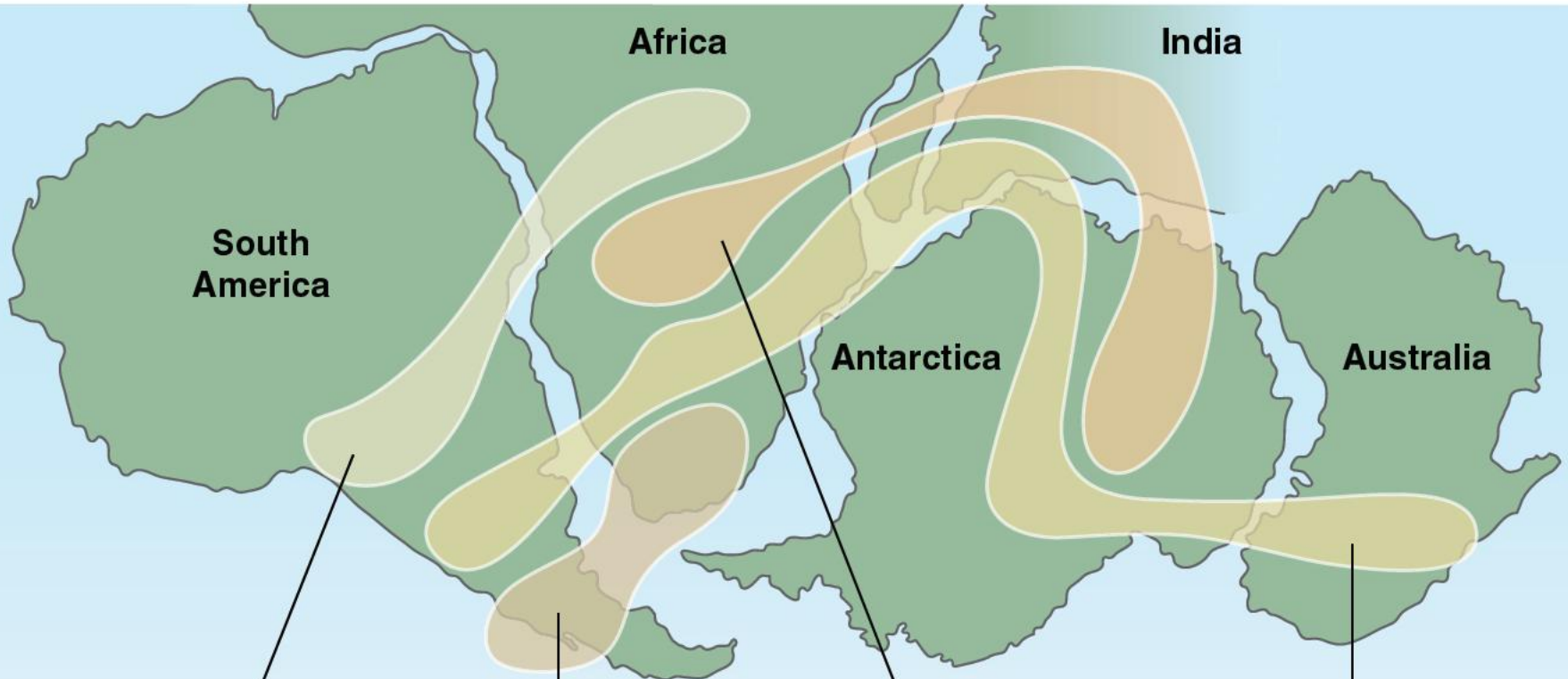
(Din Bleahu, 1983)

# DISTRIBUȚIA FLOREI CU GLOSSOPTERIS, GONDWANIENE

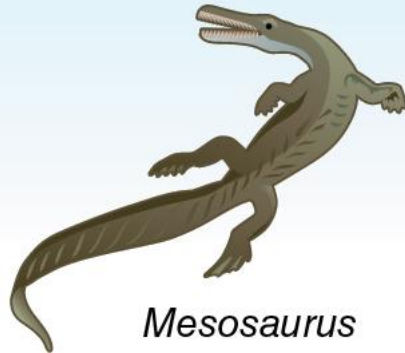


(după Ronald Martin, 2018. Earth's Evolving Systems. World Headquarters, Jones & Bartlett Learning)

## DISTRIBUȚIA FAUNEI GONDWANIENE



*Cynognathus*



*Mesosaurus*



*Lystrosaurus*



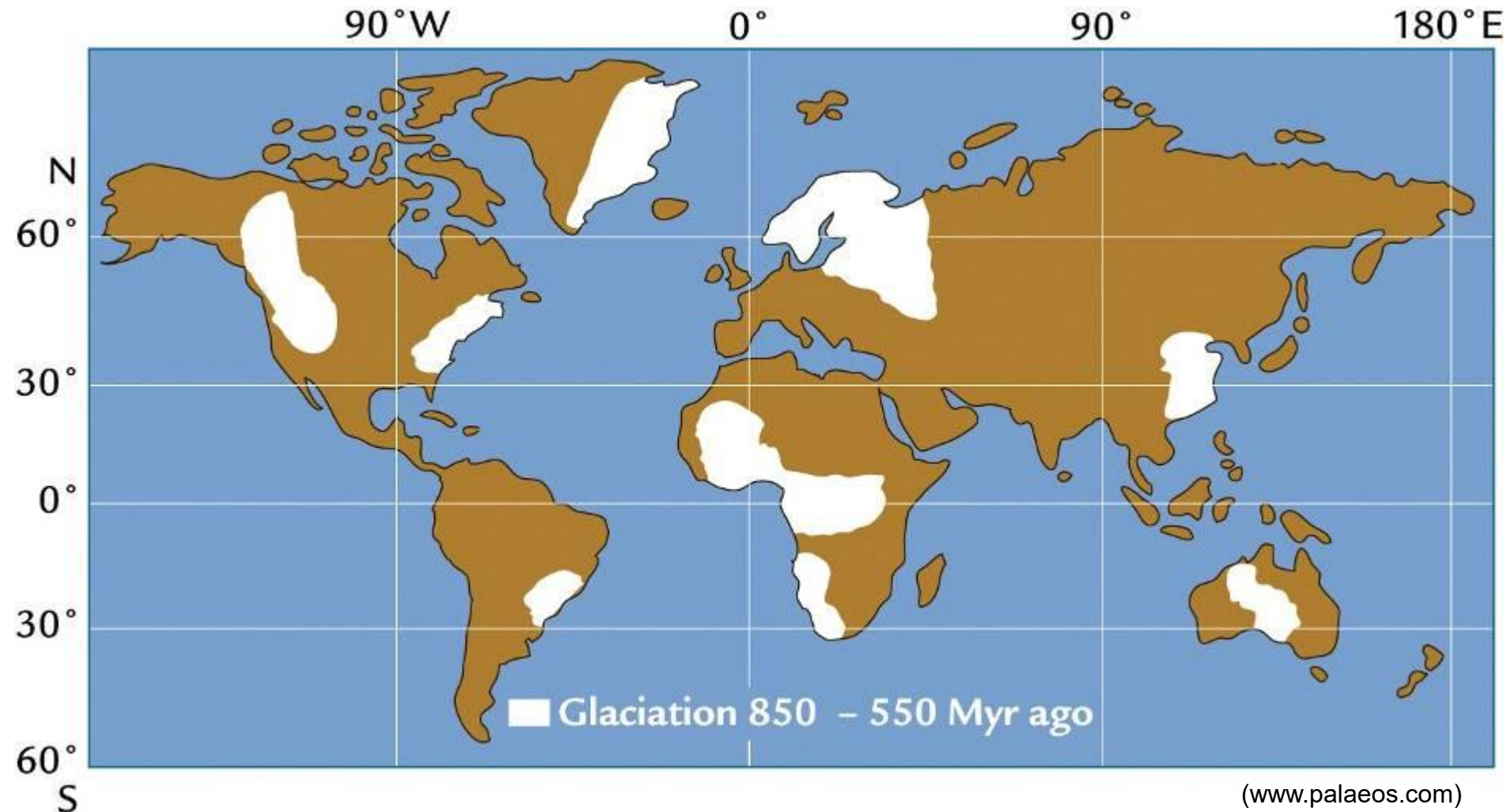
*Glossopteris*

## 4. DOVEZI PALEOCLIMATICE ALE DERIVEI CONTINENTALE

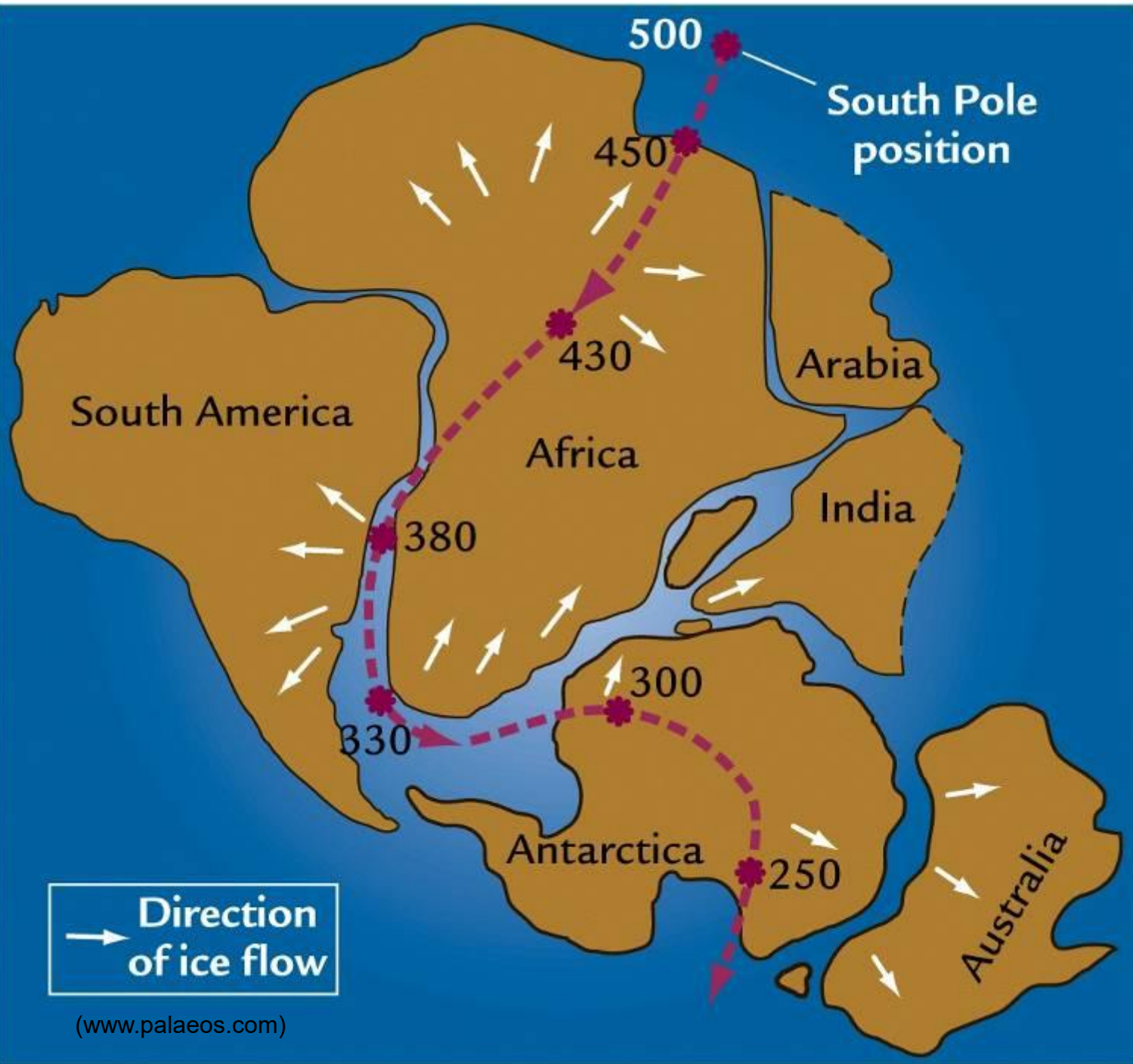
spre

**DERIVA CONTINENTALĂ = > TEORIA TECTONICII GLOBALE**

DISTRIBUȚIA TILITELOR PRECAMBRIENE (DEPOZITE GLACIARE) PE GLOB



Migrația  
polului sud  
stabilă pe  
baza  
poziției  
depozitelor  
glaciare  
corelată cu  
vârsta  
acestora



## **II. DINAMICA LITOSFERICĂ MODERNĂ**

### ***TEORIA TECTONICII GLOBALE***

**II.1. Topografia bazinelor oceanice**

**II.2. Paleomagnetismul și expansiunea bazinelor oceanice  
(spreadingul și acreția scoarței oceanice)**

**II.3. Seismicitatea și Teoria plăcilor tectonice (marginile plăcilor)**

**II.4. Mișcarea plăcilor tectonice**

## II.1. TOPOGRAFIA BAZINELOR OCEANICE și STRUCTURA SCOARȚEI

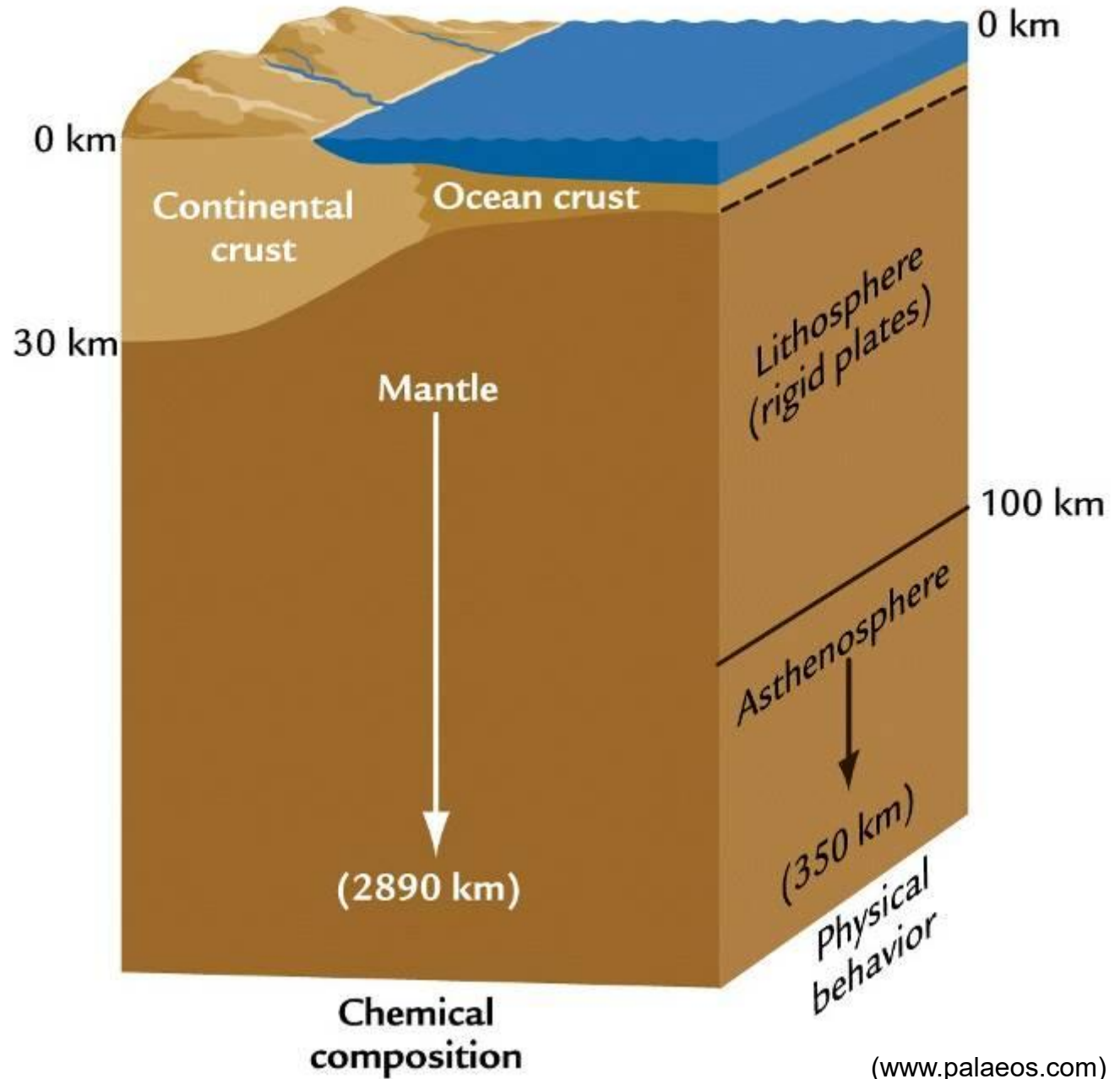
*\*Până în sec. al XIX-lea descrierea morfologiei bazinelor oceanice se baza metode clasice, care au creat o imagine deficitară a acesteia (teoria geosinclinalului);*

*\*Primele măsurători sistematice s-au făcut cu ocazia expediției științifice realizate cu nava Challenger (1872-1876), într-o croazieră de peste 111.000 km, când se pune în evidență dorsala medio-atlantică;*

*\*Urmează o serie de expediții care au ca rezultat:*

- descoperirea rifturilor și dorsalele medio-oceanice;*
- descoperirea foselor; Groapa Challenger (Mariane) a fost explorată cu batiscaful Trieste, care în 1960 atinge 11034 m;*
- zonele de fractură transversale pe rift;*
- munții de tip guyot (Henri Hess, 1946);*
- structura fundurilor oceanice;*
- caracteristicile geofizice ale oceanelor: seismicitatea, câmpul gravitațional, câmpul magnetic, fluxul termic.*

**Scoarțele  
oceanice și  
Continentale.  
Litosfera**



# HARTA ELEMENTELOR STRUCTURALE MAJORE PE TERRA

(catene orogenice, fose marine, dorsale medio-oceanice, rifturi, falii transformante)

- 1-FOSA ALEUTINE (7679m)
- 2-FOSA CARAIBE (9200m)

- A-Mtii ALASKA (6198m)
- B-Mtii STANCOSI (4402m)



- 3-FOSA AMERICII CENTRALE (6662m)

- C-Mtii AMERICII CENTRALE (5747m)

- 4-FOSA PERU-CHILE (8055m)

1,2,.....11 - FOSE OCEANICE CU PESTE 5500m ADANCIME

- D-Mtii ANZI (6959m)

- 5-FOSA INDONEZIA (7450m)

A,B,.....R - CATENE OROGENICE CU PESTE 2000m ALTITUDINE

- E-Mtii ATLAS (4165m)

- 6-FOSA FILIPINE (10497m)

- F-Mtii ALPI (410m)

- 7-FOSA MARIANE (11034m)

- 8-FOSA TONGA-KERMADEC-NOUA ZEELANDA (10882m)

- G-Mtii BALCANI (2376m)

- M-Mtii HIMALAYA (4848m)

- 9-FOSA KAMCEATKA-KURILE-JAPONIA DE EST (9810m)

- H-Mtii CARPATI (2663m)

- N-Pod TIBET (alt med 5000m)

- 10-FOSA NOUA SCOTIE (8264m)

- I-Mtii CAUCAZ (5642m)

- O-Mtii TIAN SHAN (6995m)

- 11-FOSA MEXIC (5500m)

- J-Mtii ZAGROS (4548m)

- P-Mtii ALTAI (4506m)

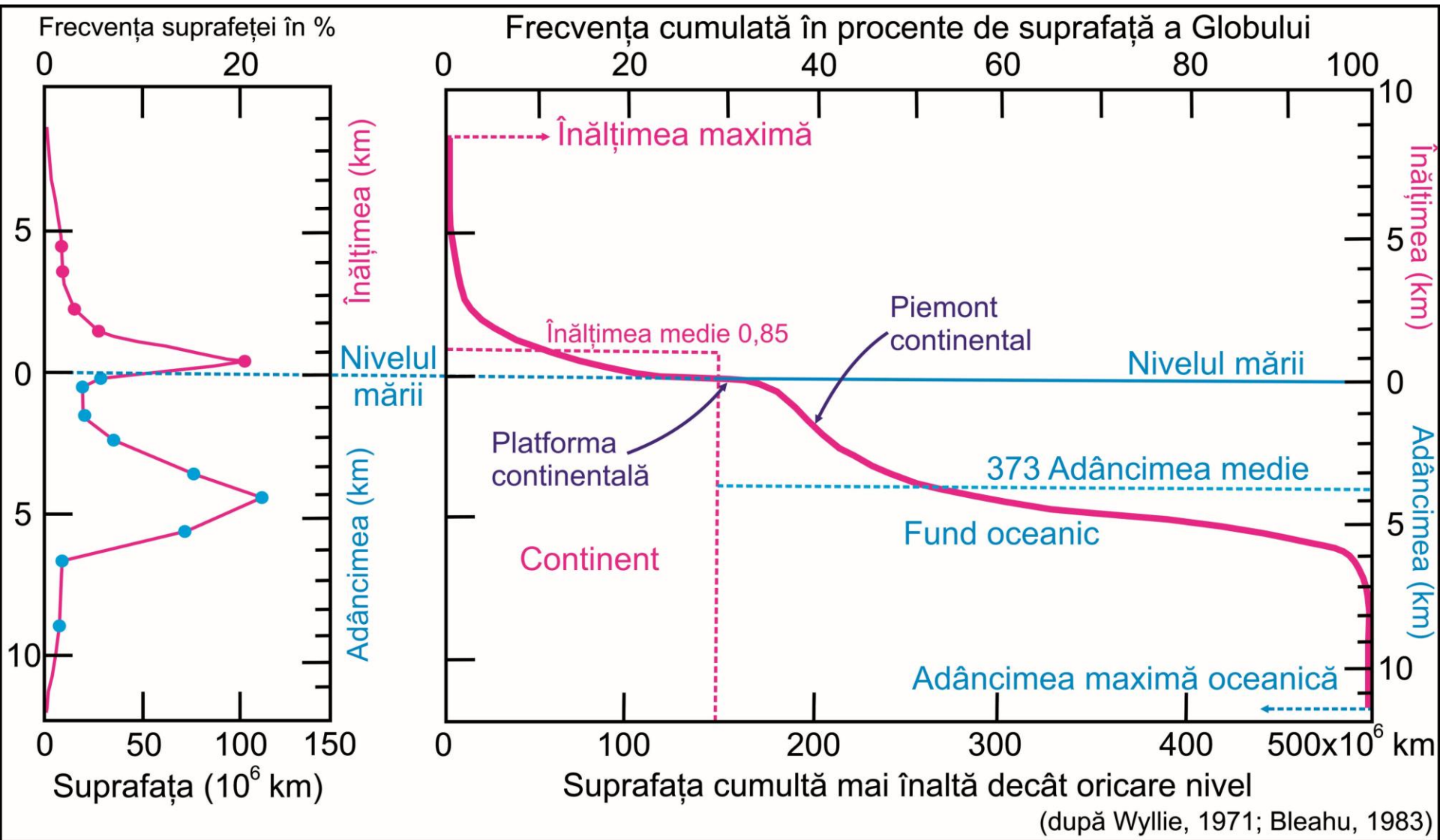
- K-Mtii HINDU KUSH (7495m)

- Q-Mtii KAMCEATKA (4750m)

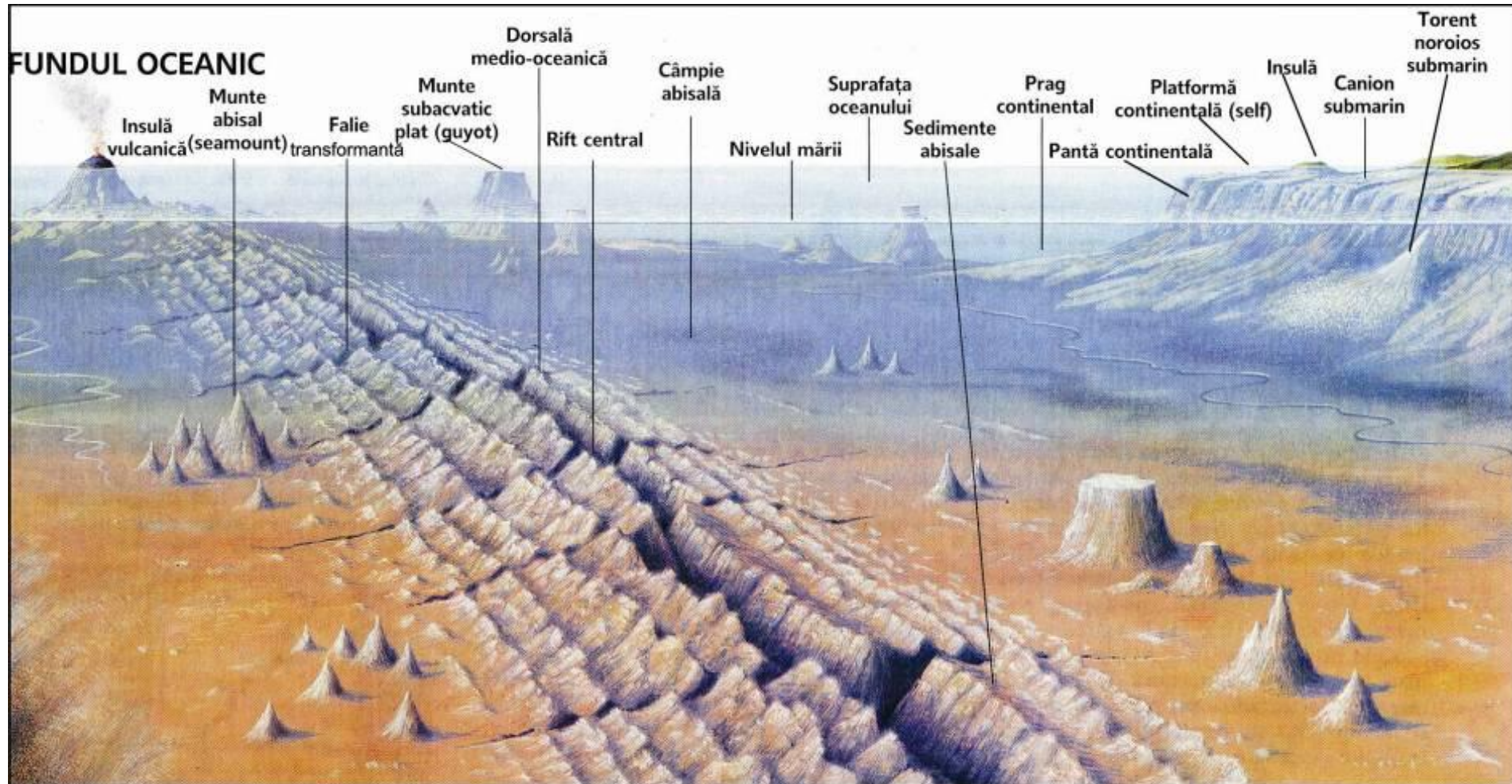
- L-Mtii PAMIR (7495m)

- R-Mtii NOUA GUINEE (4509m)

# DIVIZIUNILE GEOMORFOLGICE ALE RELIEFUL TERESTRU

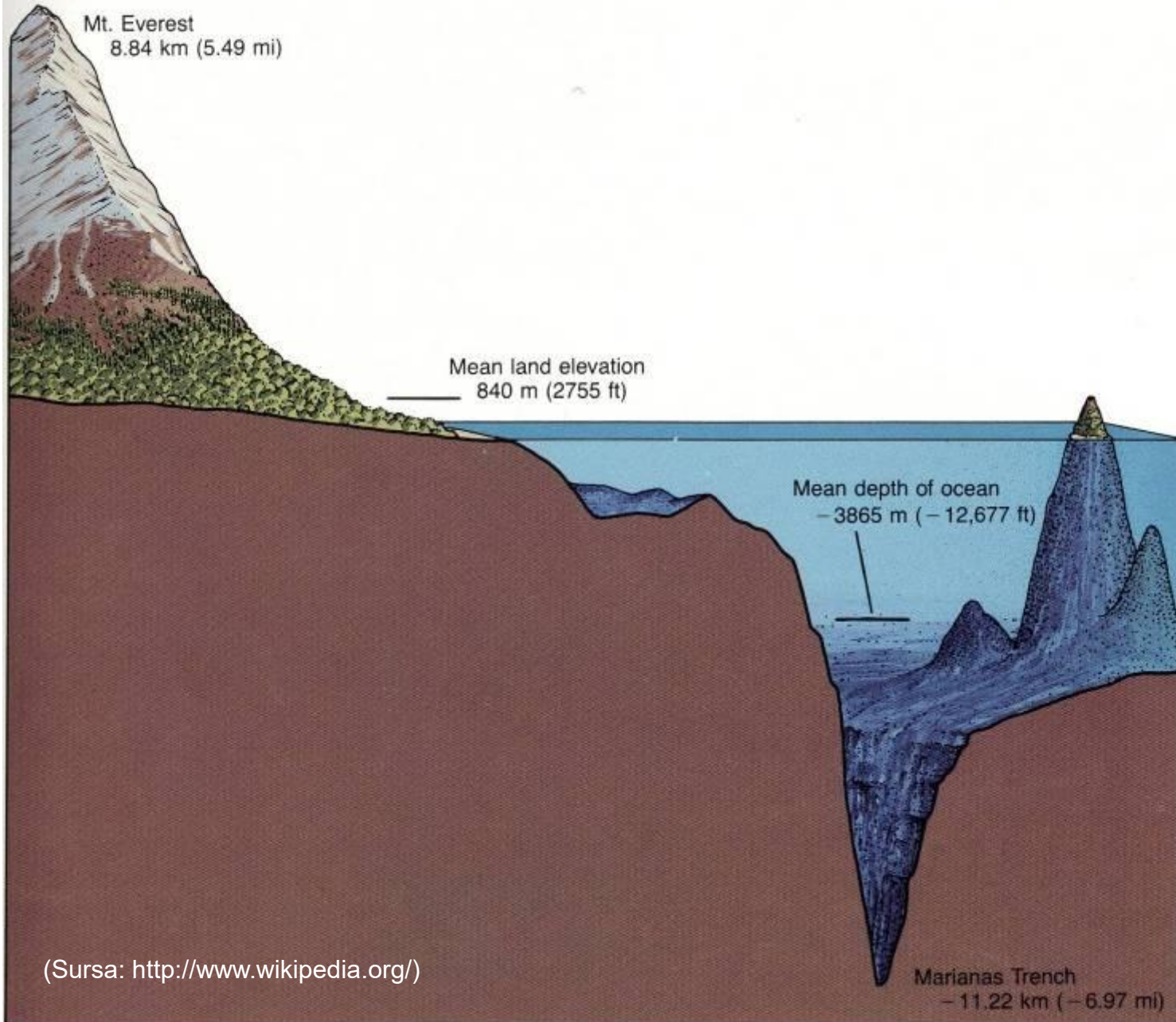


# GEOMORFOLOGIA BAZINULUI OCEANIC



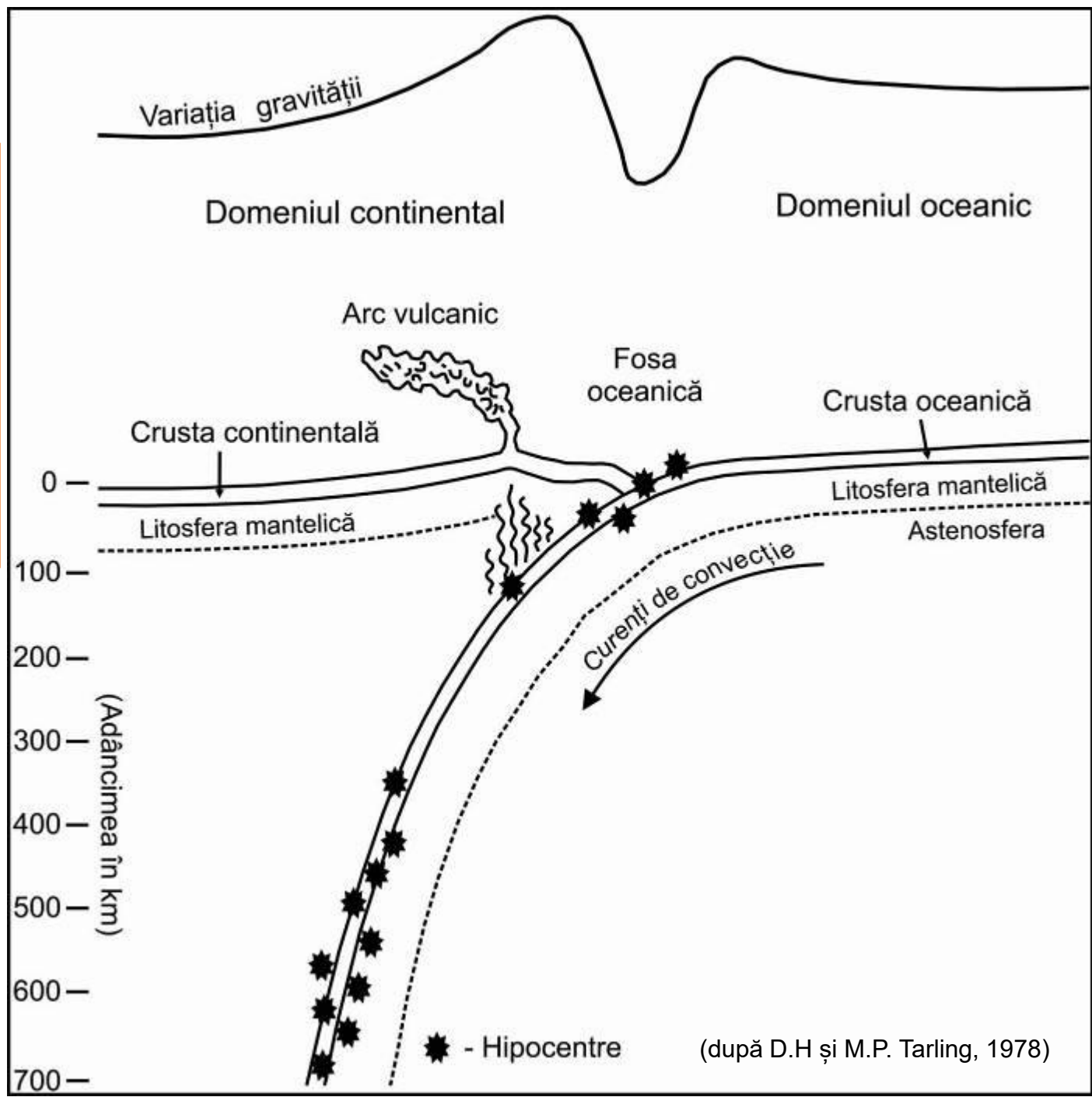
(Sursa: <http://www.wikipedia.org/>)

# Deformarea maximă a scoarței



(Sursa: <http://www.wikipedia.org/>)

**Cu date gravimetrice se pun în evidență fosele oceanice**



## II.2. PALEOMAGNETISMUL ȘI EXPANSIUNEA BAZINULUI OCEANIC (spreadingul și acreția scoarței oceanice)

**\*Busola a fost descoperită în China, la începutul erei noastre;**

**\*W. Gilbert (1600) vorbește pentru prima dată de *câmpul magnetic terestru*, asimilând *Globul terestru* cu un magnet uriaș și construiește *Terrella (Glob terestru în miniatură)* ;**

**\*Gelibrand (1634) descoperă că declinația magnetică a Londrei variază regulat, fenomen denumit ulterior *variație seculară*:**

**(1) *Polul nord magnetic migrează spre vest cu  $0.18^{\circ}$  de long, ceea ce presupune că o rotație completă are loc la 2000 ani;***

**(2) Hărțile cu izolinii de egală valoare a variației seculare se numesc *hărți izoporice*.**

## ELEMENTELE CÂMPULUI MAGNETIC TERESTRU

**Globul terestru** se comportă ca un *magnet gigant*, mai precis ca un dipol geomagnetic, fiind înconjurat de un câmp magnetic denumit *magnetosferă*.

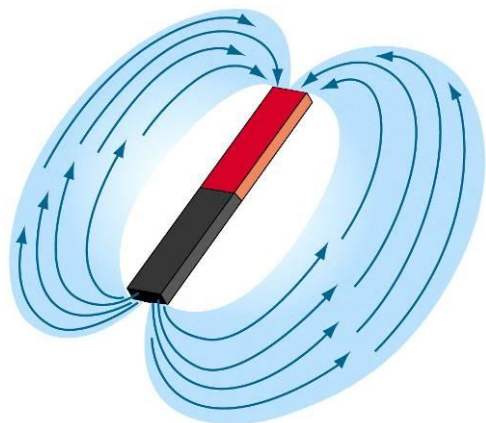
\*acesta se extinde în jurul Terrei pe o distanță de 10 raze pământești.

\*liniile de forță ale câmpului magnetic ies din *polul sud* și intră prin *polul nord*;

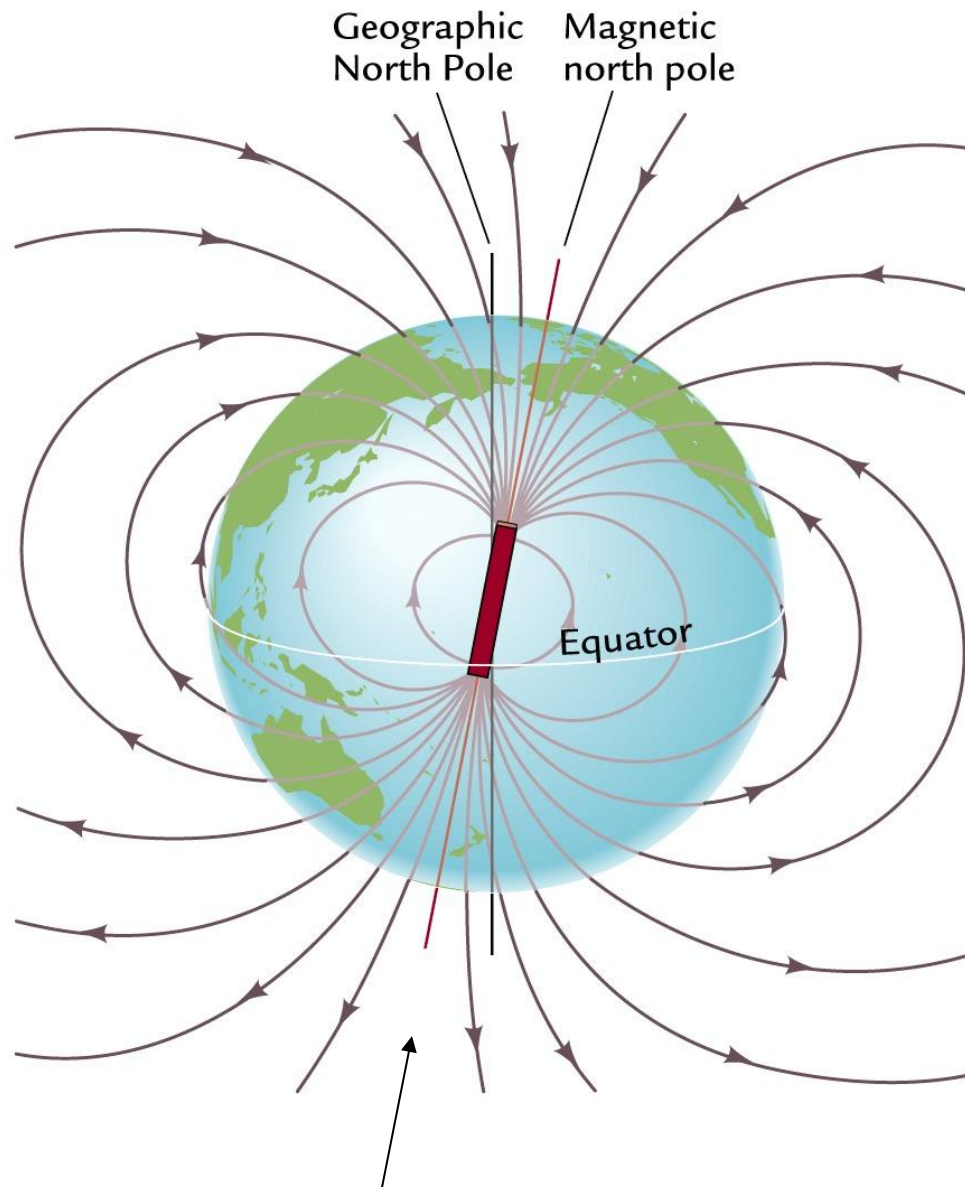
\*elementele spațiale ale câmpului geomagnetic nu se suprapun rețelei geografice - astfel *polul nord magnetic* real se găsește în *vestul Groenlandei*, iar *axa geomagnetică* care unește polii magnetici nu coincide cu axa de rotație a Pământului, *axa polilor magnetici trecând pe la 1100 km față de centrul Pământului*;

\*existența câmpului magnetic a constituit *una dintre condițiile apariției vieții* pe Pământ; fără acest *scut protector* razele cosmice ar fi distrus orice germene organic;

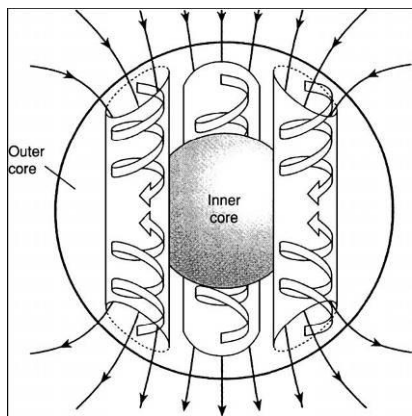
\*genetic, magnetismul terestru este legat de: structura geosferică – provincii extinse de viteză redusă de la limita manta/nucleu (2900 km adâncime)

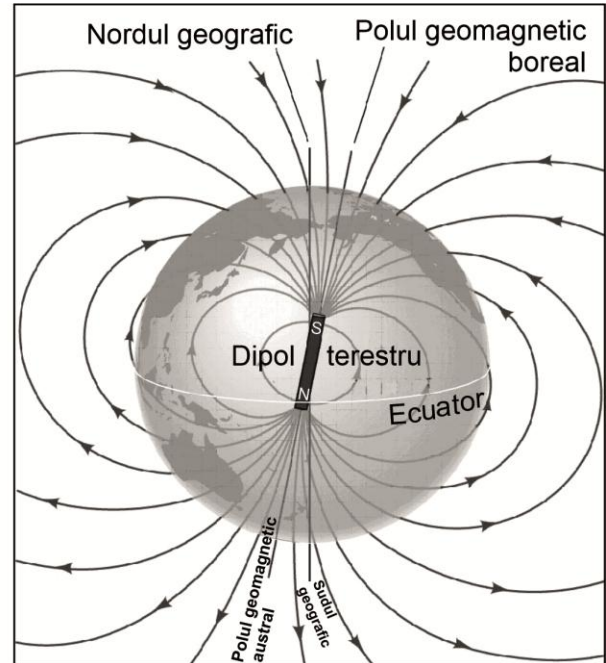
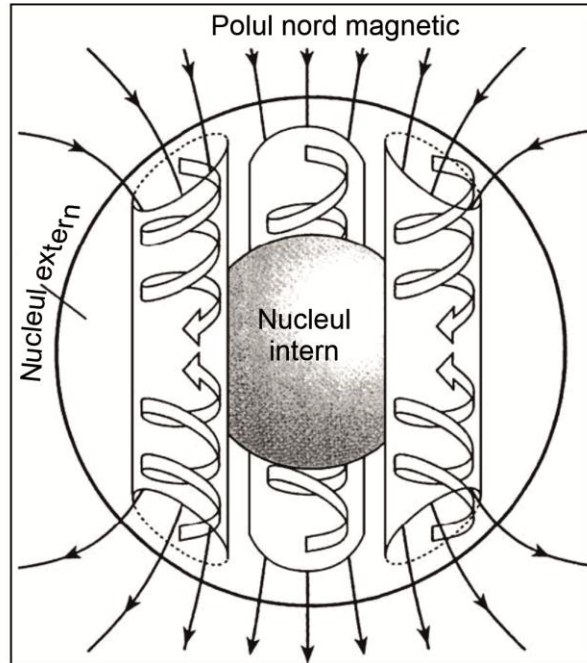
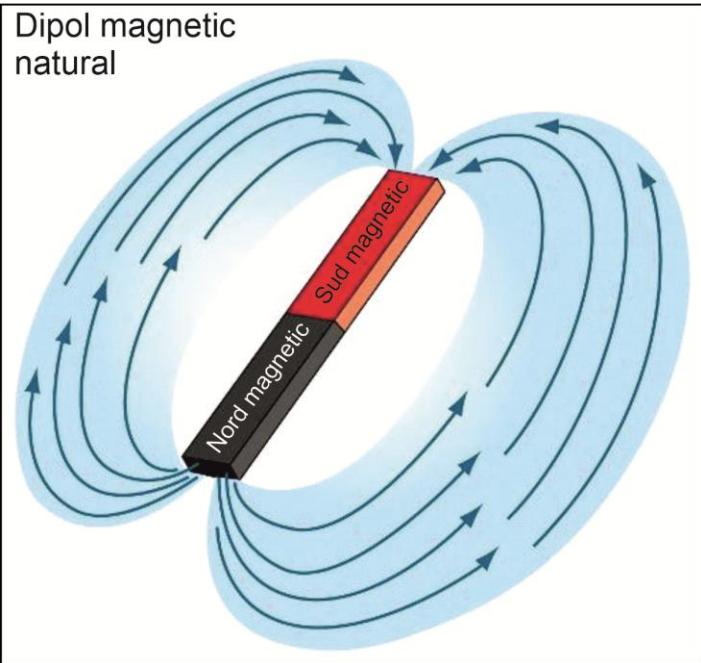


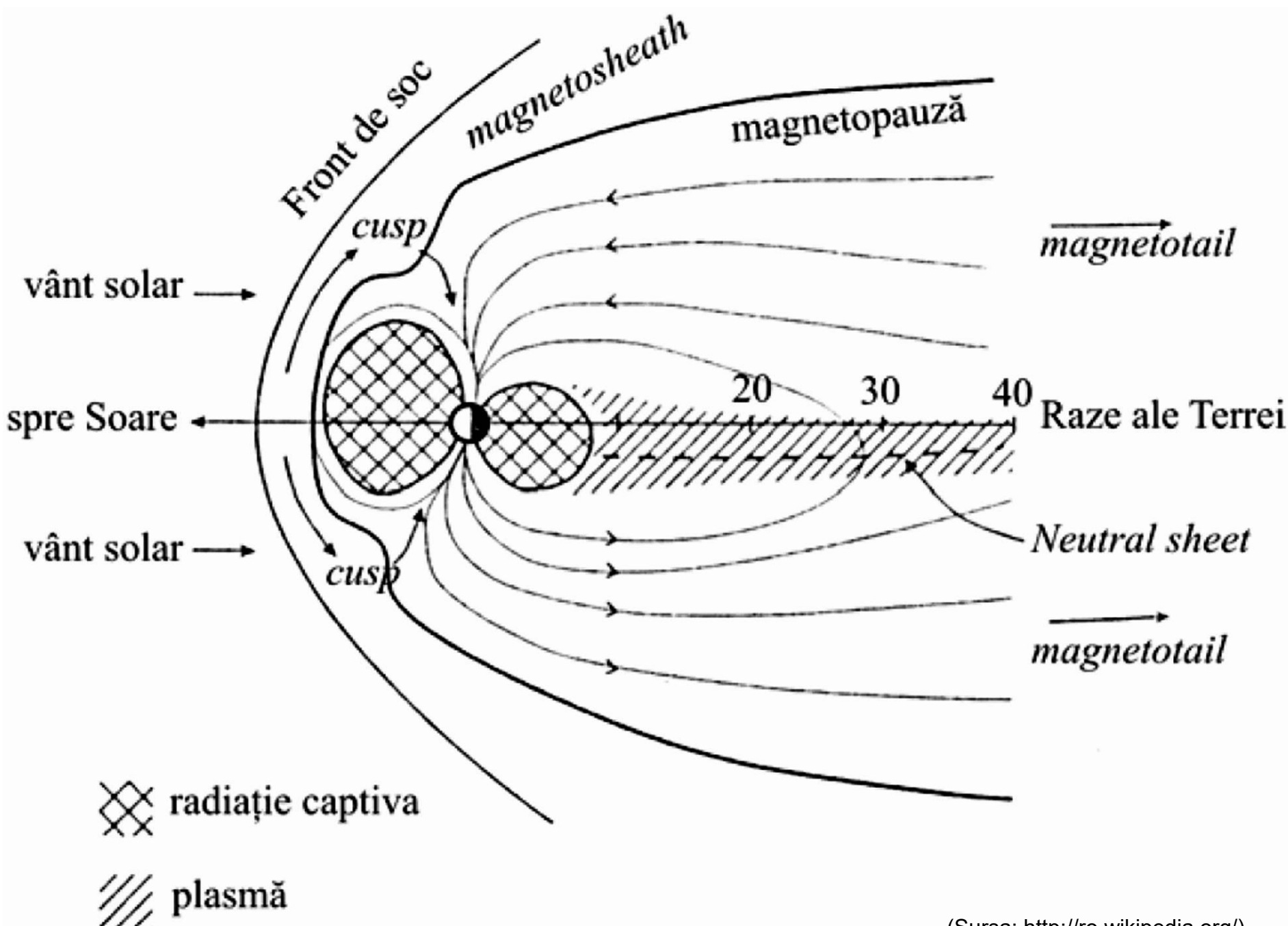
**Dipol magnetic**



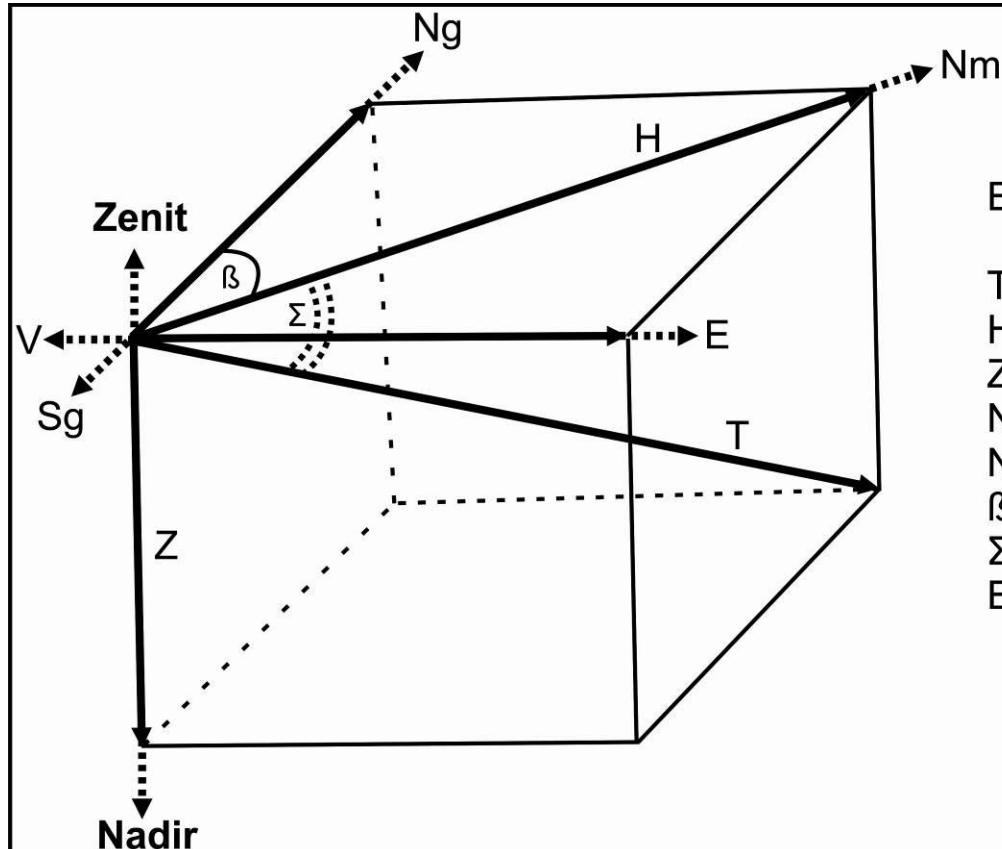
**Câmp magnetic terestru**







(Sursa: <http://ro.wikipedia.org/>)



## ELEMENTELE CÂMPULUI MAGNETIC TERESTRU

- T - Câmpul magnetic total
- H - Componenta orizontală a câmpului magnetic
- Z - Componenta verticală a câmpului magnetic
- Nm - Nordul magnetic
- Ng - Nordul geografic
- $\beta$  - Unghiul de declinație magnetică
- $\Sigma$  - Inghiul de înclinație magnetică
- E, V, Sg - Punctele cardinale: est, vest, sud

(după Lăzărescu, 1980; Olaru et al., 2004)

**1. Intensitatea câmpului magnetic** care se măsoară în amper/metru (A/m) (sau unități neconvenționale gamma, unități de inducție și de câmp): la *ecuator* - 25000 gamma și la *poli* - 70000 gamma. Pentru acest parametru se elaborează **hărții cu izogame**, hărți pe care se figurează **anomaliile magnetice** legate de prezența în subsol a unor corpuri feromagnetice.

**2. Declinația magnetică** reprezintă unghiul dintre direcția nordului magnetic și direcția nordului geografic într-un punct dat și se măsoară în grade. Liniile care unesc punctele cu aceeași valoare a declinației magnetice se numesc **izogone**.

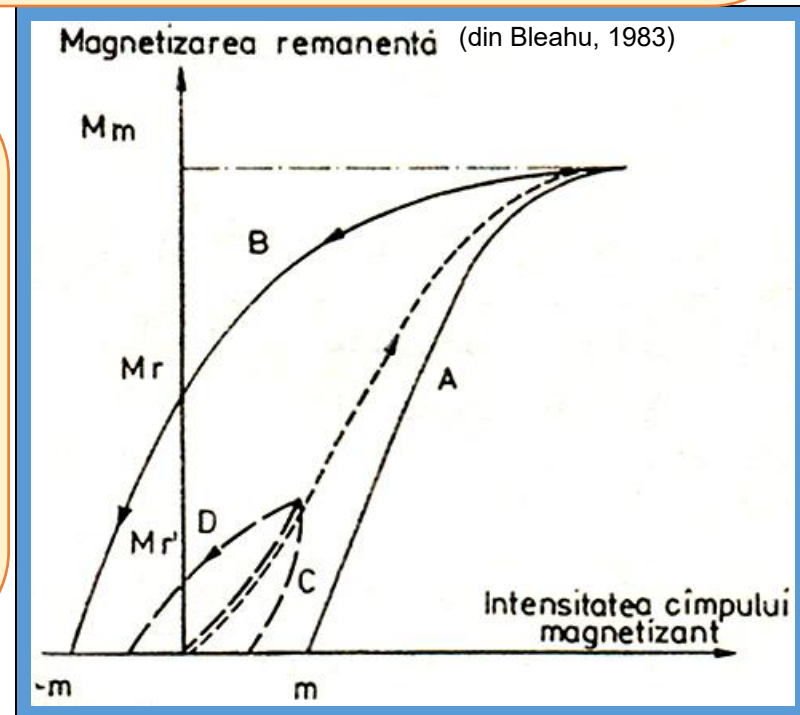
**3. Înclinația magnetică** este unghiul dintre orizontala locului și direcția liniilor de forță ale câmpului, valoarea acestuia fiind  $0^\circ$  la ecuator și  $90^\circ$  la poli. **Liniile de aceeași valoare a înclinației magnetice sunt izoclinele.**

## PALEOMAGNETISMUL = MAGNETISMUL REMANENT

În mod similar, în decursul timpului geologic au avut loc **inversiuni ale polarității terestre**, cei doi poli schimbându-și poziția, astfel încât intervalele de timp în care polul nord geomagnetic se afla în emisfera nordică (geografic), se numesc **zone de polaritate normală**, iar cele în care polul nord geomagnetic se găsește în emisfera sudică se numesc **zone de polaritate inversă**. Rocile și mineralele se magnetizează în direcția câmpului magnetic existent în momentul genezei lor. Acesta se conservă în roci cu intensități reduse și după schimbările succesive de polaritate. Acest magnetism a fost denumit **magnetism remanent**.

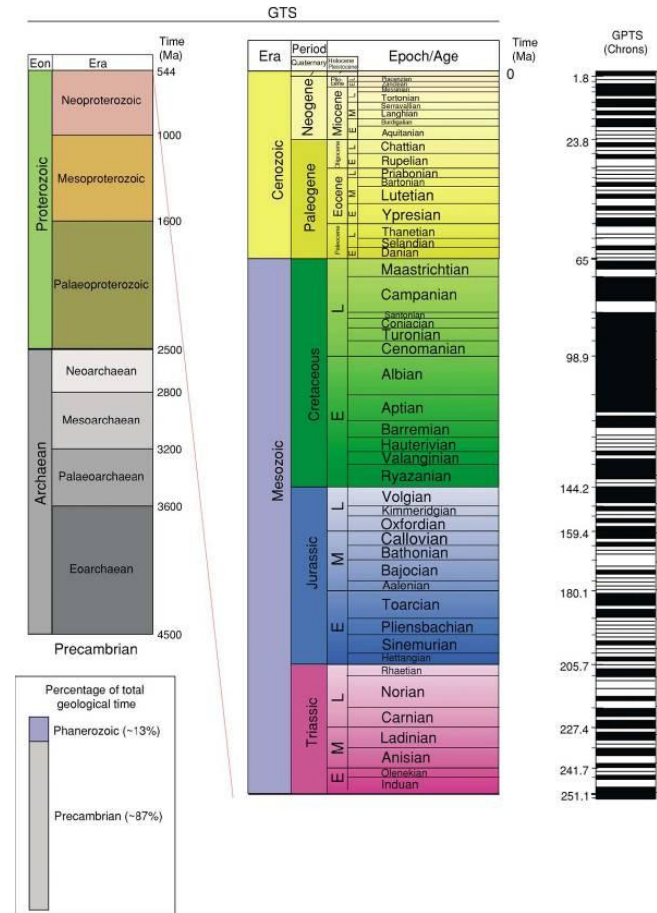
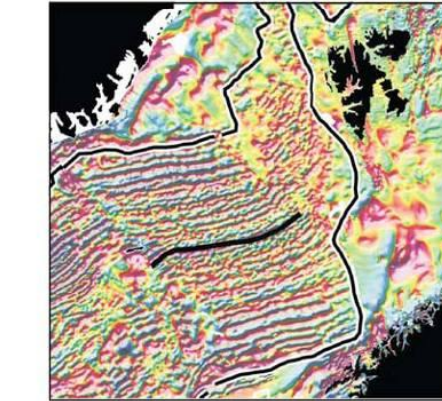
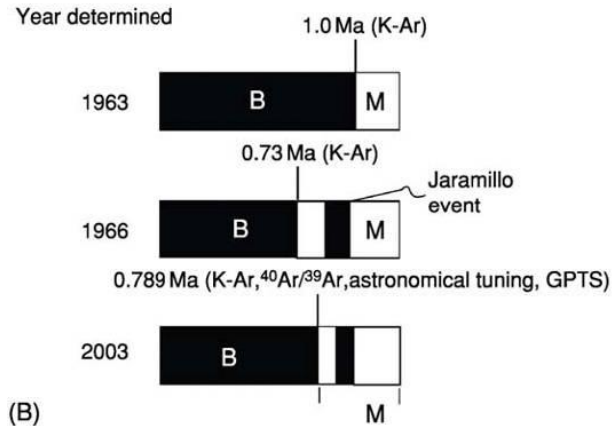
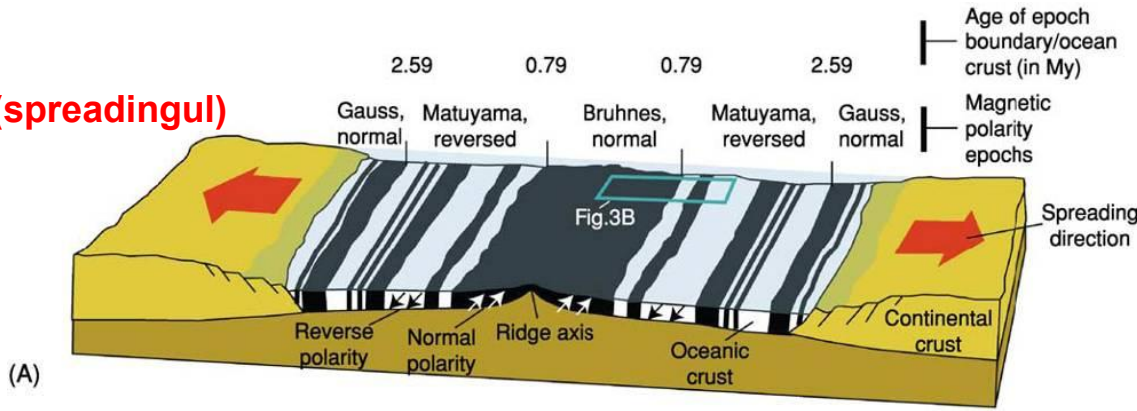
### Magnetizarea remanentă, genetic, poate fi:

- **termoremanentă;**
- **remanentă detritică;**
- **remanentă chimică;**
- **remanentă vâscoasă.**



# Expansiunea bazinelor oceanice și acreția scoarței oceanice

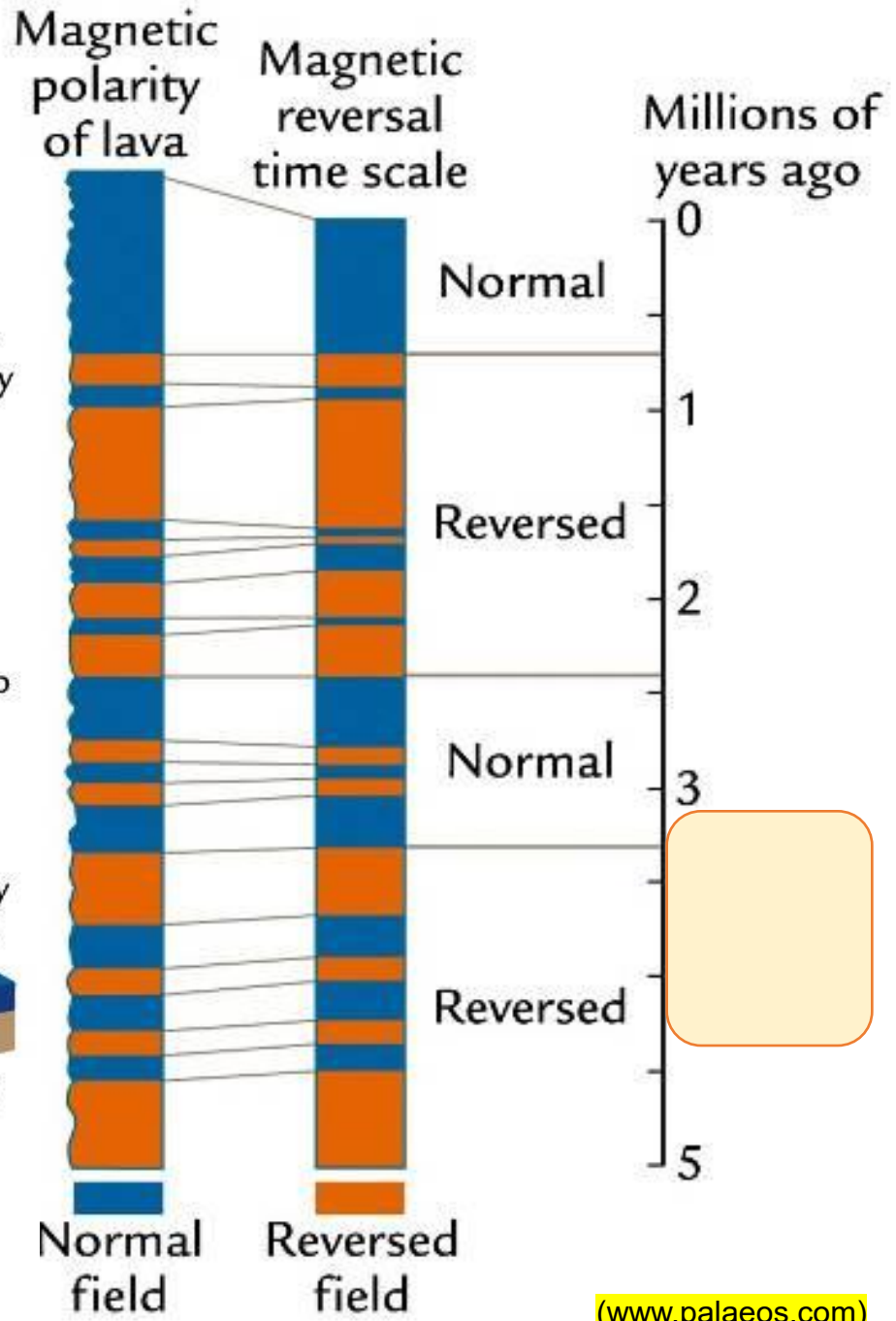
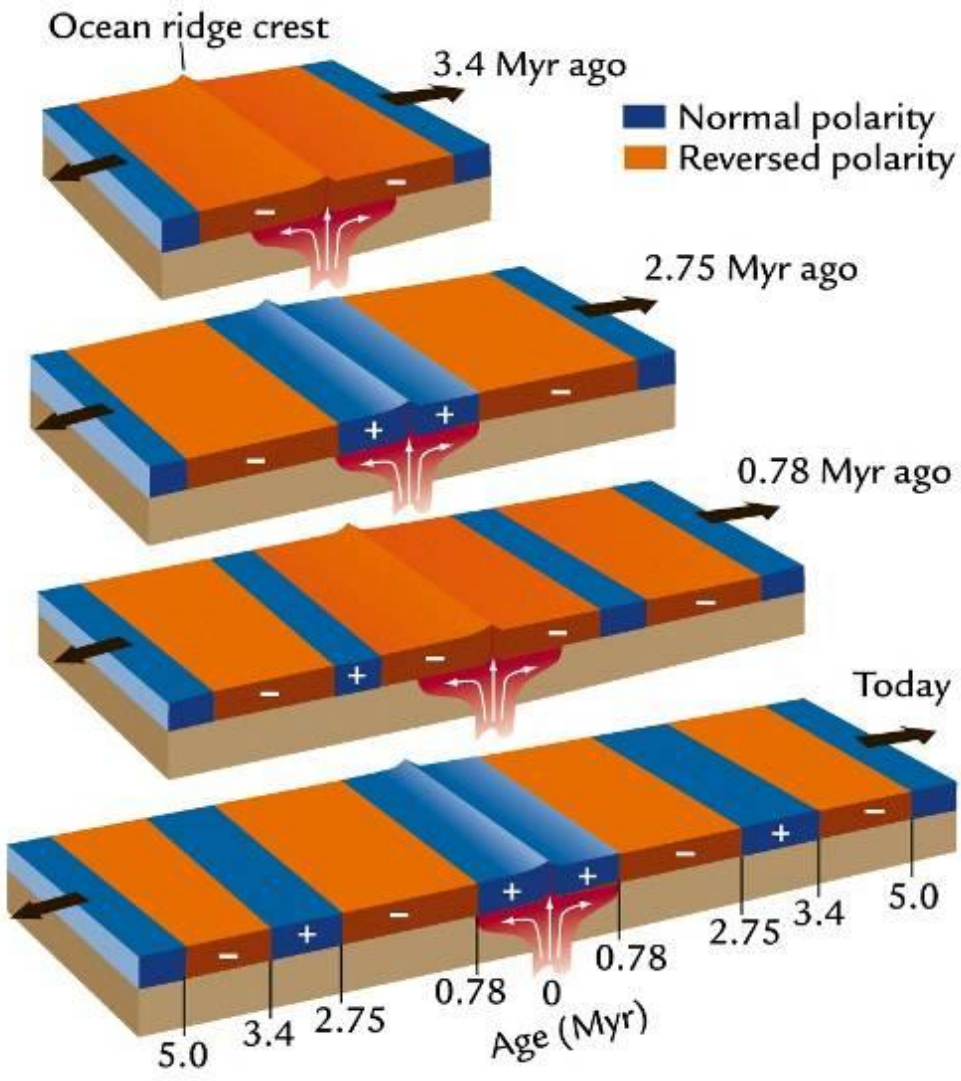
(spreadingul)



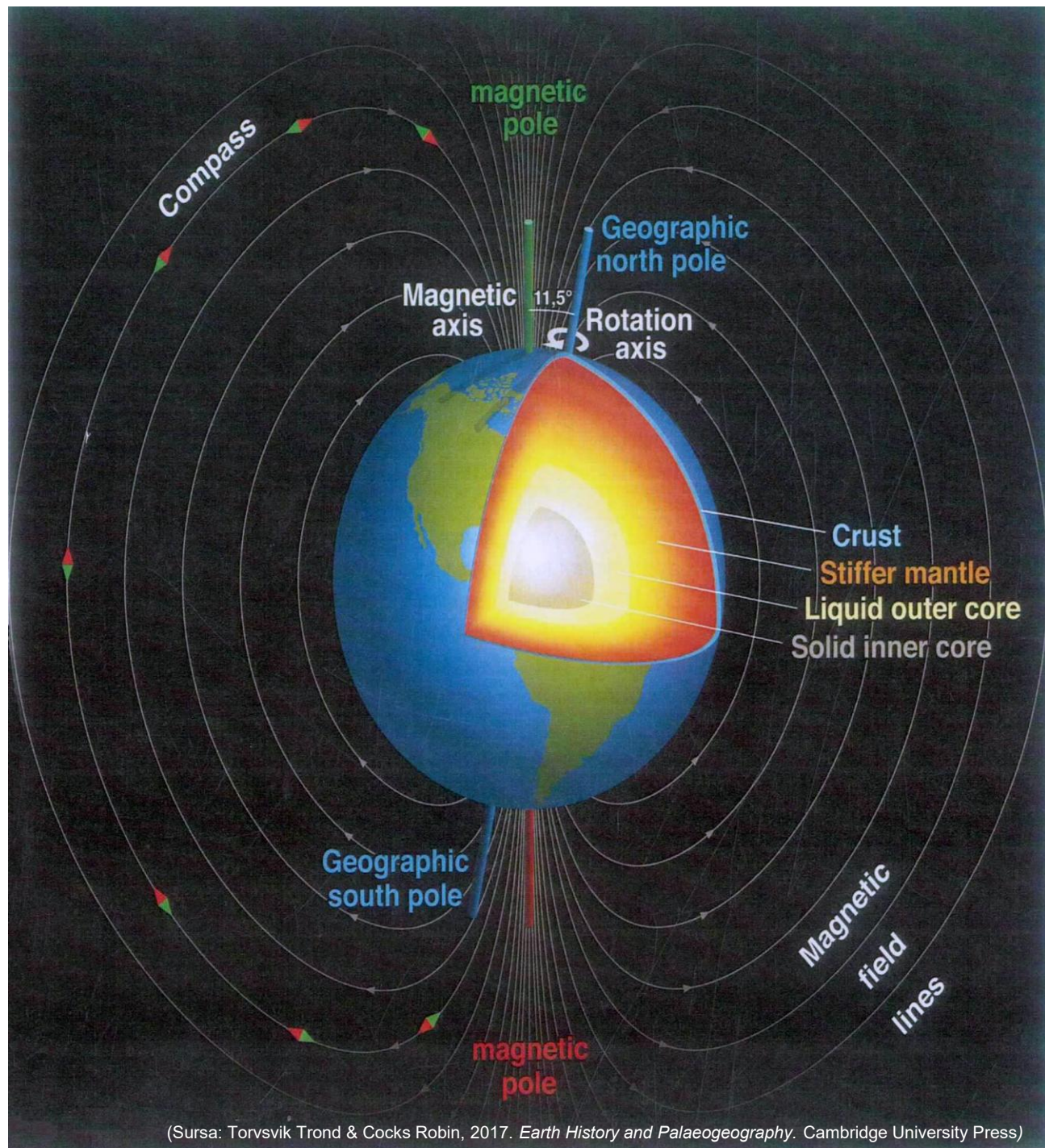
**VARIAȚIA SECULARĂ** - Încă din 1634 *Gellibrand* a descoperit că declinația magnetică a Londrei variază periodic în timp, de la un an la altul. Fenomenul a fost denumit ulterior **variație seculară**, constatându-se că ea afectează și înclinația și intensitatea câmpului magnetic. Din analiza hărților cu izolinii (**hărți cu izogone, cu izocline sau cu izodiname**) s-a observat o migrație a polului boreal spre vest, **cu  $0,18^\circ$  long./an**. Aceasta semnifică că o **rotație completă a polilor magnetici se realizează la cca. 2000 ani**.

# MAGNETOSTRATIGRAFIE

## *Epocile și evenimentele de polaritate magnetică în Pliocen-Cuaternar*

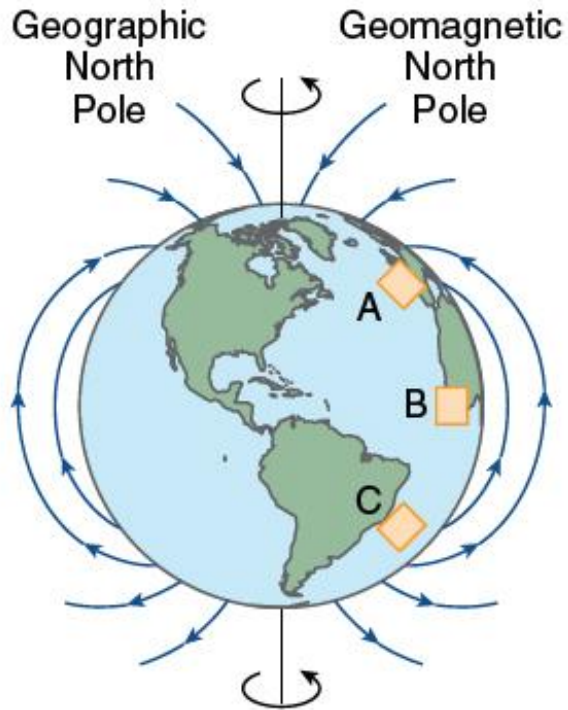


# Înclinația magnetică

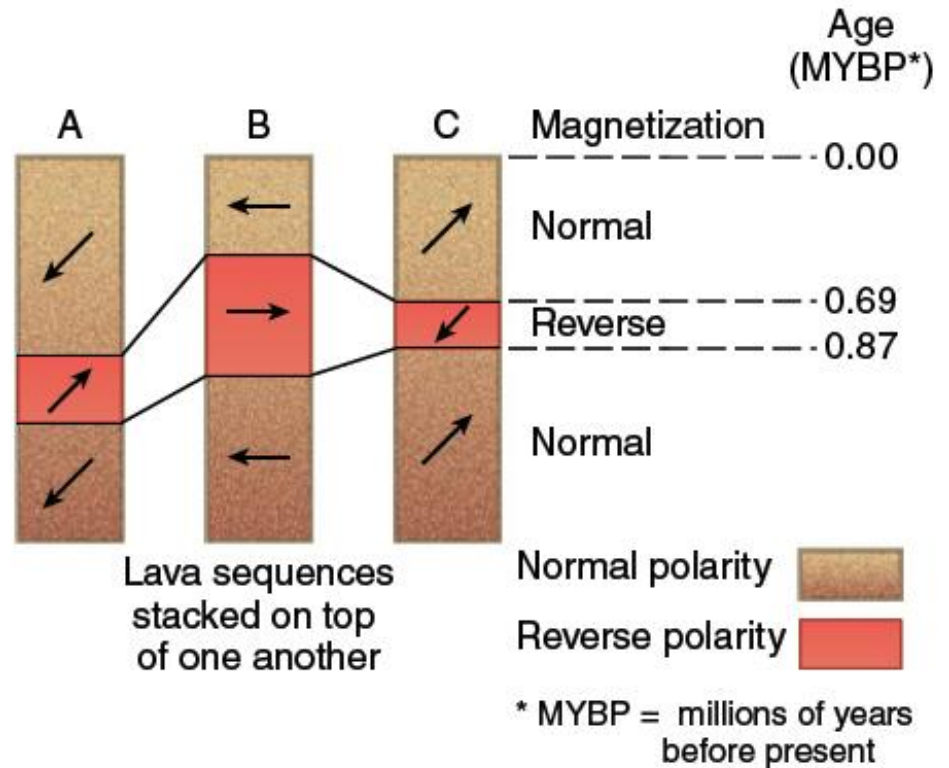


# MAGNETOSTRATIGRAFIE

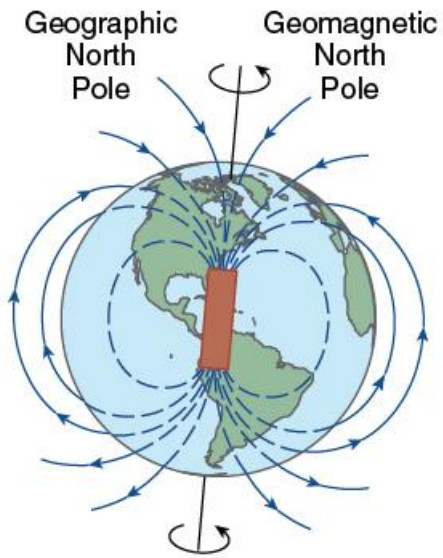
## Determinarea polarității câmpurilor paleomagnetice cu ajutorul înclinației magnetice



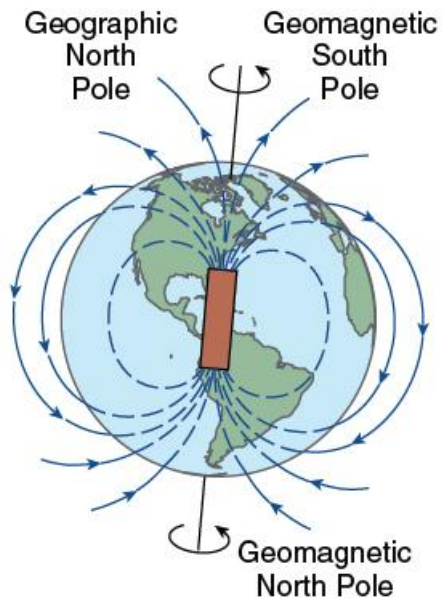
(a) MAGNETIZATION OF LAVAS



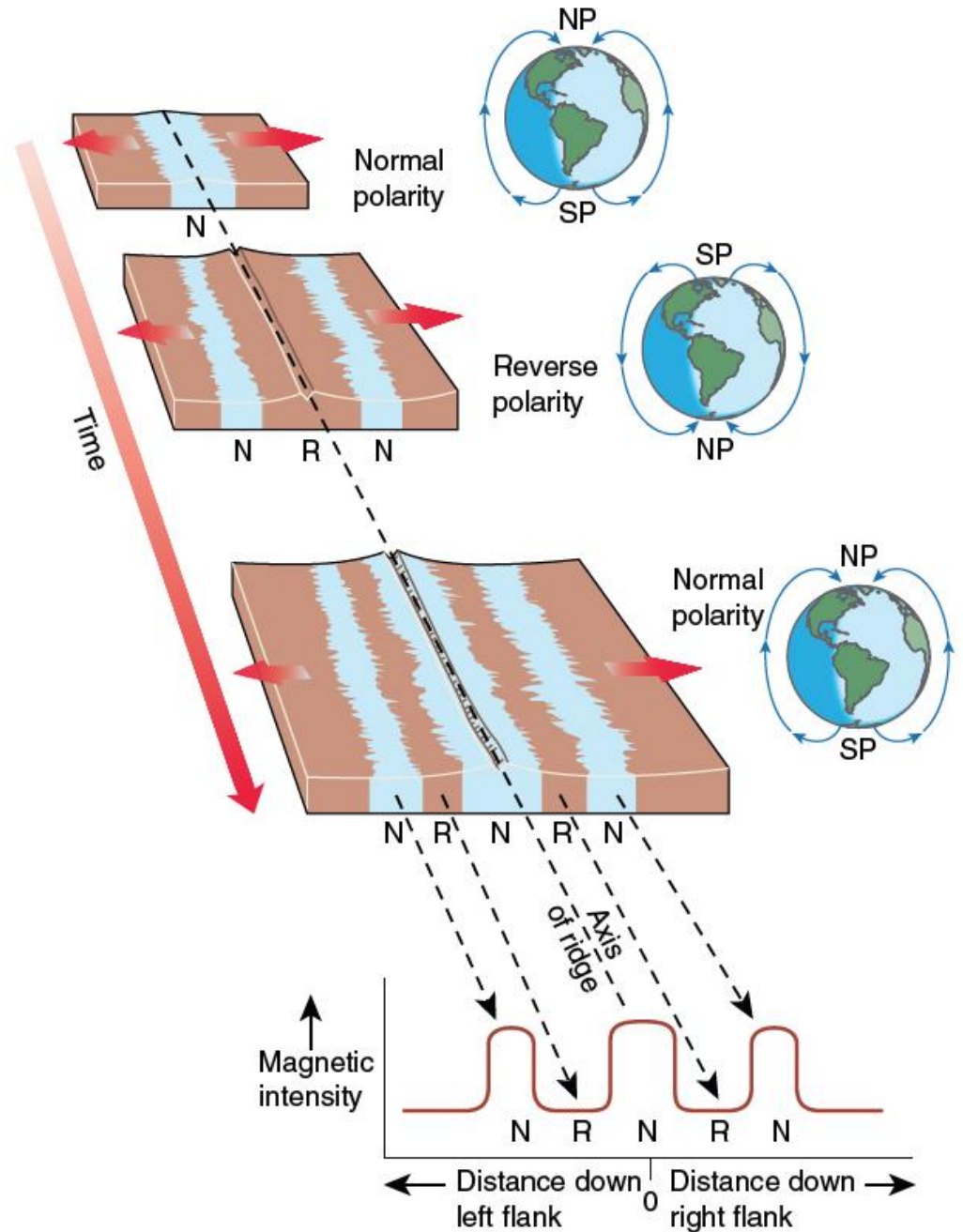
### Normal Polarity



### Reverse Polarity



(b) GEOMAGNETIC POLARITY REVERSALS

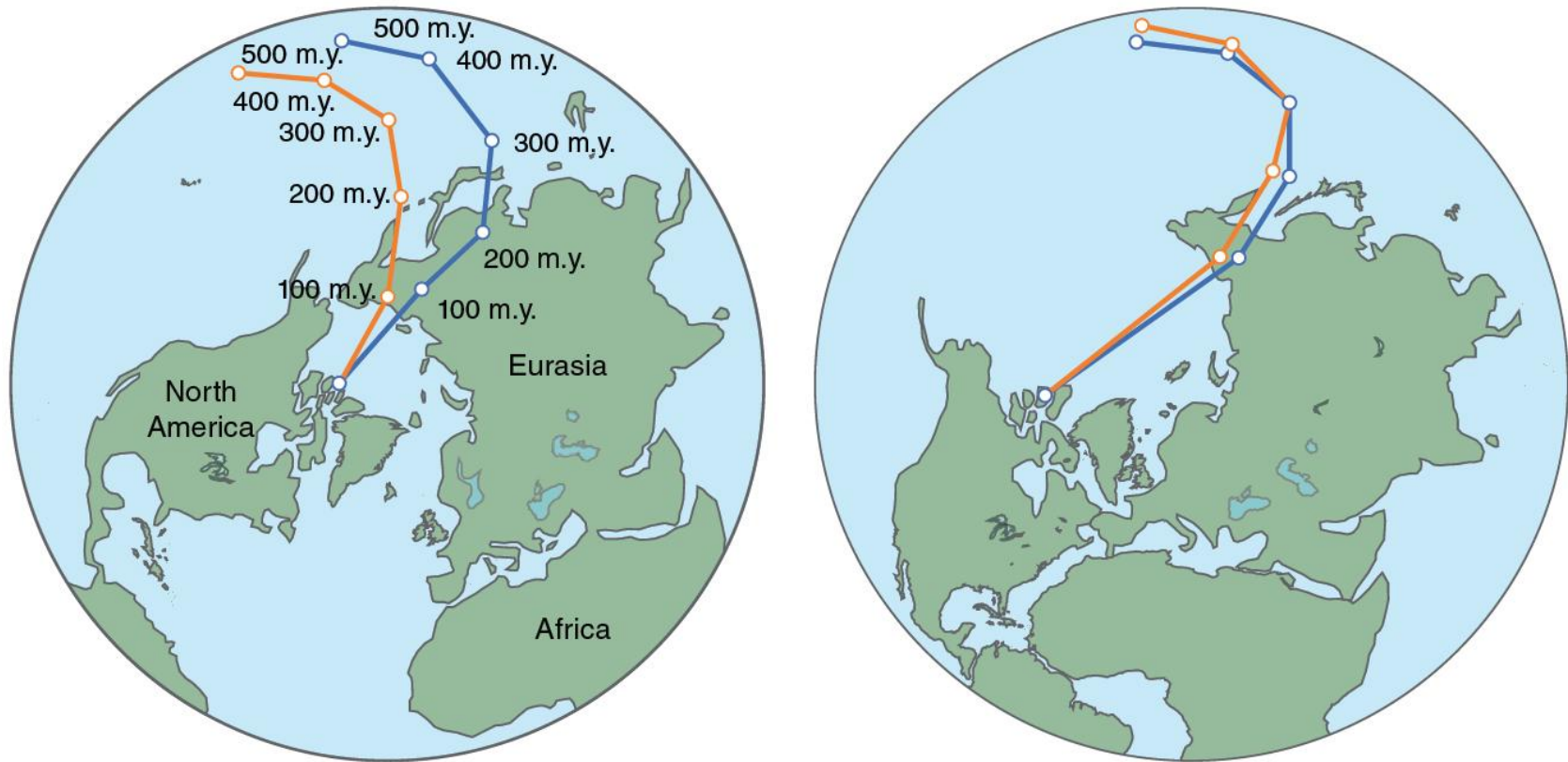


(c) MAGNETIC ANOMALY STRIPES

# MIGRAȚIA POLILOR ÎN EMISFERA NORDICĂ

MIGRAȚIA POLILOR TRASATĂ PE BAZA DETERMINĂRII POLARITĂȚII  
CÎMPULUI REMANENT DIN ROCI

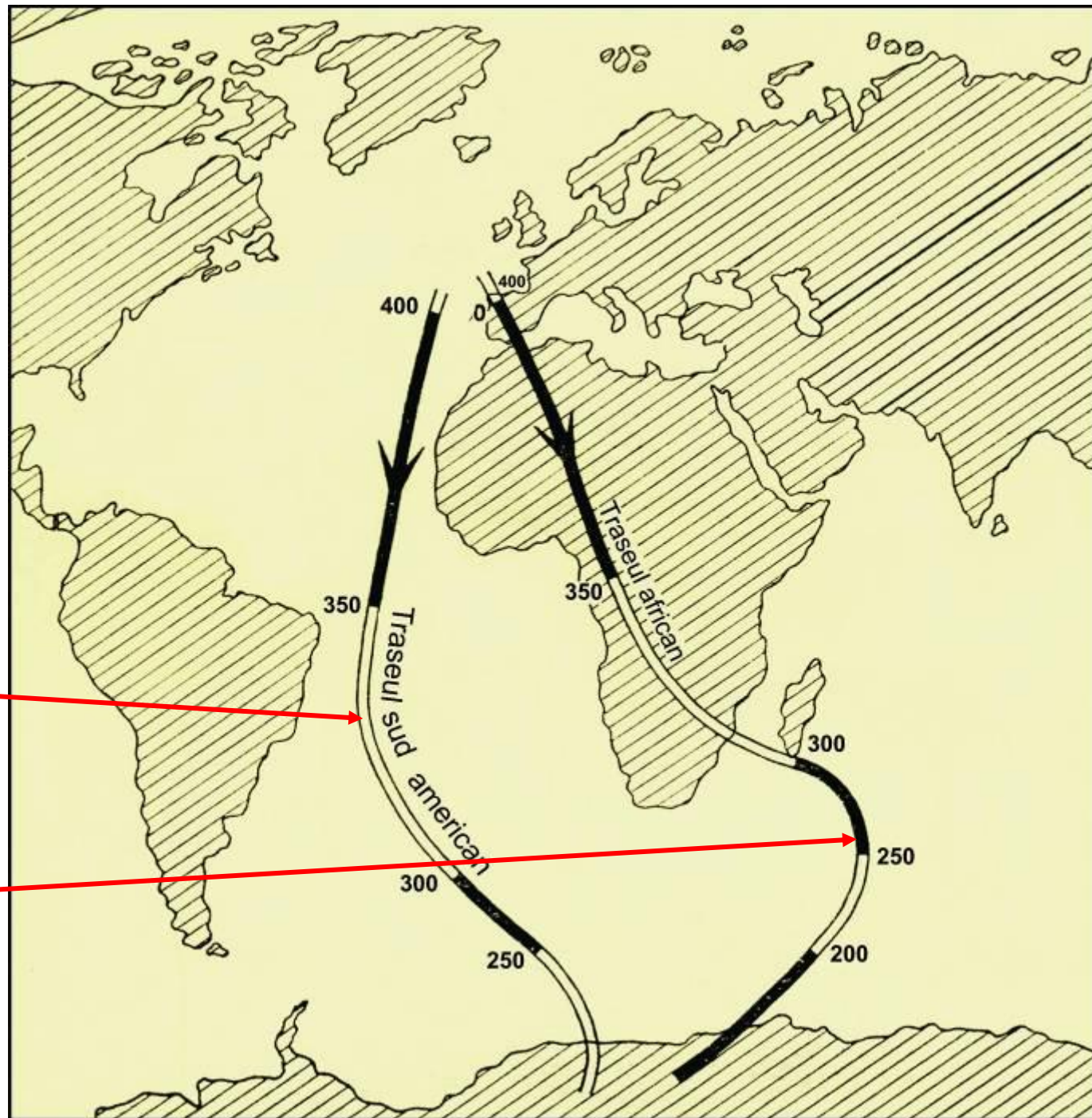
ROCILE PRELEVATE AU FOST ÎNCADRATE ÎN PREALABIL ÎN SCARA  
CRONOSTRATIGRAFICĂ, PE BAZA VÂRSTELOR TERENURILOR ANALIZATE



—○— Apparent polar wandering path for Eurasia  
—○— Apparent polar wandering path for North America

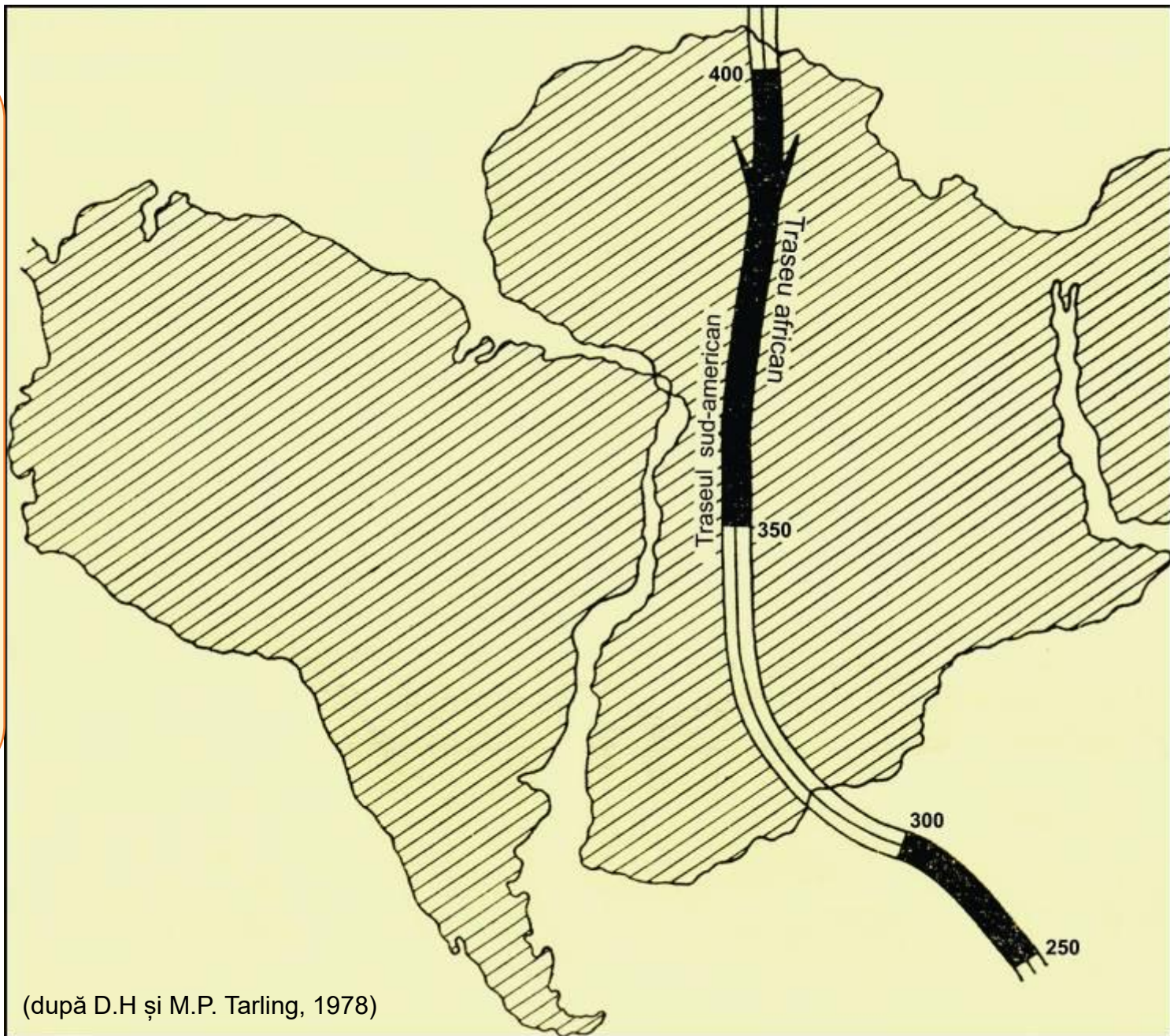
# EMISFERA SUDICĂ

**COINCIDENȚA  
MORFOLOGIEI  
TRASEULUI  
SUD-AMERICAN  
CU CEL  
AFRICAN**



(după D.H și M.P. Tarling, 1978)

**SUPRAPUNEREA  
TRASEELOR  
POLILOR  
MAGNETICI  
ȘI BAZEI  
TALUZURILOR  
CONTINENTALE,  
PRIN  
DEPLASAREA  
PLĂCILOR  
TECTONICE  
CONFORM  
DERIVEI  
CONTINENTALE**



# DETERMINAREA VITEZEI DE DESCHIDERE A OCEANELOR

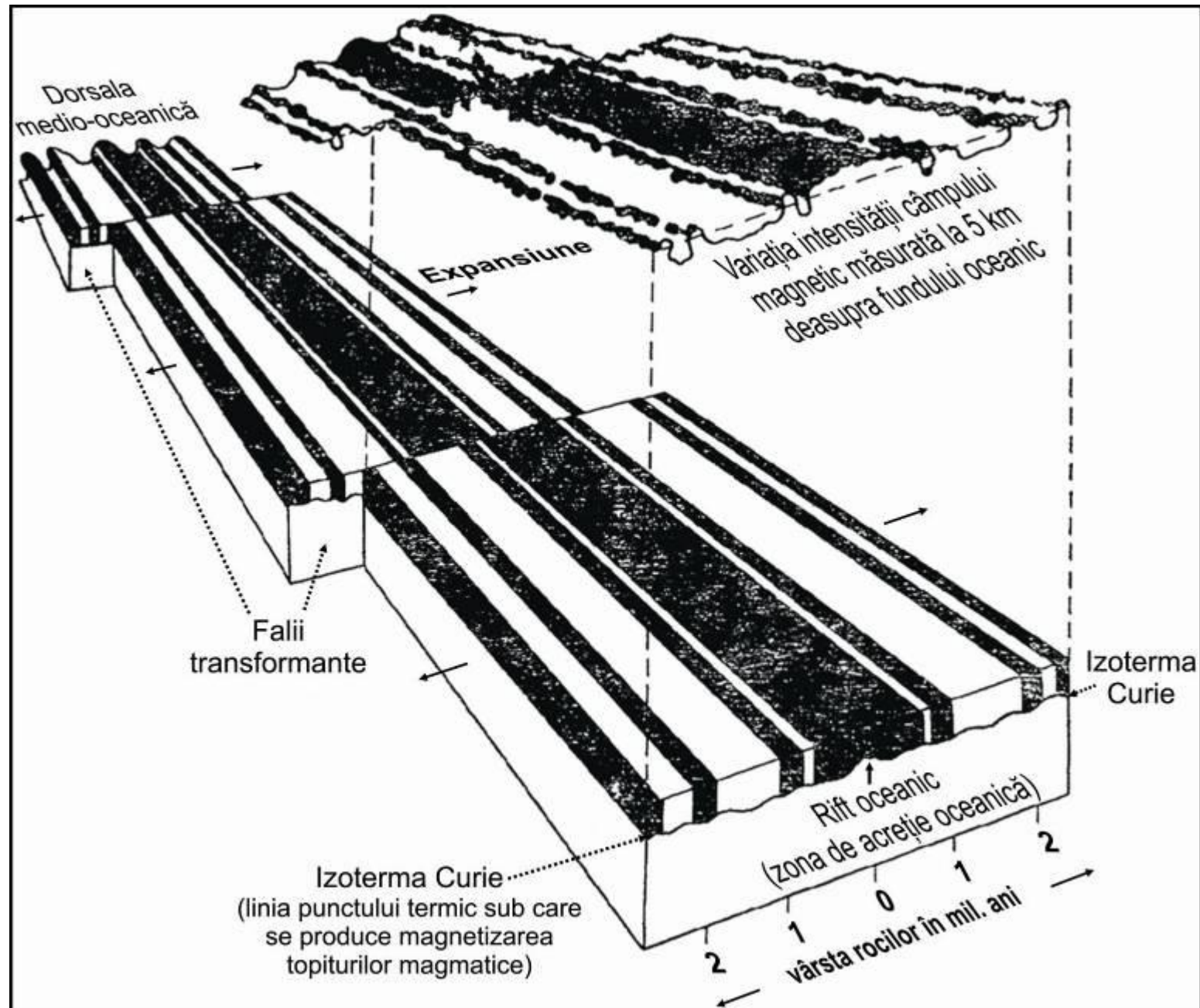
**DETERMINAREA VITEZEI DE DEPLASARE A PLĂCILOR TECTONICE.**

**SE IA ÎN CALCUL INTENSITATEA CÂMPULUI MAGNETIC:**

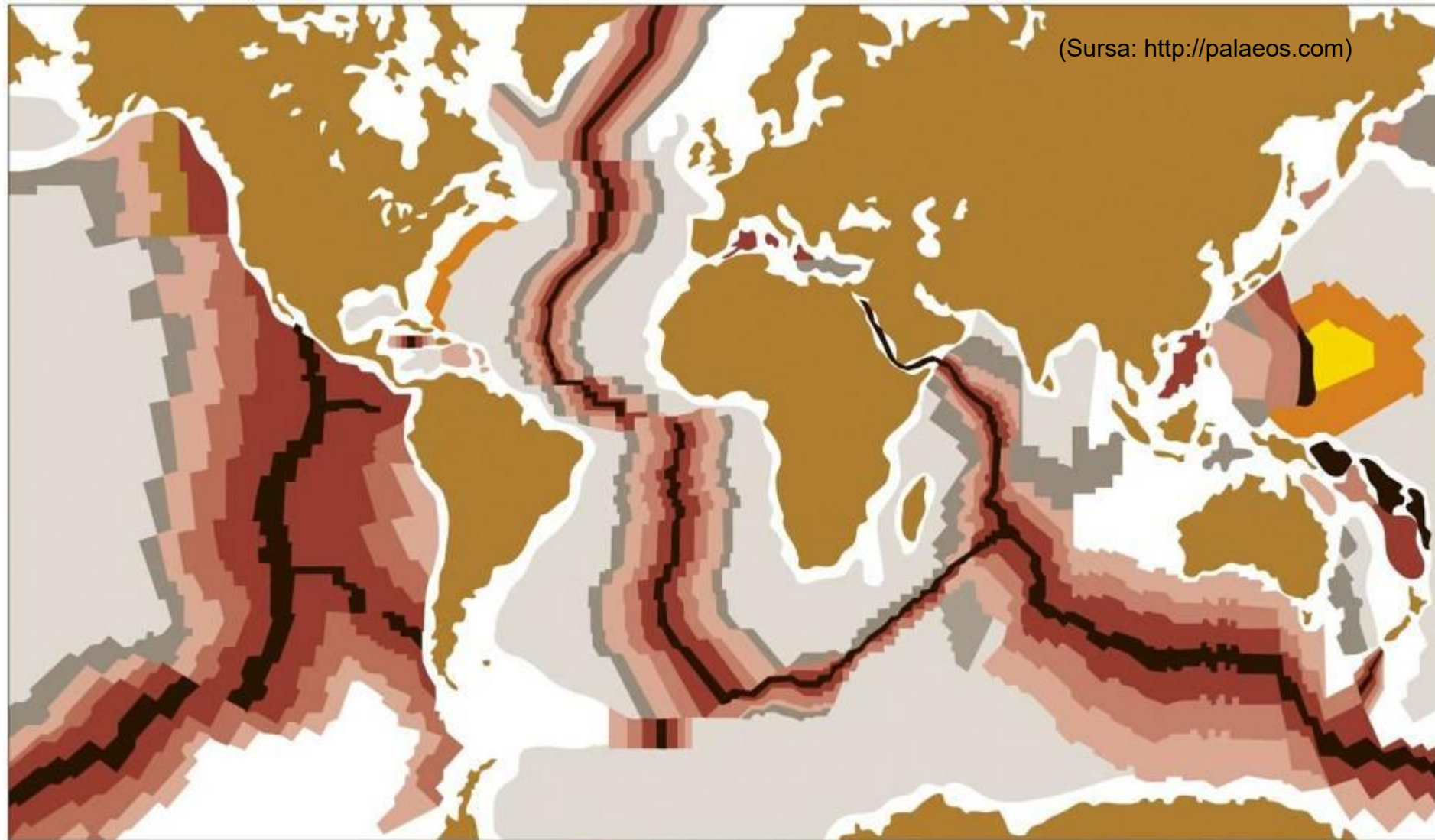
- VALORILE MARI CORESPUND ZONELE DE POLARITATE NORMALĂ;

- VALORILE MICI CORESPUND ZONELE DE POLARITATE INVERSĂ

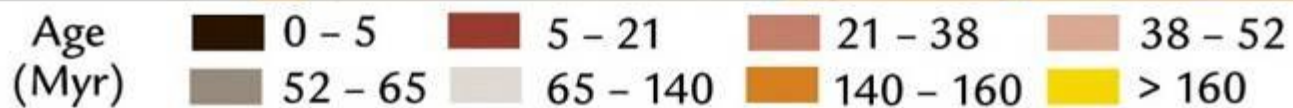
(după D.H și M.P. Tarling, 1978)



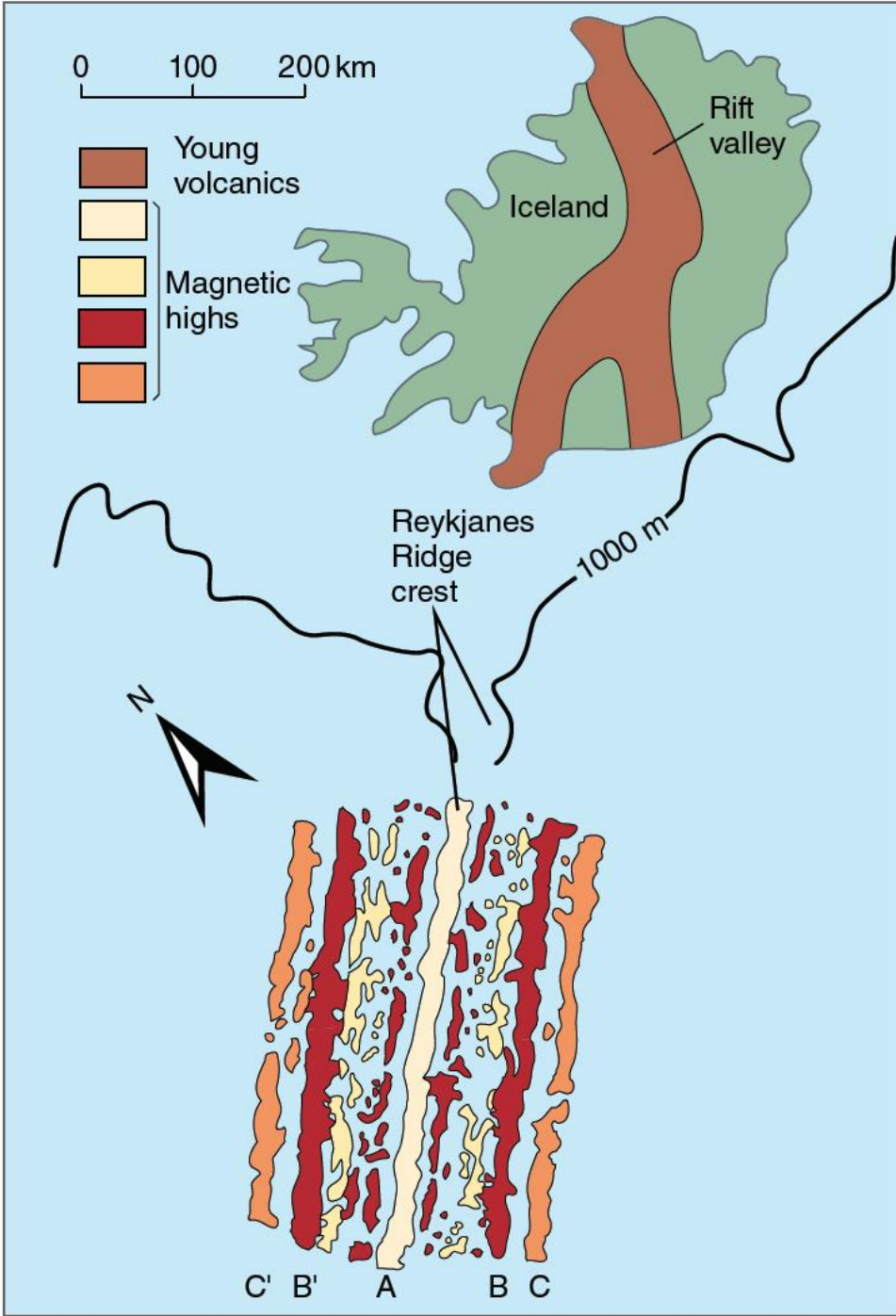
# DISPUNEREA SIMETRICĂ A ROCILOR CU VÂRSTE DIFERITE, DE LA CELE MAI TINERE ÎN ZONA RIFTULUI LA CELE VECHI SPRE FOSELE OCEANICE



(Sursa: <http://palaeos.com>)

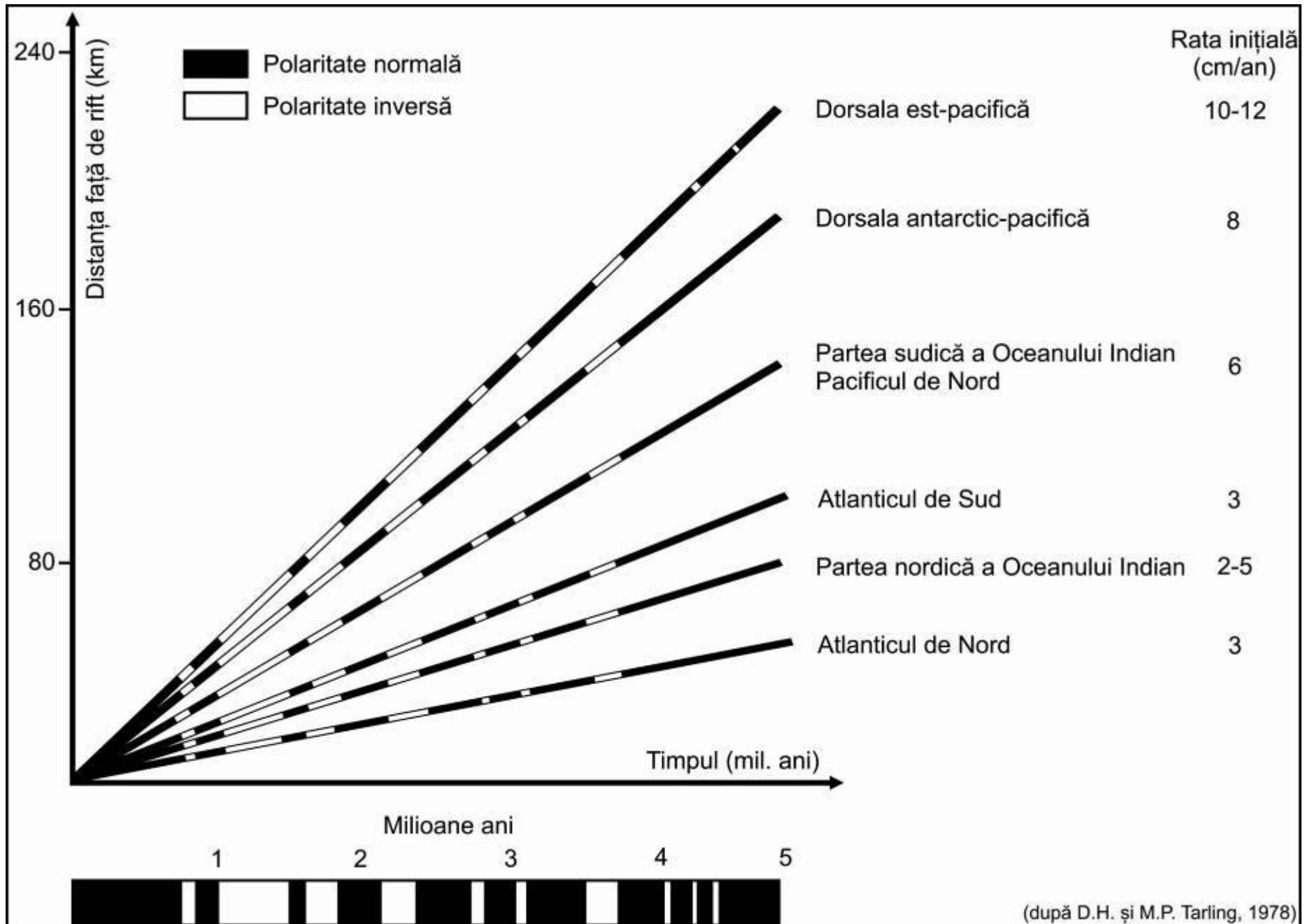


**Paleomagnetismul scoarței oceanice din Islanda (Dorsala și riftul Reykjanes)**



(după Ronald Martin, 2018. *Earth's Evolving Systems*. World Headquarters, Jones & Bartlett Learning)

# RITMUL DE DESCHIDERE A OCEANELOR ESTIMAT PE BAZA LĂȚIMII ZONELOR DE POLARITATE ȘI VÂRSTA ROCILOR CARE ALCĂTUIESC TERENURILE





## II.3. SEISMICITATEA ȘI PLĂCILE TECTONICE.

### *MARGINILE PLĂCILOR TECTONICE*

1. John Tuzo Wilson (1962) – ***stabilește limitele tecto-structurale ale plăcilor: rifturi, plane de subducție și falii transformante;***
2. McKenzie și Parker (1967) – ***Introduce termenul de placă tectonică pentru blocurile litosferice delimitate de rifturi, plane de subducție și falii transformante;***
3. Bryan Isaks, Jaks Oliver și Lynn R. Sykes (1968) – ***Definesc noțiunea de litosferă și stabilesc legăturile dintre seisme și marginile de placă;***
4. Mason – ***Describe mișcarea calotelor sferice în funcție de polii eulerieni;***
5. Xavier Le Pichon (1972) – ***Elaborează primul model global al dinamicii plăcilor tectonice, pe baza unui calcul geometric al deplasărilor calotelor pe o sferă.***

# SEISMICITATEA

**SEISMUL** – reprezintă în esență un set de oscilații ondulatorii ale scoarței terestre, desfășurate într-un timp foarte scurt, datorate eliberării bruște a unor mari cantități de energie într-un punct hipocentral.

## **CAUZE ALE ELIBERĂRII ENERGIIILOR ENDOGENE:**

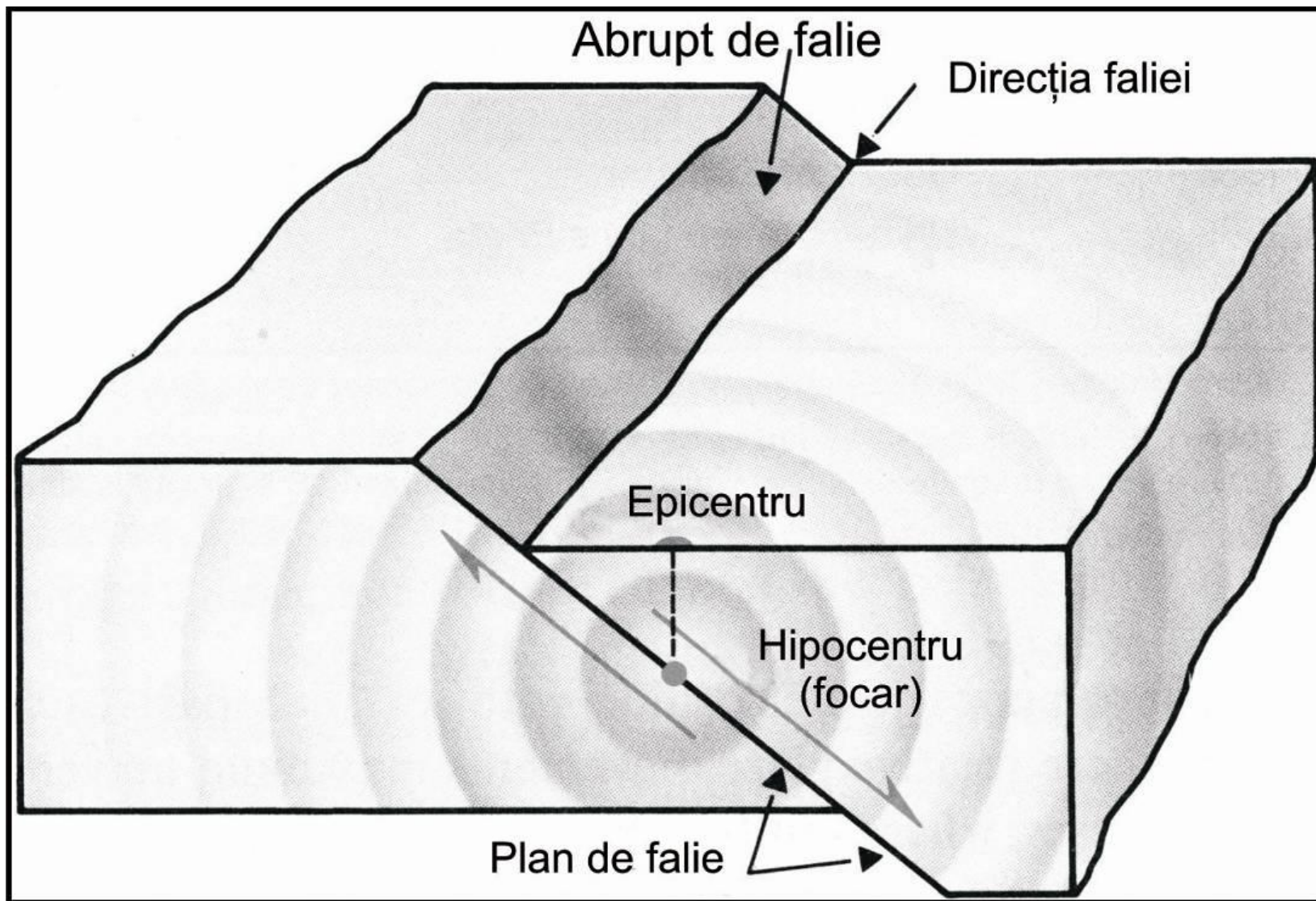
### **1. Naturale:**

- tensiunile acumulate în zonele de subducție
- tensiunile acumulate în zonele de falie
- tensiunile acumulate în zonele de rift
- erupțiile vulcanice
- prăbușirile din zonele carstice endogene

### **2. Antropice:**

- expoziile nucleare subterane

Energia declanșată în anumite puncte din interiorul Pământului, numite *focare seismice*, se transmite în masa acestuia și întreține o stare aproape permanentă de agitație și tensiune a materiei terestre. În funcție de mărimea intervalului de timp în care se eliberează energia potențială acumulată în focare și cantitatea acesteia, se produc mișcările seismice în scoarță, de intensități variabile.



# MARGINELE PLĂCILOR TECTONICE ȘI ALINIAMENTELE SEISMICE

**Macroseismele** sunt legate de activitatea seismică determinată în cea mai mare parte de mișcările geotectonice și mișcările diferențiale ale plăcilor tectonice (peste 90% din seisme), apoi activității vulcanice, prăbușirilor subterane în unele zone carstice *etc.*

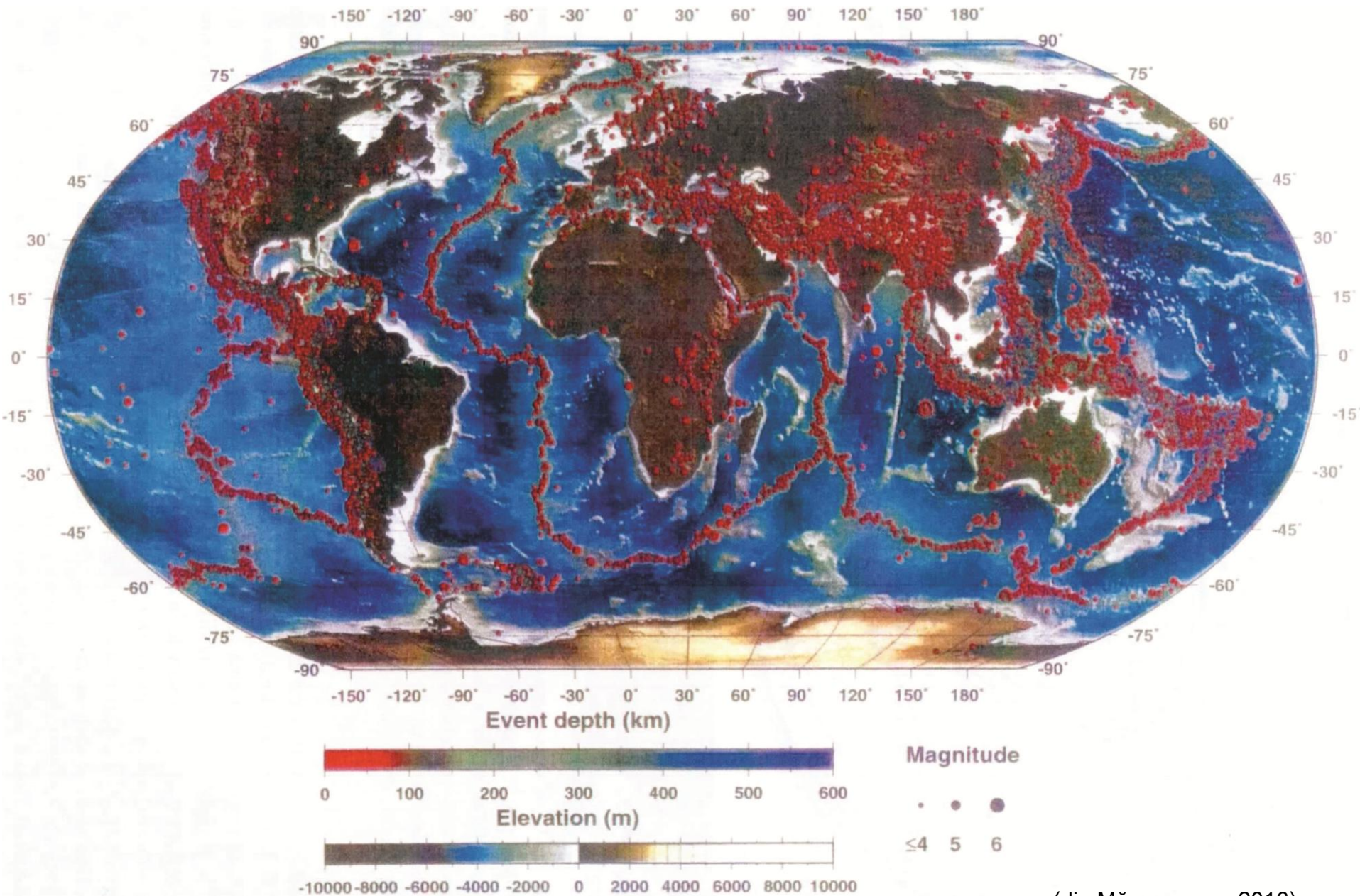
## \*MARGINELE PLĂCILOR ȘI DISTRIBUȚIA SEISMELOR TECTONICE

Există o diferență fundamentală din punct de vedere seismic între zonele de expansiune (acreție, rifturi) și zonele de subducție (de consum):

\*în zona rifturilor sunt generate *cutremure de mică adâncime* (cu focare situate până la 60 km);

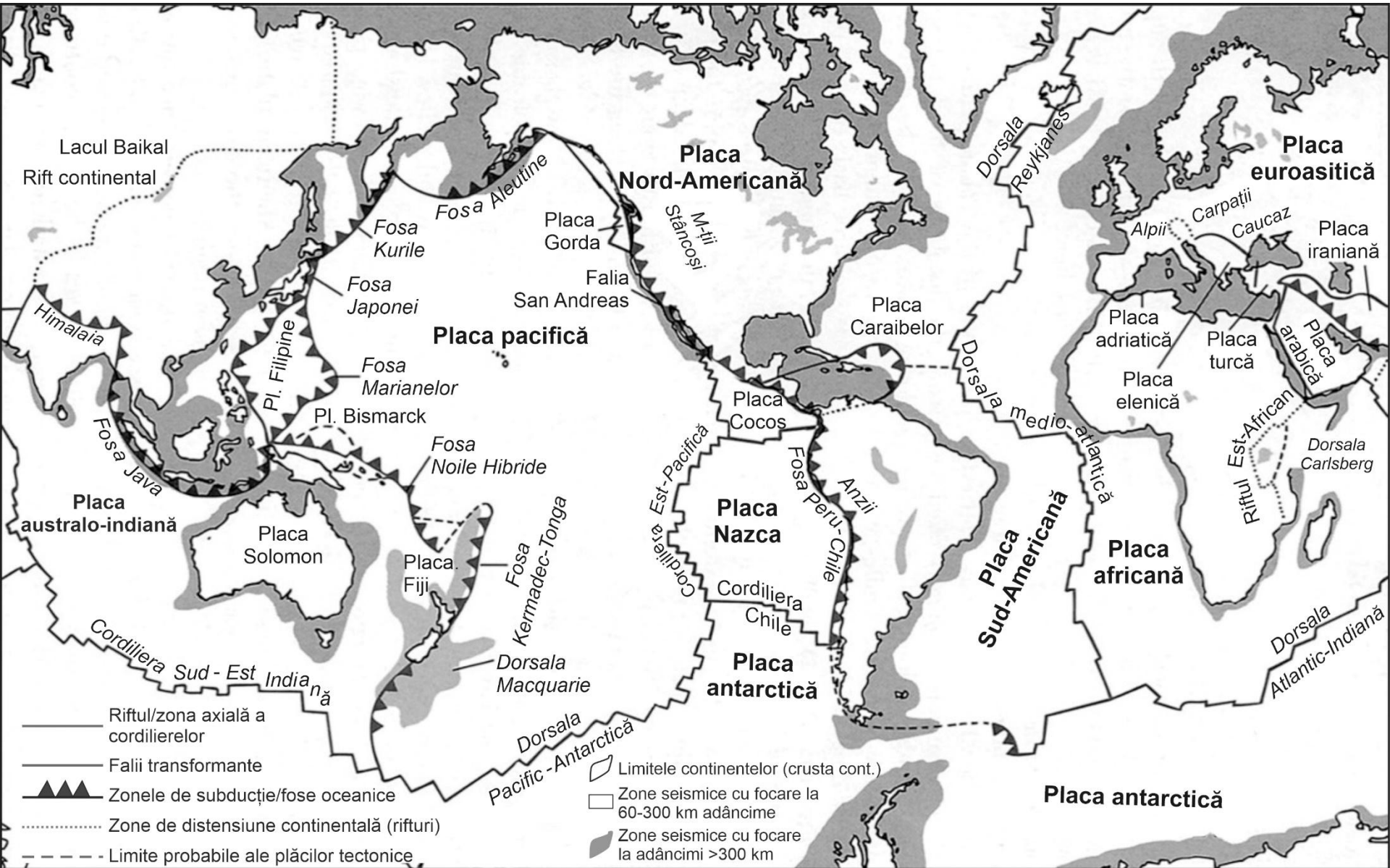
\*în zonele de subducție sunt localizate *cutremurele de adâncime mică (sub 60 km), medie (60–300 km) și mare (300–700 km)*. Sunt și o categorie de *cutremure plutonice*, cu focar localizat sub litosferă, la cca. 800 km

# ALINIAMENTELE SEISMICE – MARKERI PENTRU MARGINILE PLĂCILOR TECTONICE



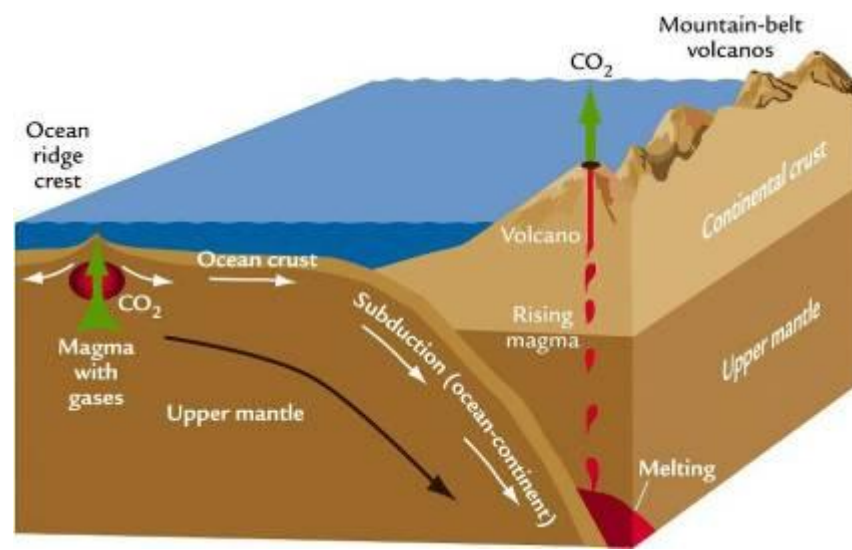
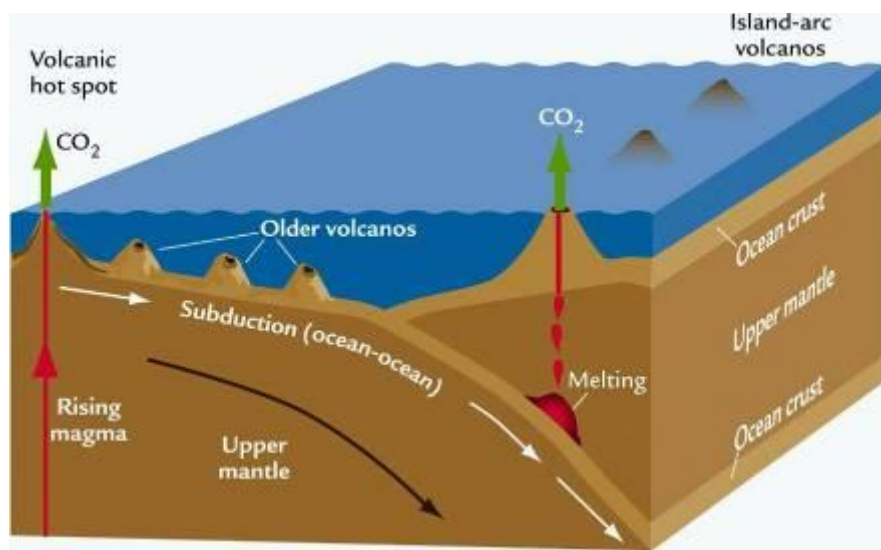
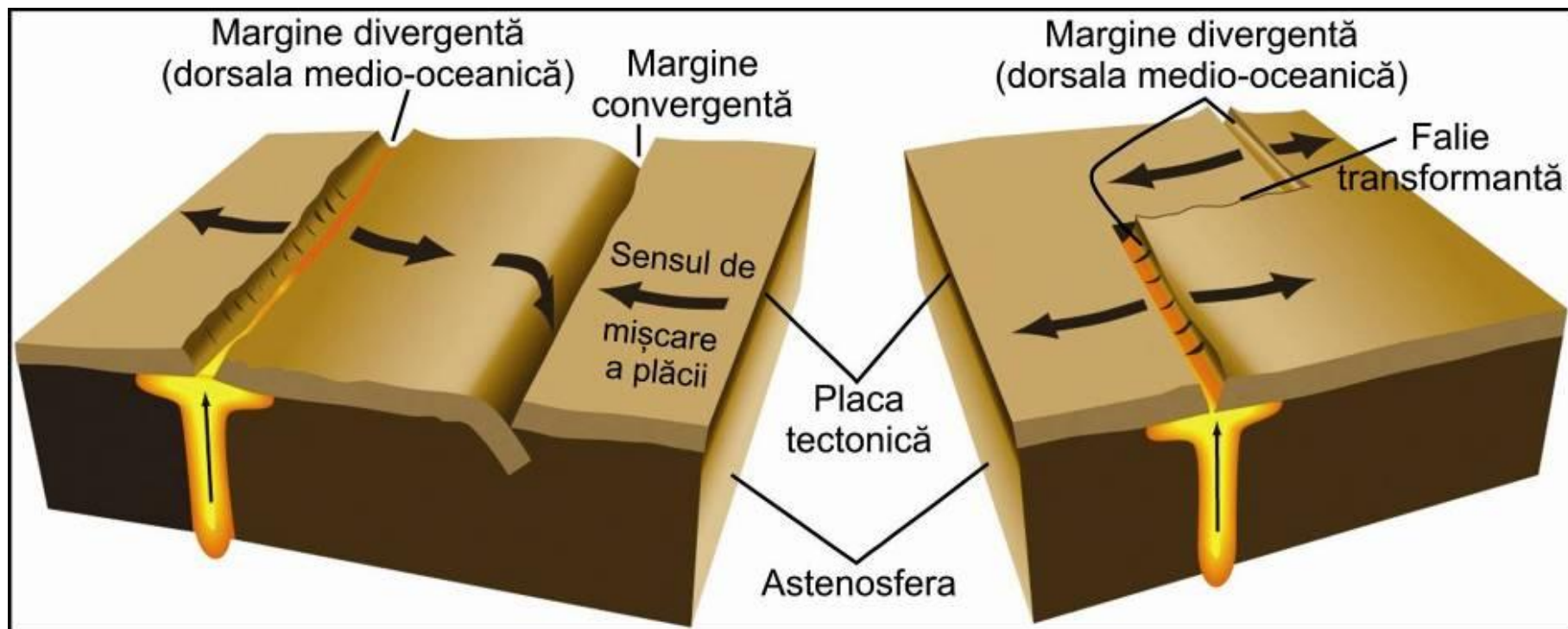
(din Mărmureanu, 2016)

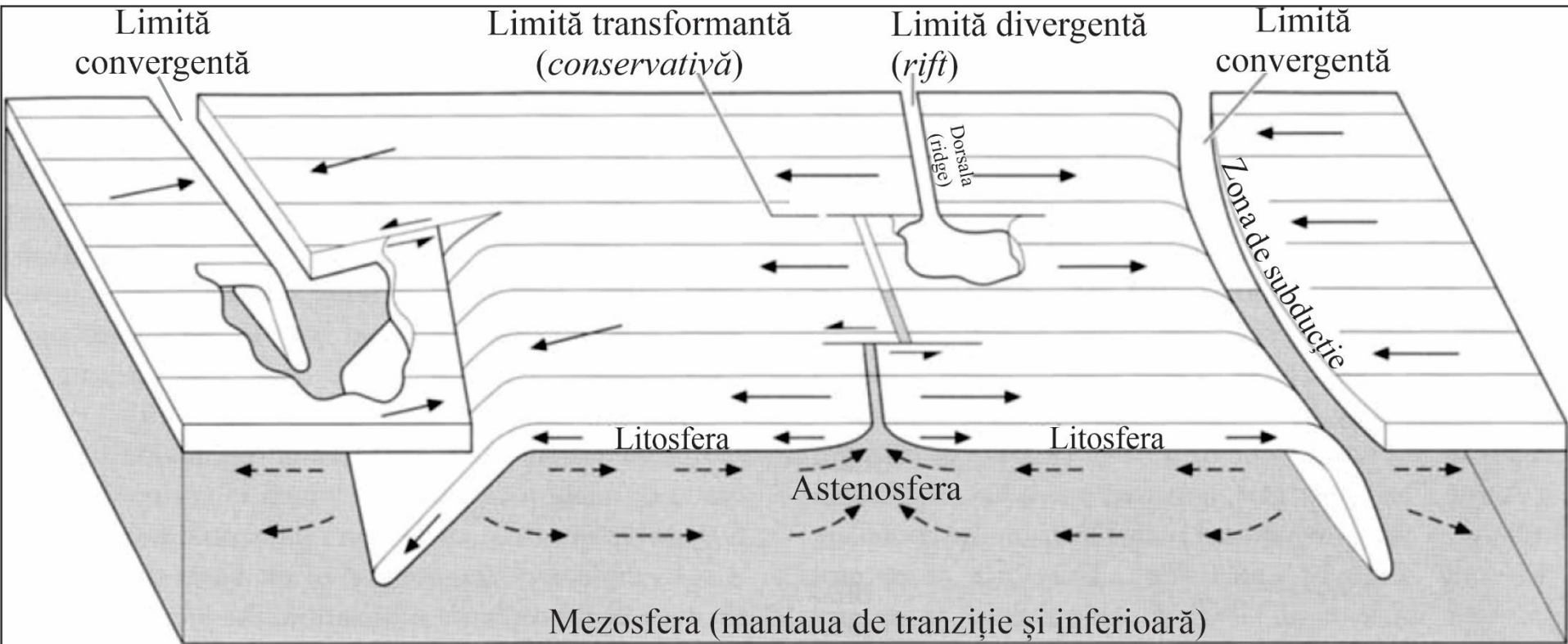
# SISTEMUL MODERN DE PLĂCI TECTONICE



(prelucrat după West T. și Shakoor A., 2018. *Geology Applied to Engineering*. WAVELAND PRESS, INC.)

# Tipurile de margini și limitele plăcilor tectonice: zonele litosferice de expansiune (acrecție), de consum (subducție) și transformante

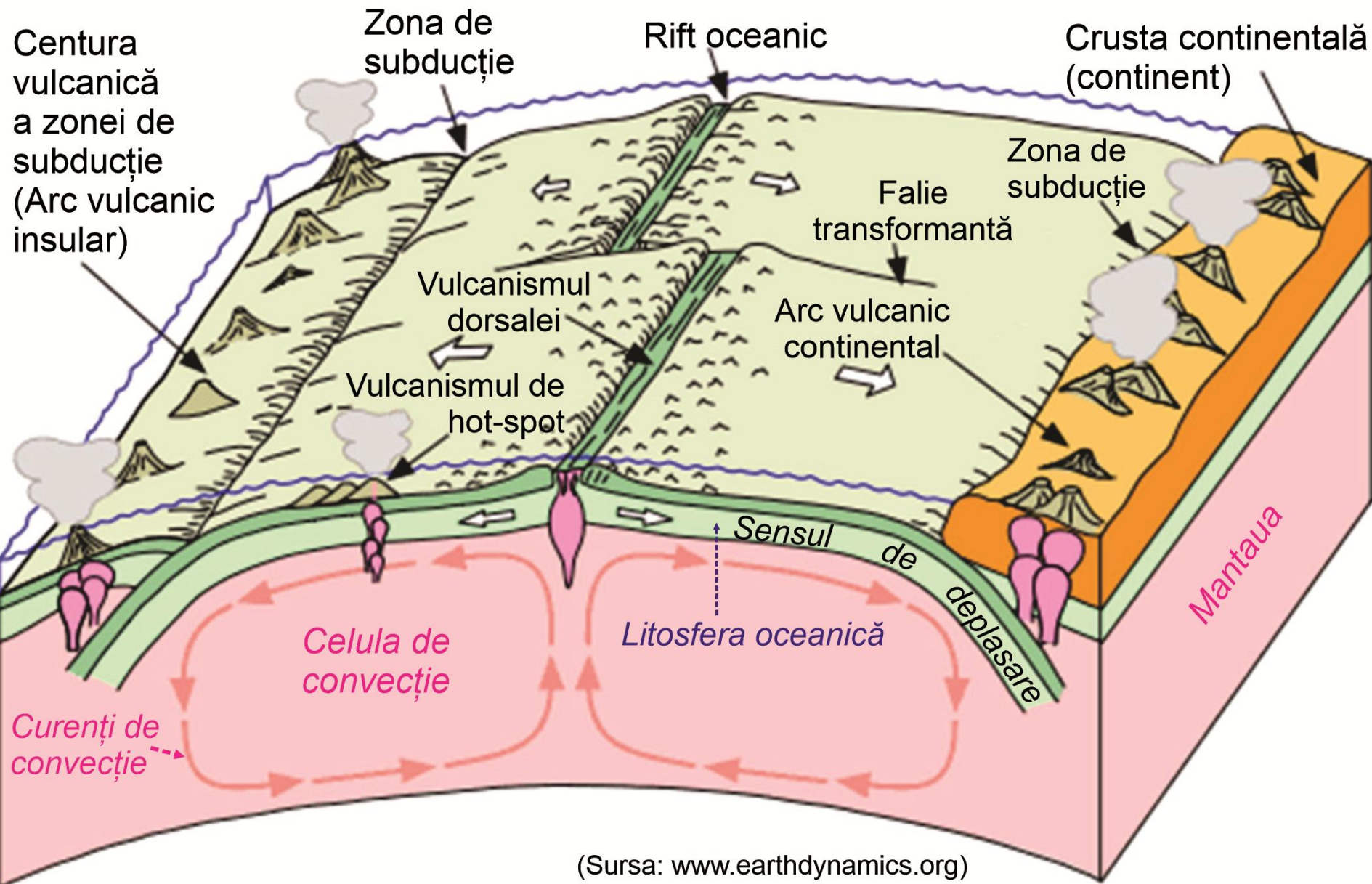




Limitele plăcilor tectonice: *divergente (rifturi)*, *convergente (plane de subducție)* și *transformante (falii transformante)* (după Kearry și Vine, 1996; Allen și Allen, 2013)

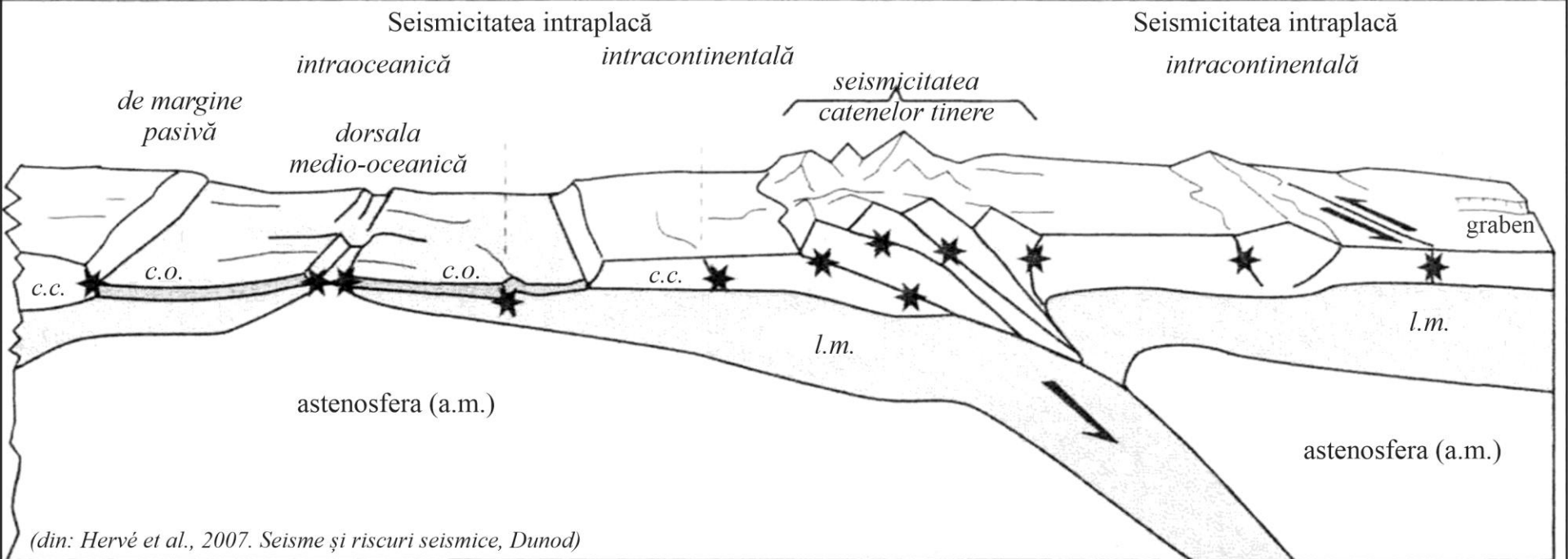
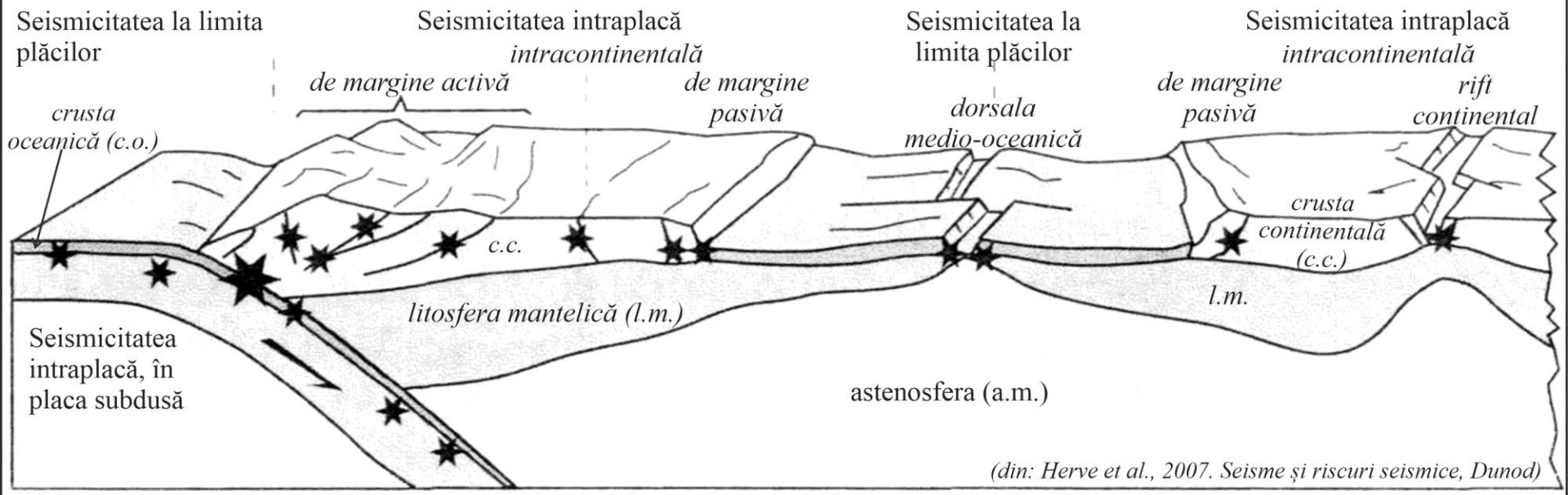
# MARGINILE PLĂCILOR TECTONICE ȘI MAGMATISMUL ASOCIAT

## DINAMICA LITOSFERICĂ

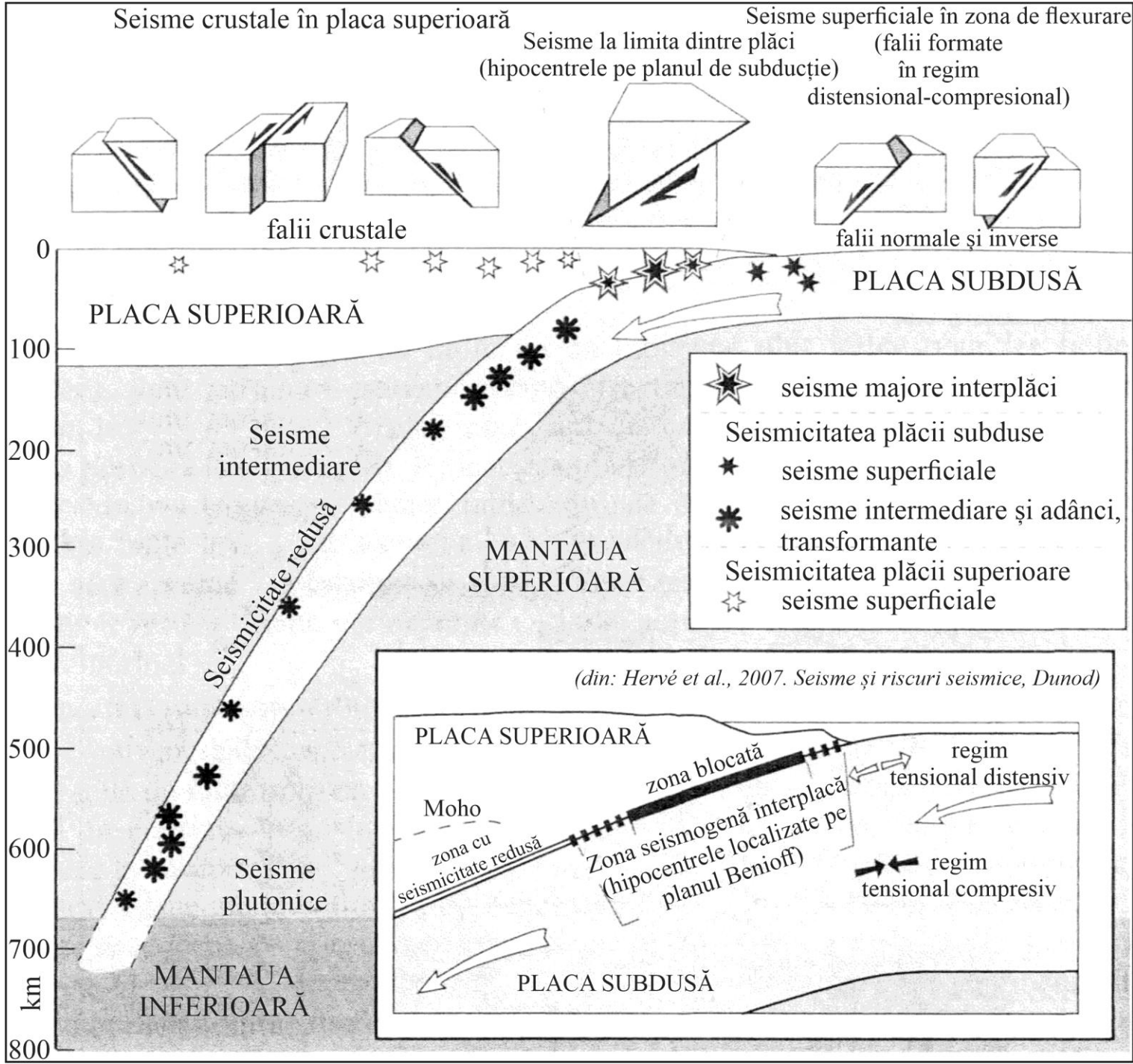


# SEISMICITATEA PLĂCILOR TECTONICE

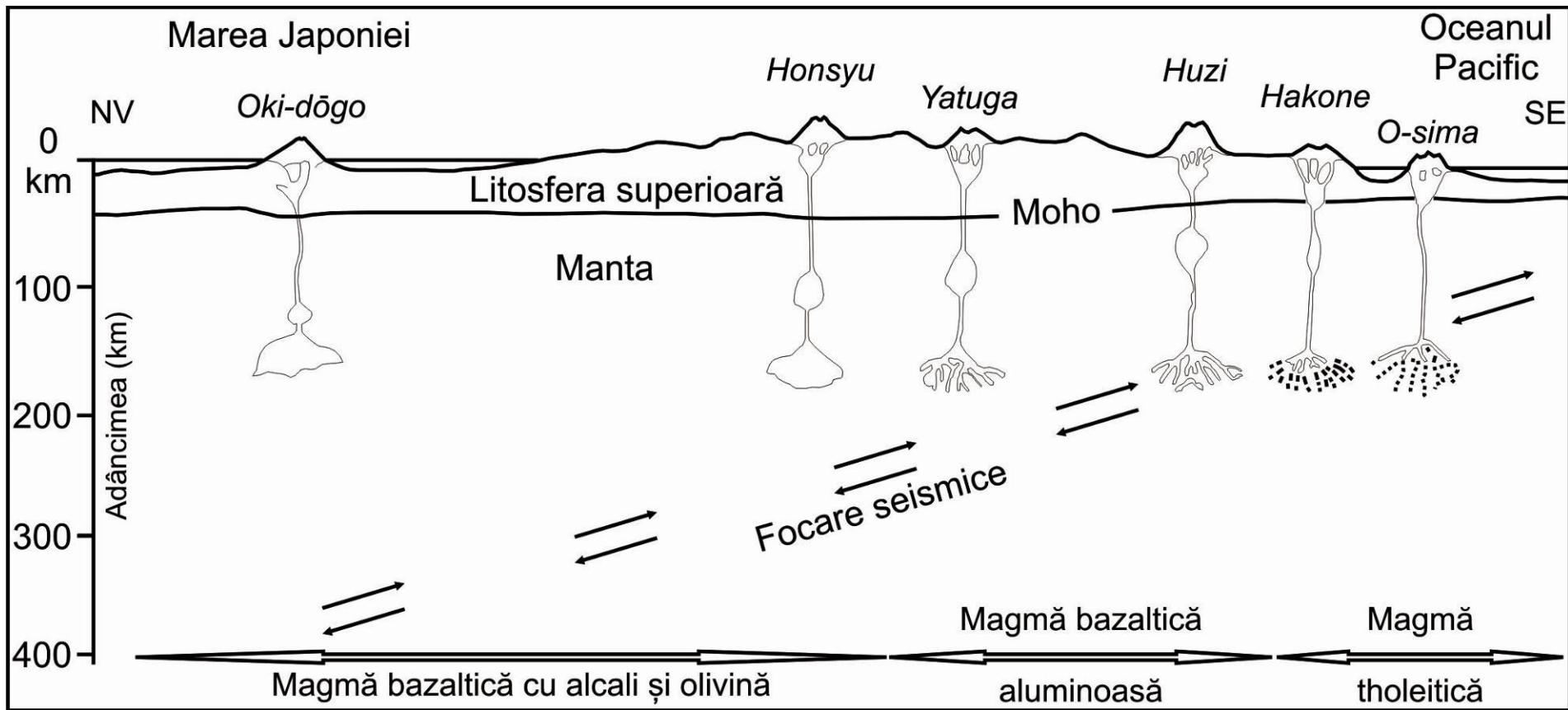
## SEISMICITATEA MARGINILOR PLĂCILOR TECTONICE ȘI INTRAPLACĂ



**MECANISMELE DE PRODUCERE A SEISMELOR LA CONTACTUL A DOUĂ PLĂCI TECTONICE**

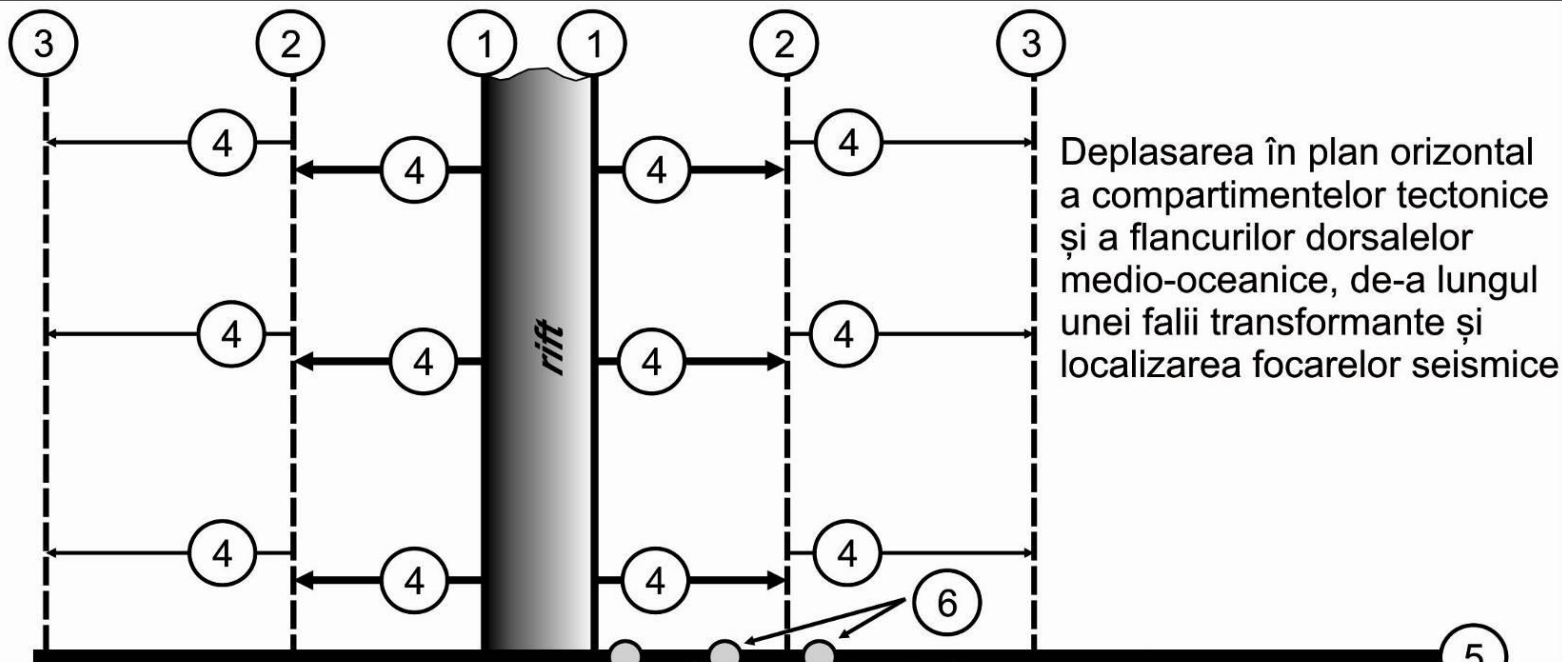


Focarelor seismice marchează planele de subducție în zonele de convergență



(după Bleahu, 1983)

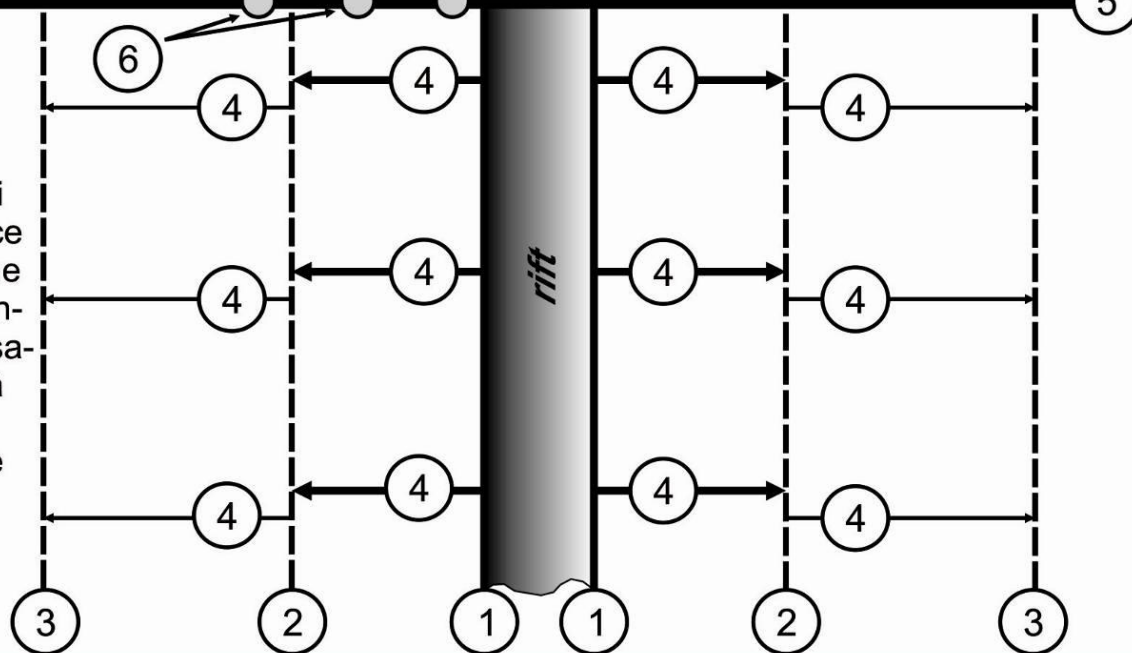
# Poziția focarelor seismice în cazul faliiilor transformante



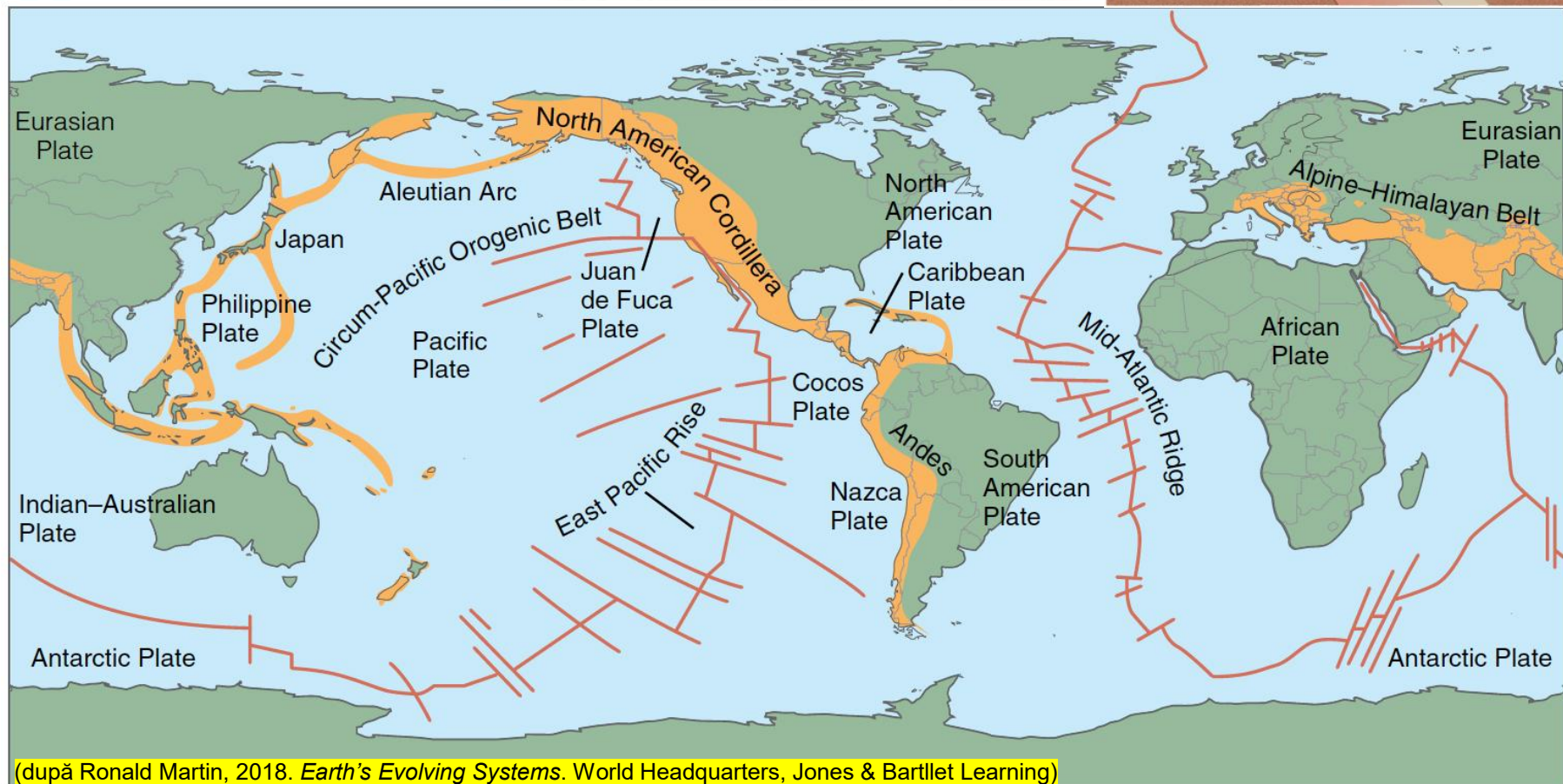
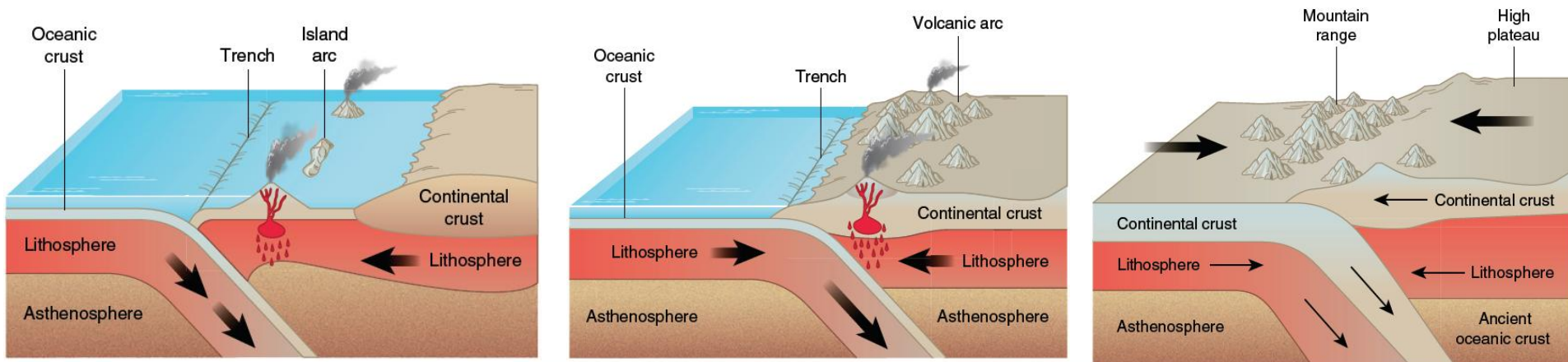
Deplasarea în plan orizontal a compartimentelor tectonice și a flancurilor dorsalelor medio-oceanice, de-a lungul unei falii transformante și localizarea focarelor seismice

- 1 - Poziția flancurilor dorsalelor medio-oceanice la un timp relativ scurt după riftare
- 2, 3 - Poziția succesivă a frontului flancurilor dorsalei medio-oceanice în timpul procesului de expansiune
- 4 - Sensul deplasării compartimentelor tectonice și a flancurilor dorsalei în raport cu falia transformantă
- 5 - Falie transformantă
- 6 - Localizarea focarelor seismice în planul faliei transformante

(după Bleahu, 1983)



# VULCANISMUL ASOCIAT MARGINILOR PLĂCILOR ȘI HOTSPOTURILOR

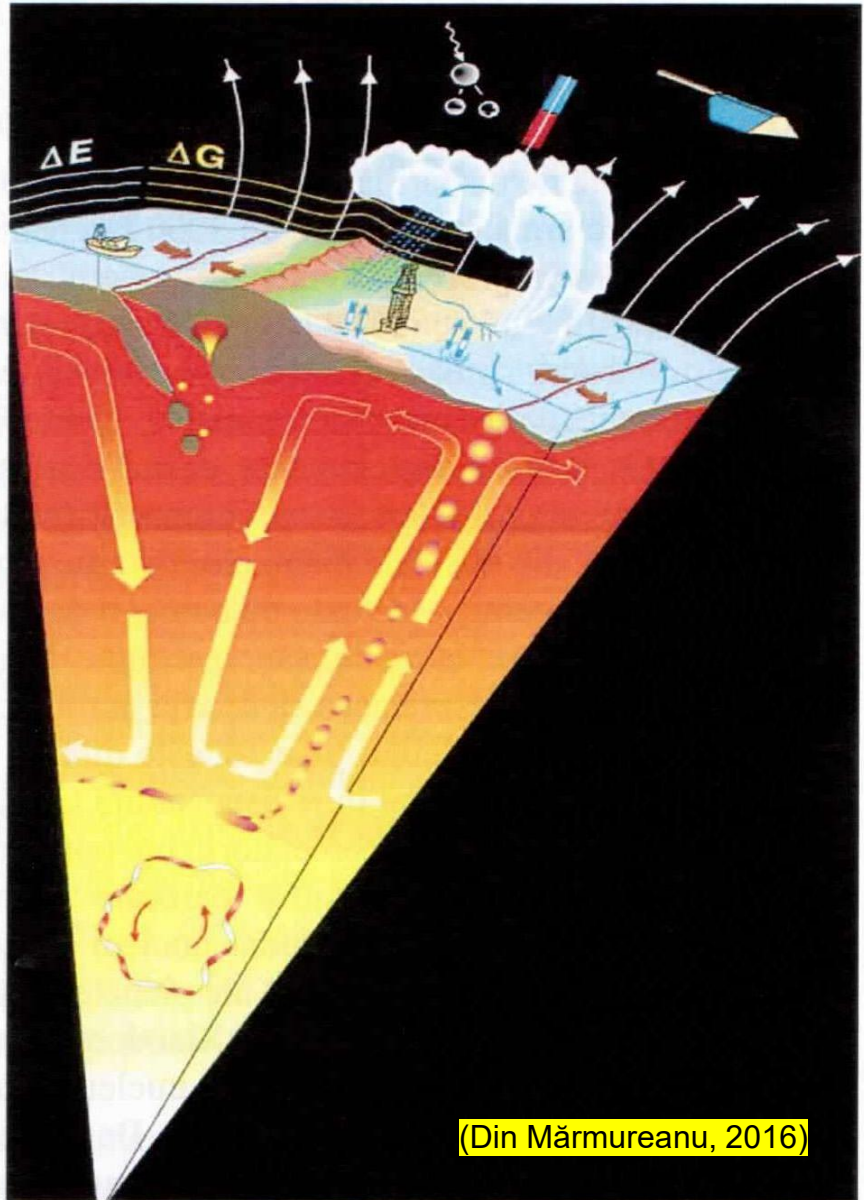
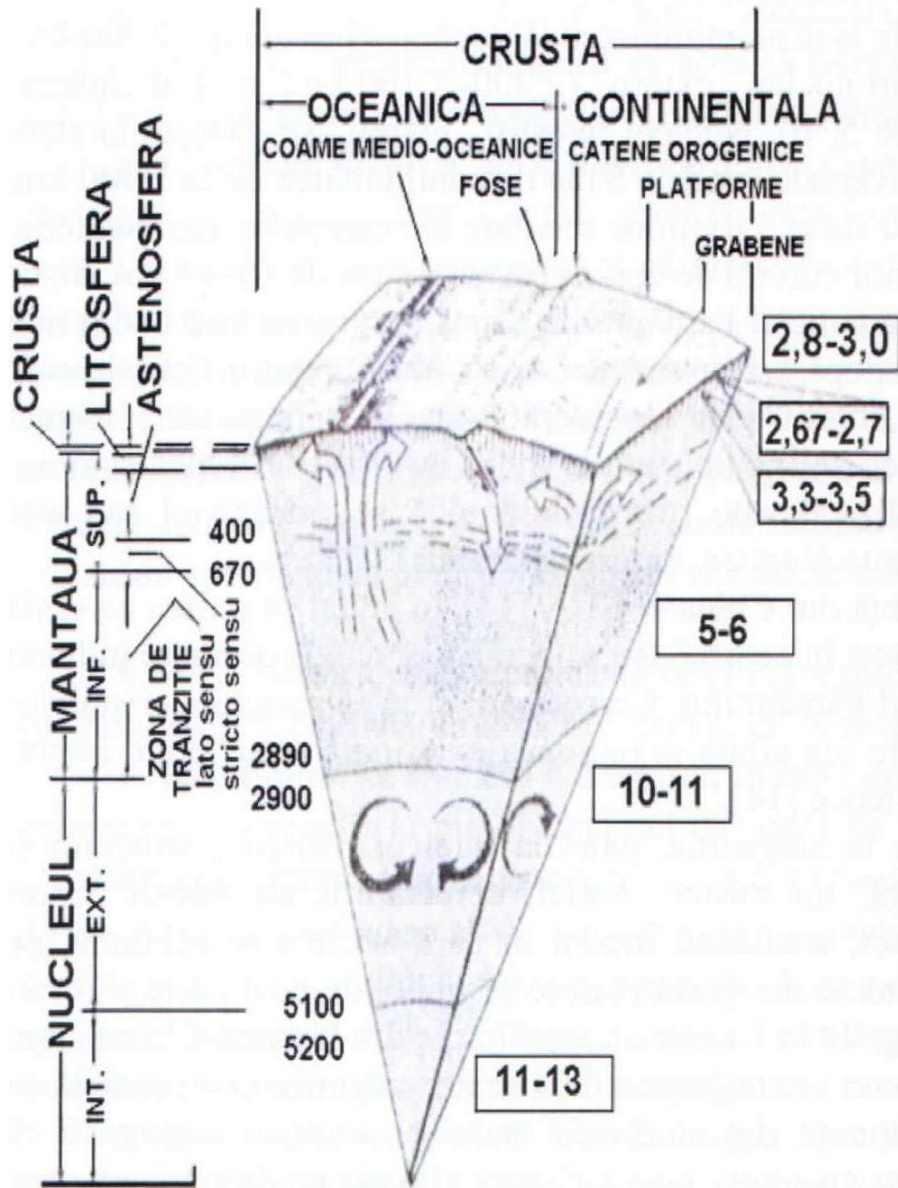


(după Ronald Martin, 2018. *Earth's Evolving Systems*. World Headquarters, Jones & Bartlett Learning)

***Faliile transformante  
care delimitează  
blocurile litosferice ale  
plăcilor americane,  
africane și euroasiatice  
care au luat naștere în  
"divergența" atlantică***



# II.4. DINAMICA LITOSFERICĂ



(Din Mărmureanu, 2016)

Secțiune în interiorul Pământului; cifrele din partea dreaptă indică densitatea în g/cm<sup>3</sup>

**SE PRODUCE TRANSFER DE ENERGIE TERMICĂ DIN ZONELE PROFUNDE (NUCELUL EXTERN – MANTAUA INFERIOARĂ) SPRE SUPRAFAȚĂ ȘI MATERIAL SOLID, DINSPRE SCOARȚĂ SPRE ZONELE PROFUNDE (LA CCA. 2900-3000 Km).**

**SE FORMEAZĂ CURENȚI DE CONVECȚIE:**

**A. ÎN ZONELE PROFUNDE, ÎN NUCLEUL EXTERN, CU VITEZE DE 10-15 Km/an. PRODUC:**

- VARIAȚIA SECULARĂ A CÂMPULUI ELECTROMAGNETIC,
- CURENȚII ELECTRICI TELURICI,
- ÎNTREȚIN CIRCUITULUI GEOLOGIC MAJOR ȘI TRANSFERUL DE ENERGIE ȘI MATERIE ÎN CIRCUITUL GEOLOGIC GLOBAL.

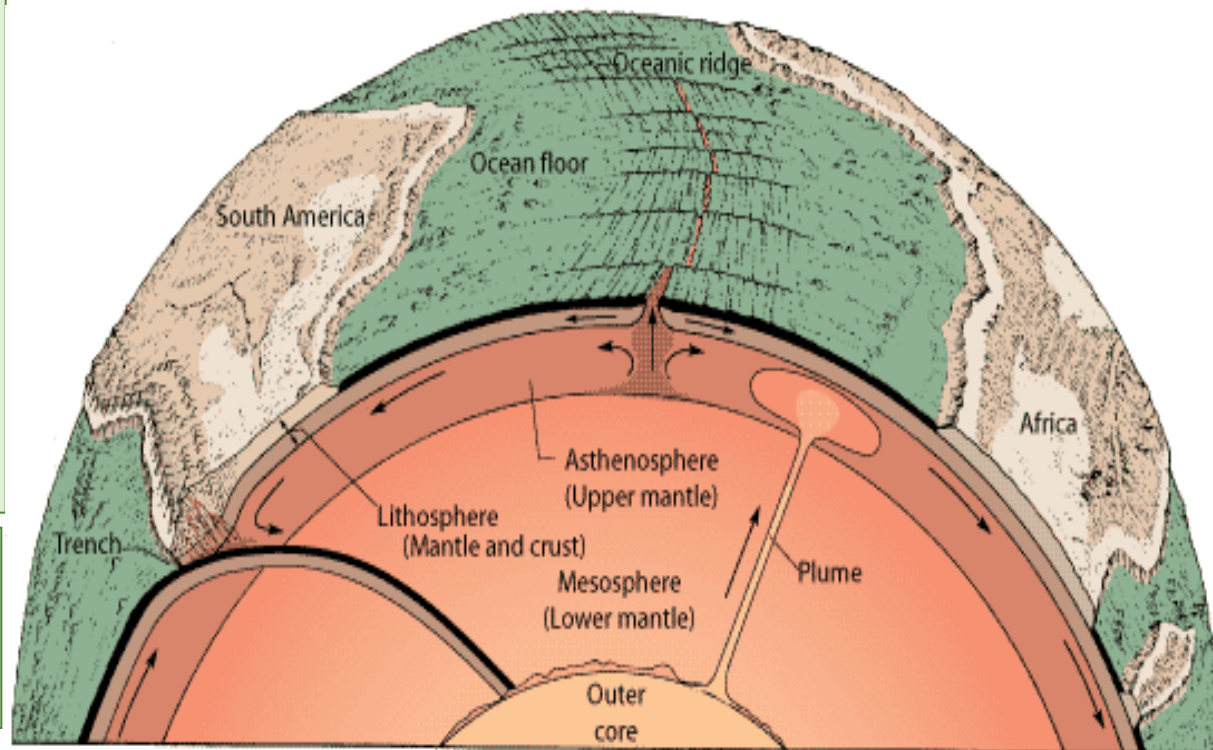
### **B. ÎN ASTENOSFERĂ**

*(100-400 Km adâncime).*

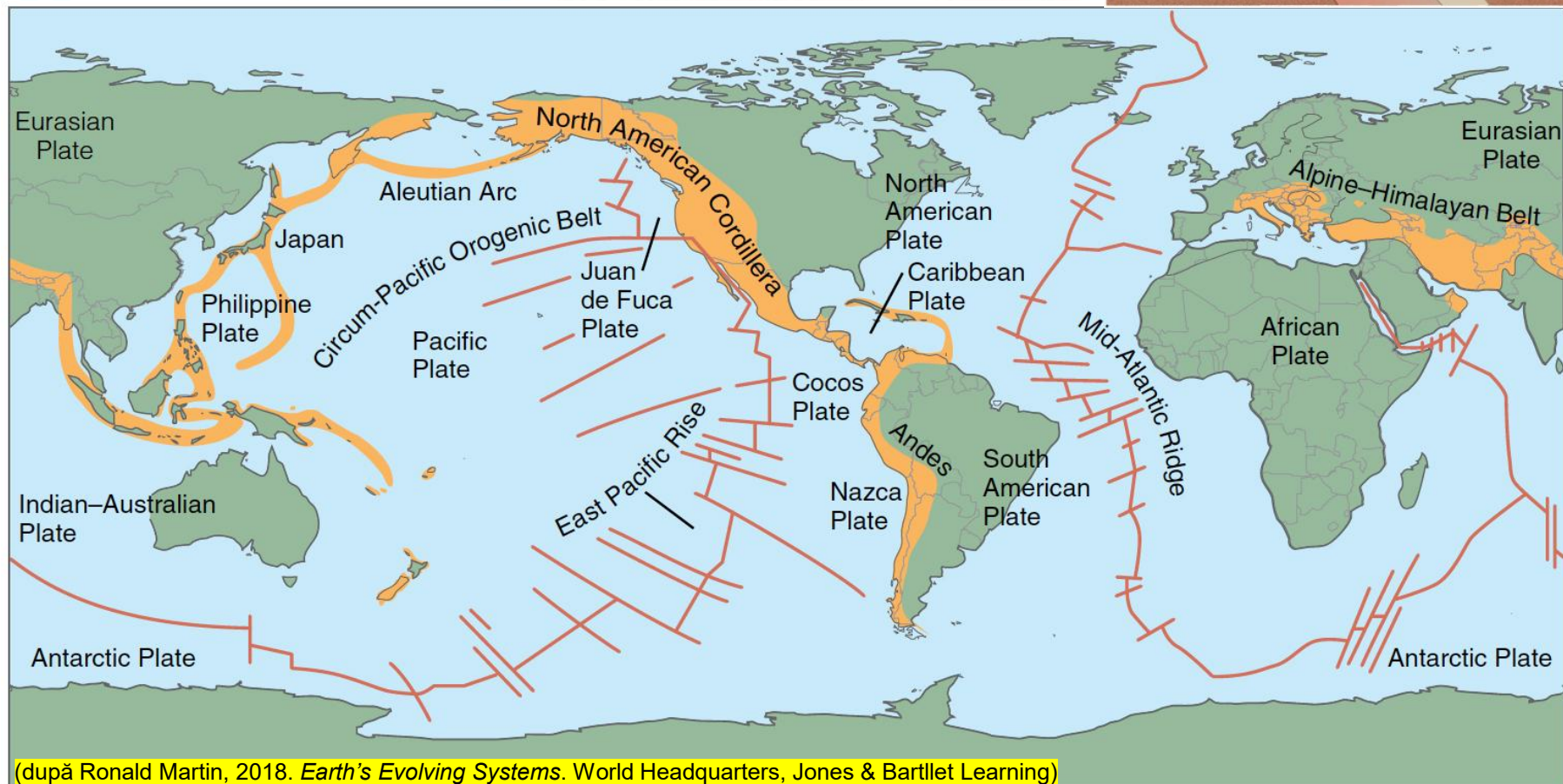
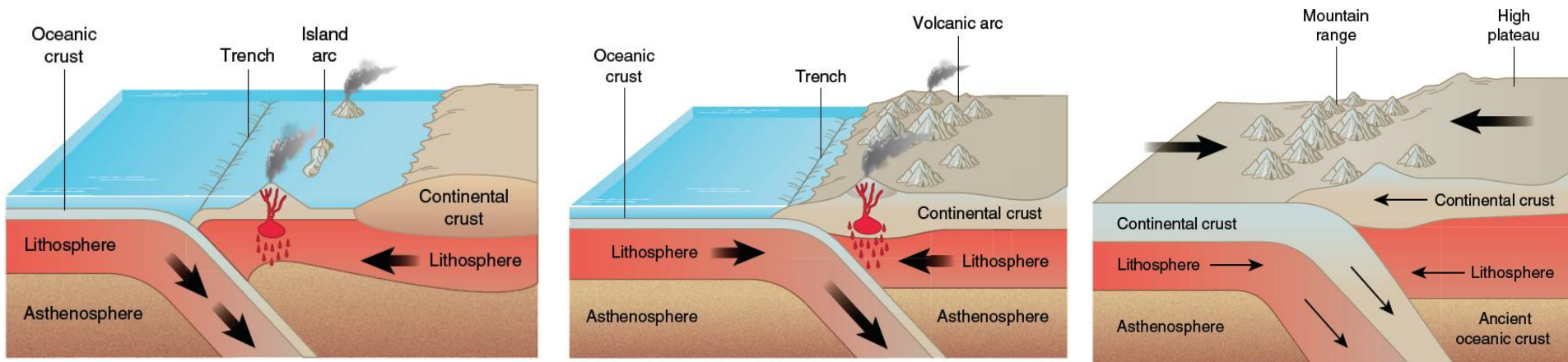
- REPREZINTĂ "MOTORUL" DINAMICII LITOSFERICE,
- ÎNTREȚIN CIRCUITUL GEOLOGIC LITOSFERIC,
- FORMAREA RELIEFULUI DE ORDINUL I: BAZINE OCEANICE, MARGINI CONTINENTALE ȘI CONTINENTE

### **C. CONSTITUȚIA PLĂCILOR TECTONICE**

1. Sc. continentală - Sc. oceanică
2. Sc. oceanică
3. Sc. continentală

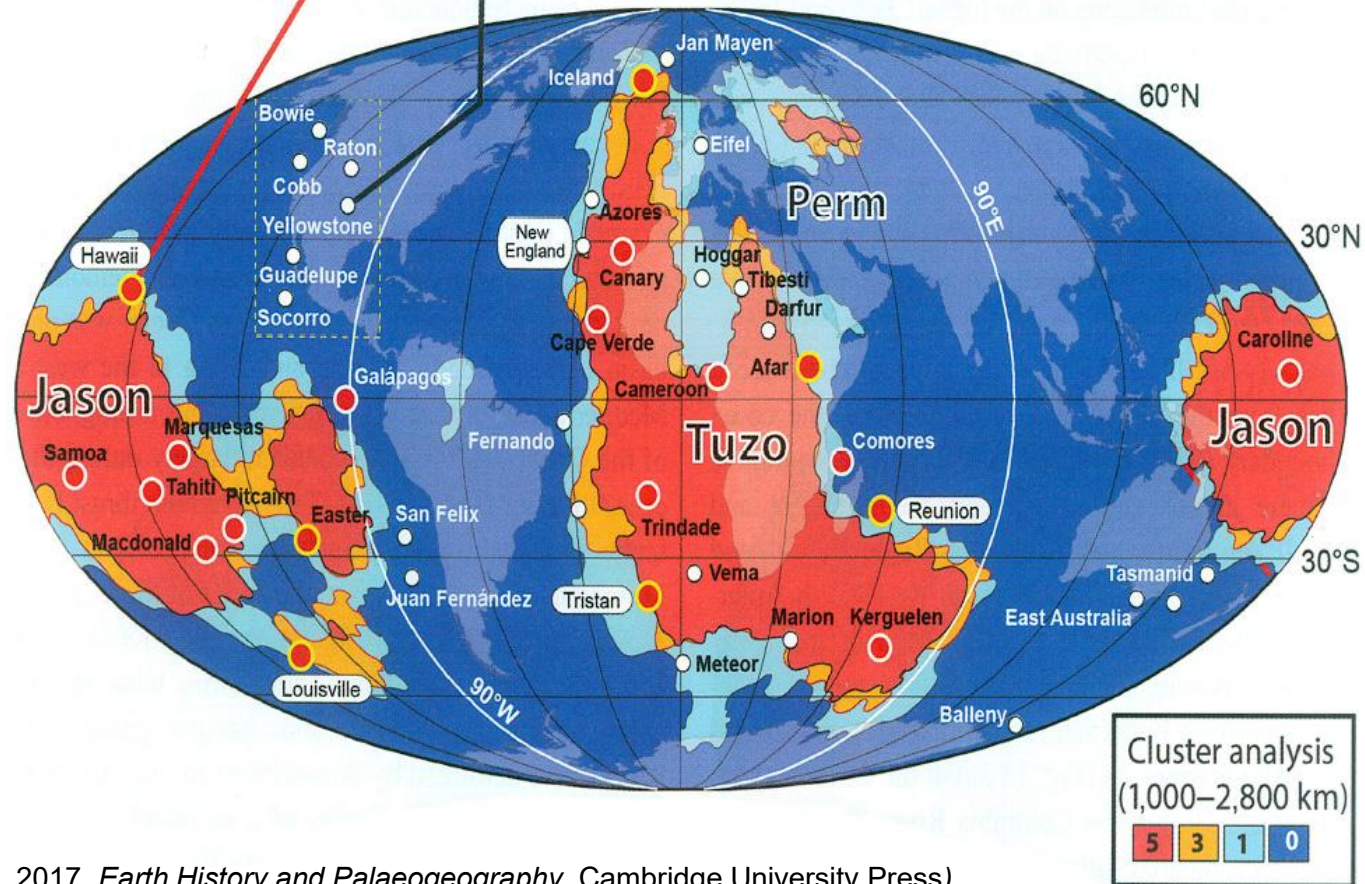
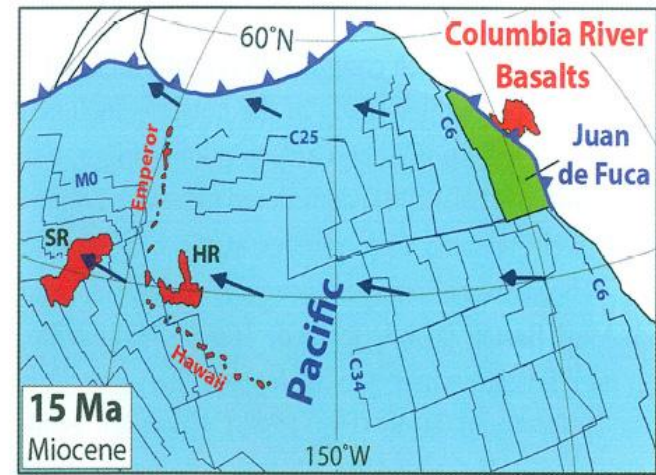
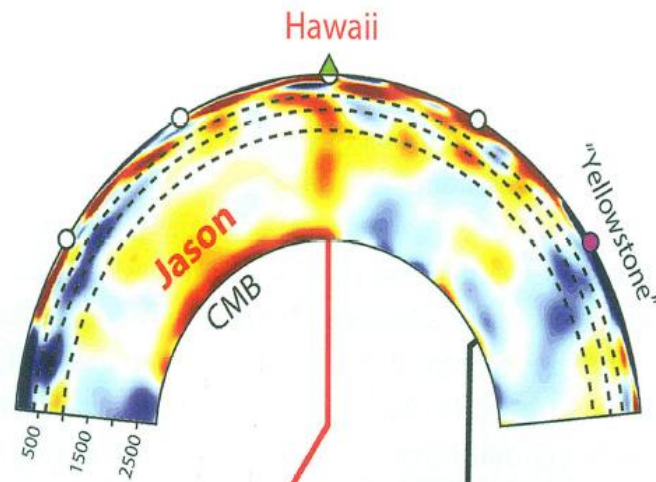


# VULCANISMUL ASOCIAT MARGINILOR PLĂCILOR ȘI HOTSPOTURILOR



(după Ronald Martin, 2018. *Earth's Evolving Systems*. World Headquarters, Jones & Bartlett Learning)

**POZIȚIA ÎN PALEOGEN  
A HOTSPOTULUI  
HAWAIIAN ȘI  
A REGIUNII  
YELLOWSTONE ÎN  
RAPORT CU  
PROVINCIILE  
PROFUNDE DE MICĂ  
VITEZĂ A UNDELOR  
SEISMICE (S)**



(Sursa: Torsvik Trond & Cocks Robin, 2017. *Earth History and Palaeogeography*. Cambridge University Press)

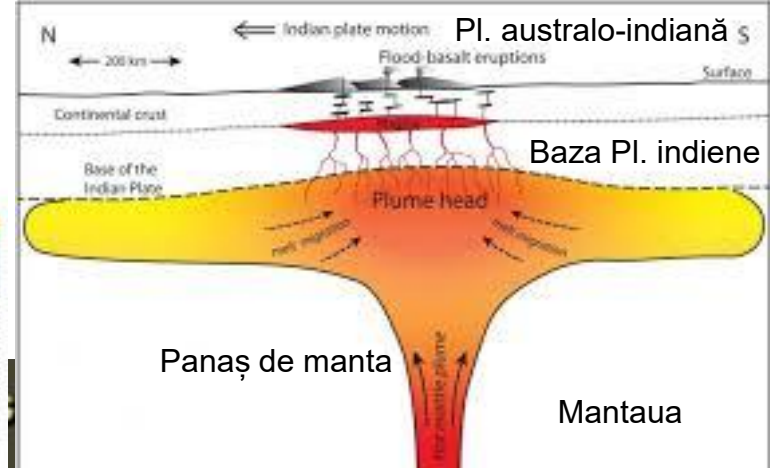
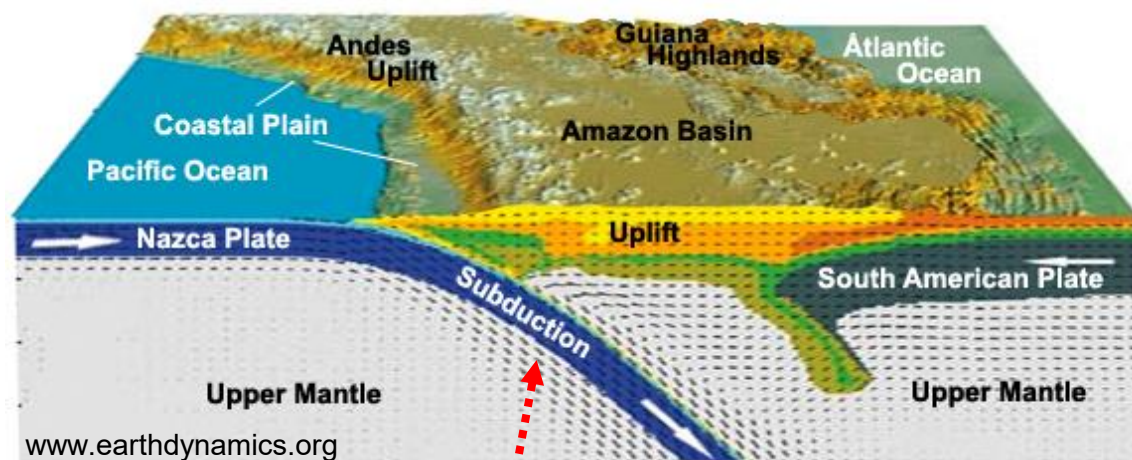


Plate Boundaries
  Volcanoes
  Earthquakes



# **MIȘCAREA PLĂCILOR TECTONICE**

**- *Henri Hess și Robert S. Dietz (1960) -*  
(Univ. Princeton; Lab. Naval de la San Diego)**

**J. Joly (1928) – *Rolul radioactivității în formarea catenelor montane;***

**O. Ampfferer si D. Griggs (1939) – *Curenții de convecție;***

**Arthur Holmes (1945) – *Celulele de convecție;***

**E. C. Bullard si S. K. Runcorn (1950) – *Paleomagnetismul;***

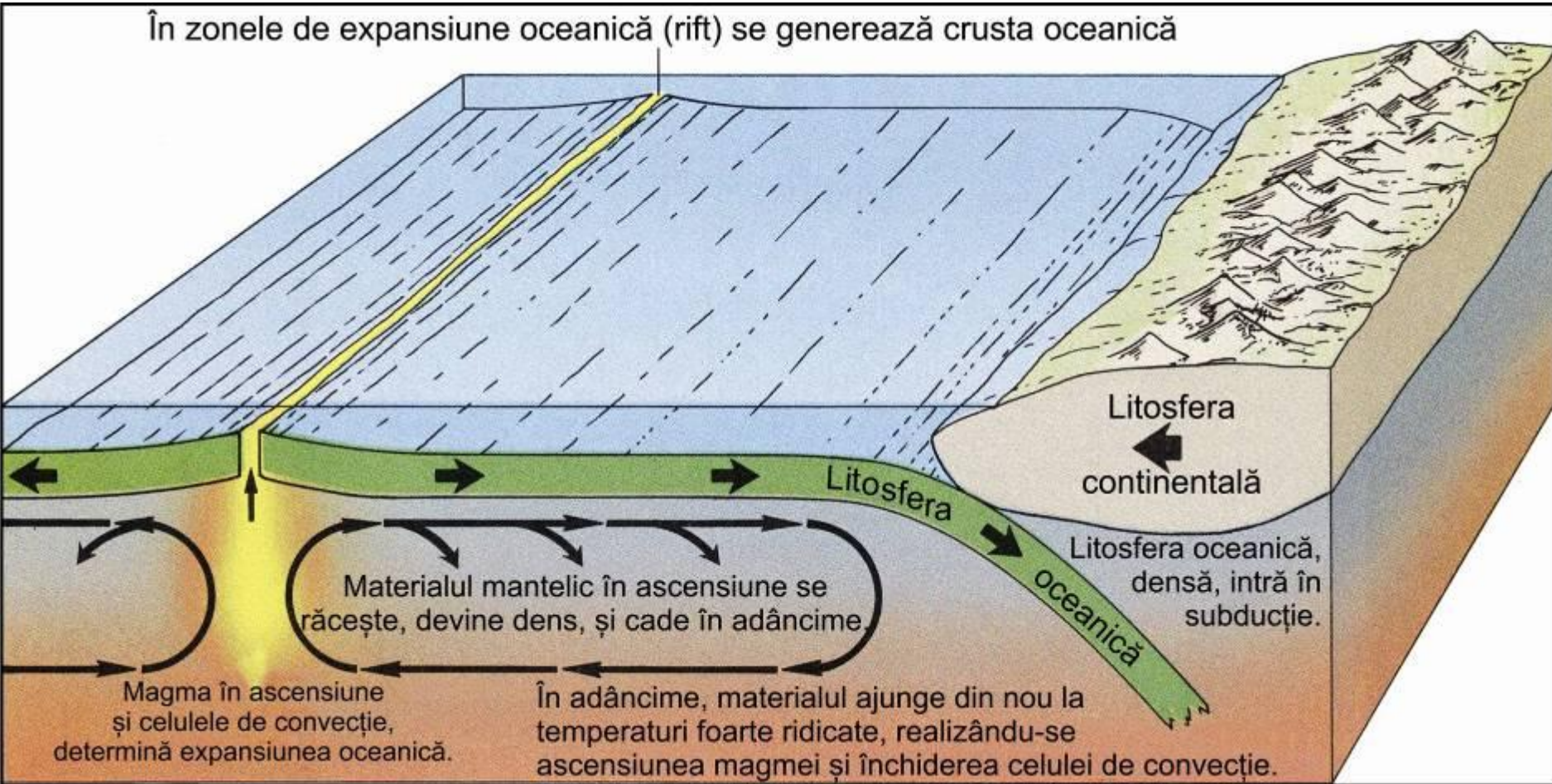
**Torsvik & Cocks (2017) – *Istoria Pământului și Paleogeografie***

**Maurice Ewing, Bruce C. Hezen, Henri Menard, et al. - topografia fundurilor oceanice (s-au luat în calcul: seismicitatea, câmpul gravitațional, fluxul caloric, câmpul magnetic etc.)**

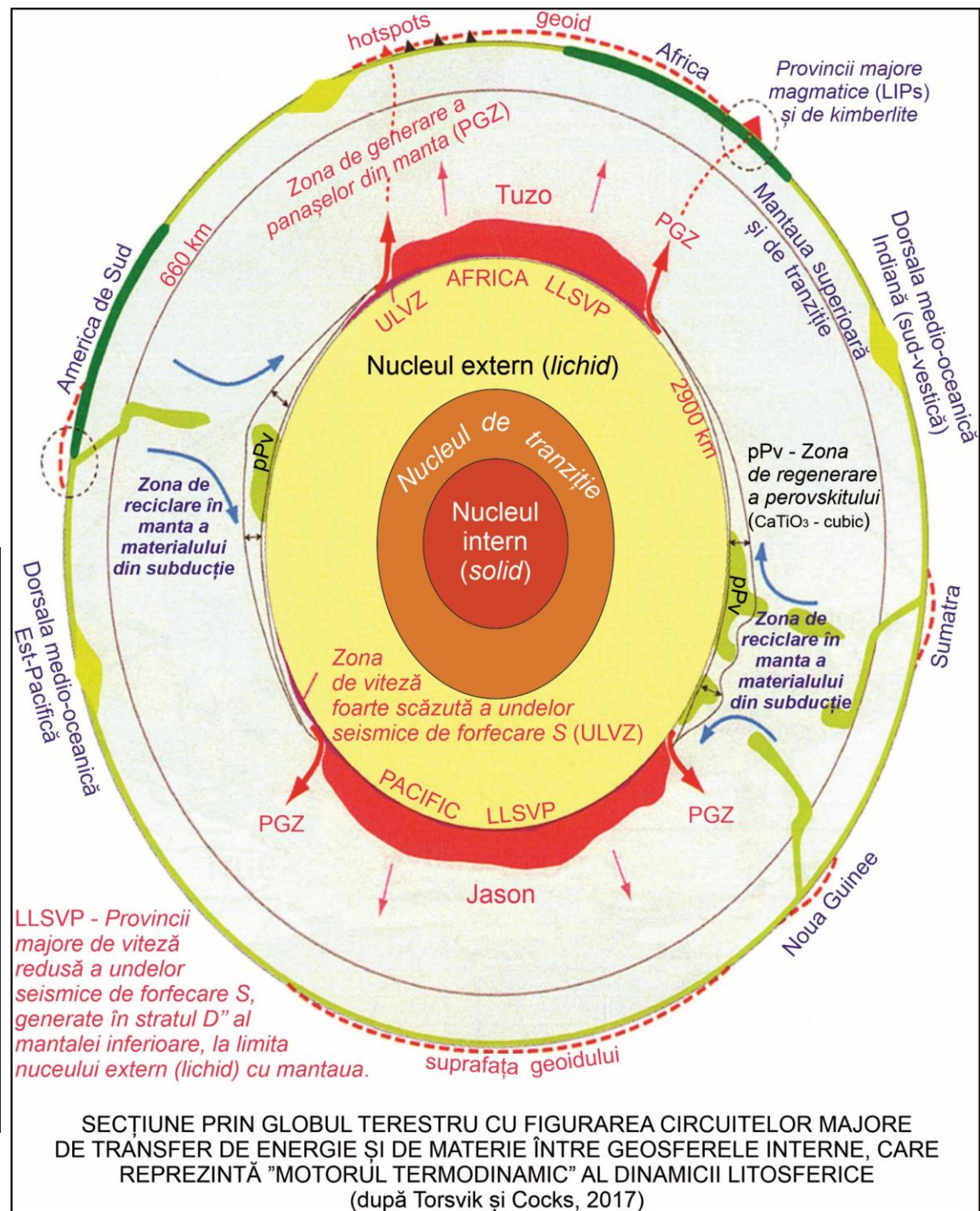
# Curentii de convecție și celulele de convecție

(O. Ampfferer și D. Griggs, 1939; Arthur Holmes, 1945)

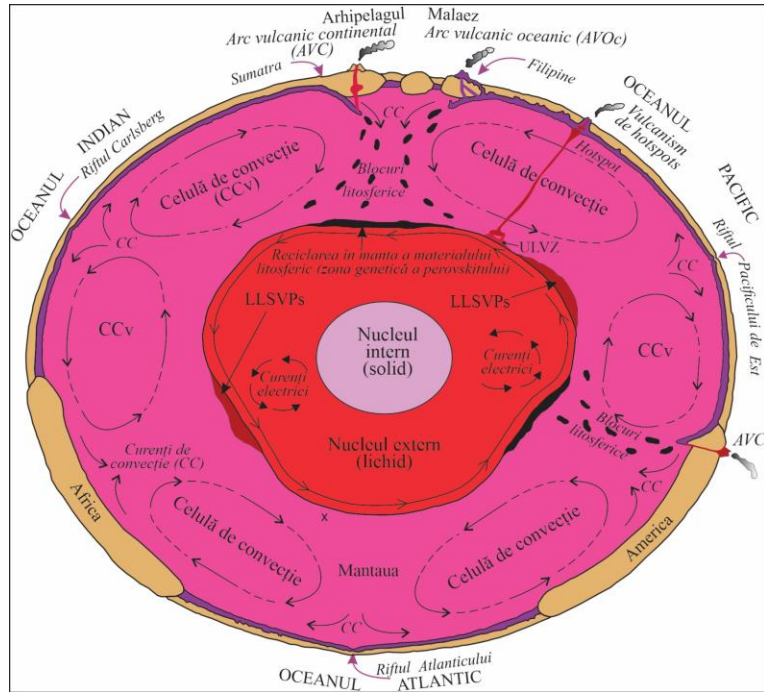
În zonele de expansiune oceanică (rift) se generează crusta oceanică



**CELULELE DE CONVEȚIE DIN MANTAUĂ INFERIOARĂ ȘI SUPERIOARĂ, FORMAREA PANAȘELOR DE MANTA ȘI DECLANȘAREA MECANISMULUI DE DEPLASARE A PLĂCILOR TECTONICE**



SECȚIUNE PRIN GLOBUL TERESTRU CU FIGURAREA CIRCUITELOR MAJORE DE TRANSFER DE ENERGIE ȘI DE MATERIE ÎNTRE GEOSFERELE INTERNE, CARE REPREZINTĂ "MOTORUL TERMODINAMIC" AL DINAMICII LITOSFERICE (după Torsvik și Cocks, 2017)

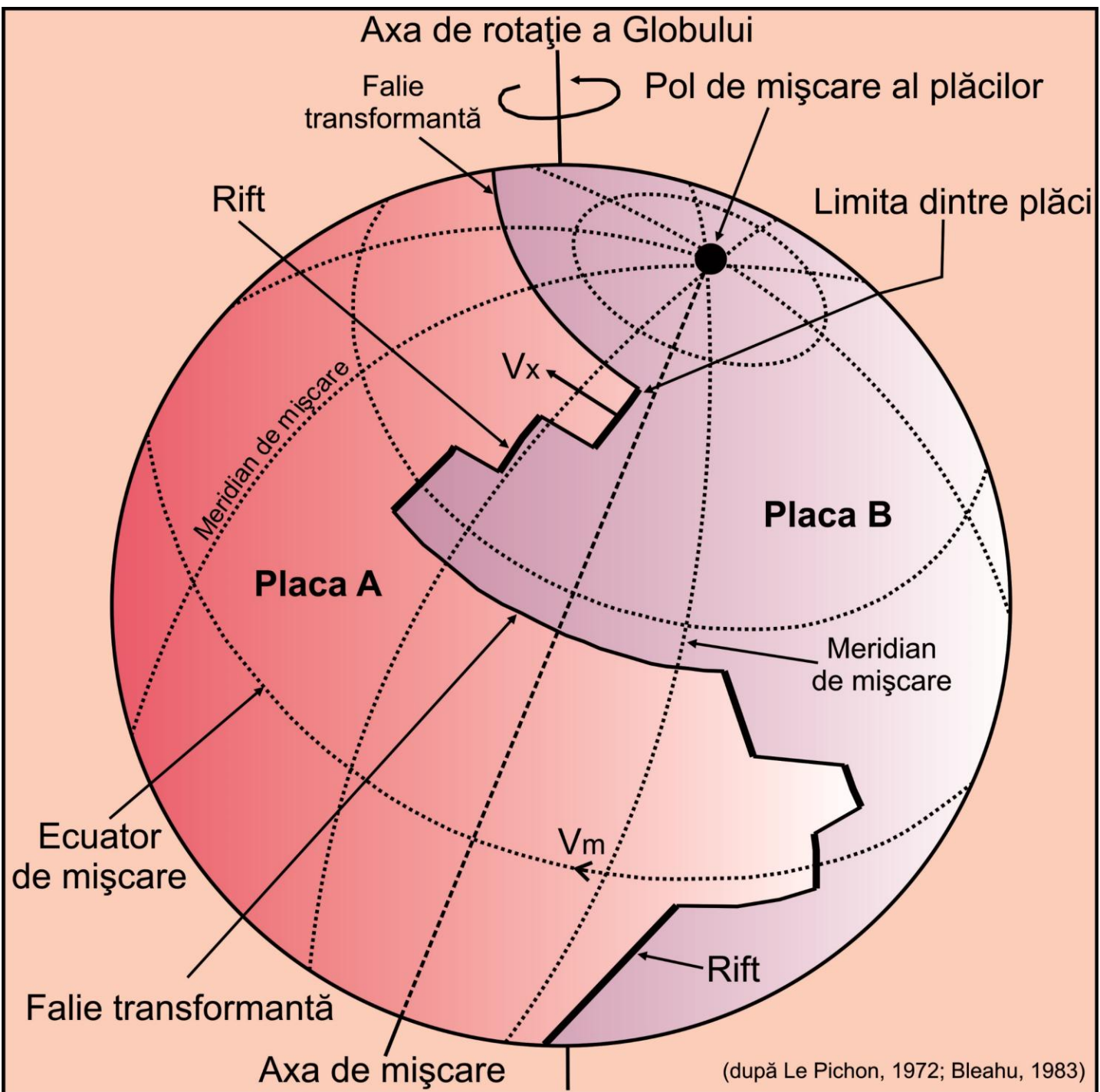


**Structura Pământului în plan ecuatorial, cu dinamica asociată (din Mărmureanu, 2016)**

## Mișcarea plăcilor tectonice în raport cu rețeaua euleriană.

Rețeaua euleriană:

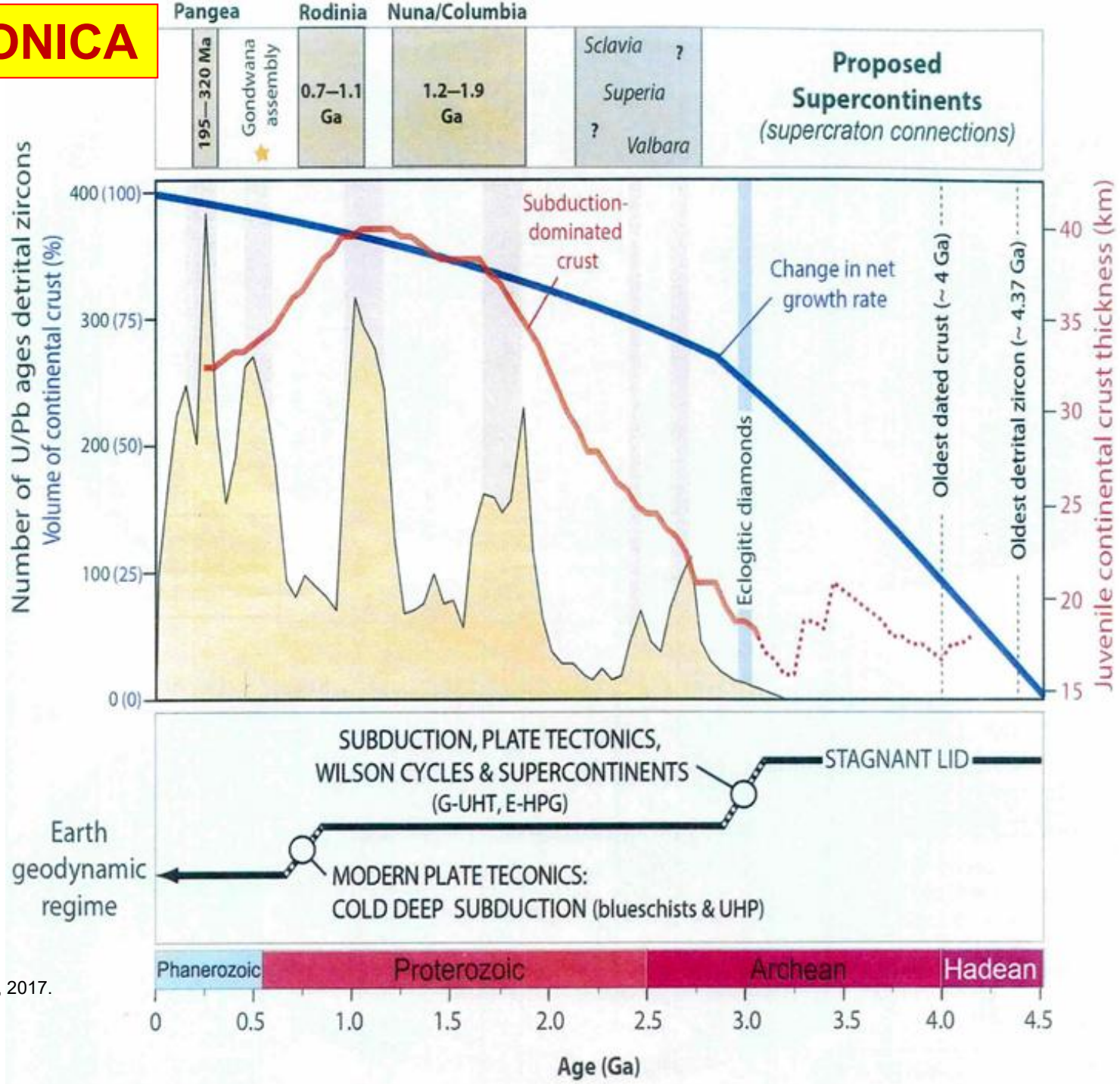
- ax eulerian (axul de rotație al plăcilor);
- poli eulerieni (*polii de mișcare ai plăcilor*);
- ecuatorul eulerian;
- meridianul eulerian



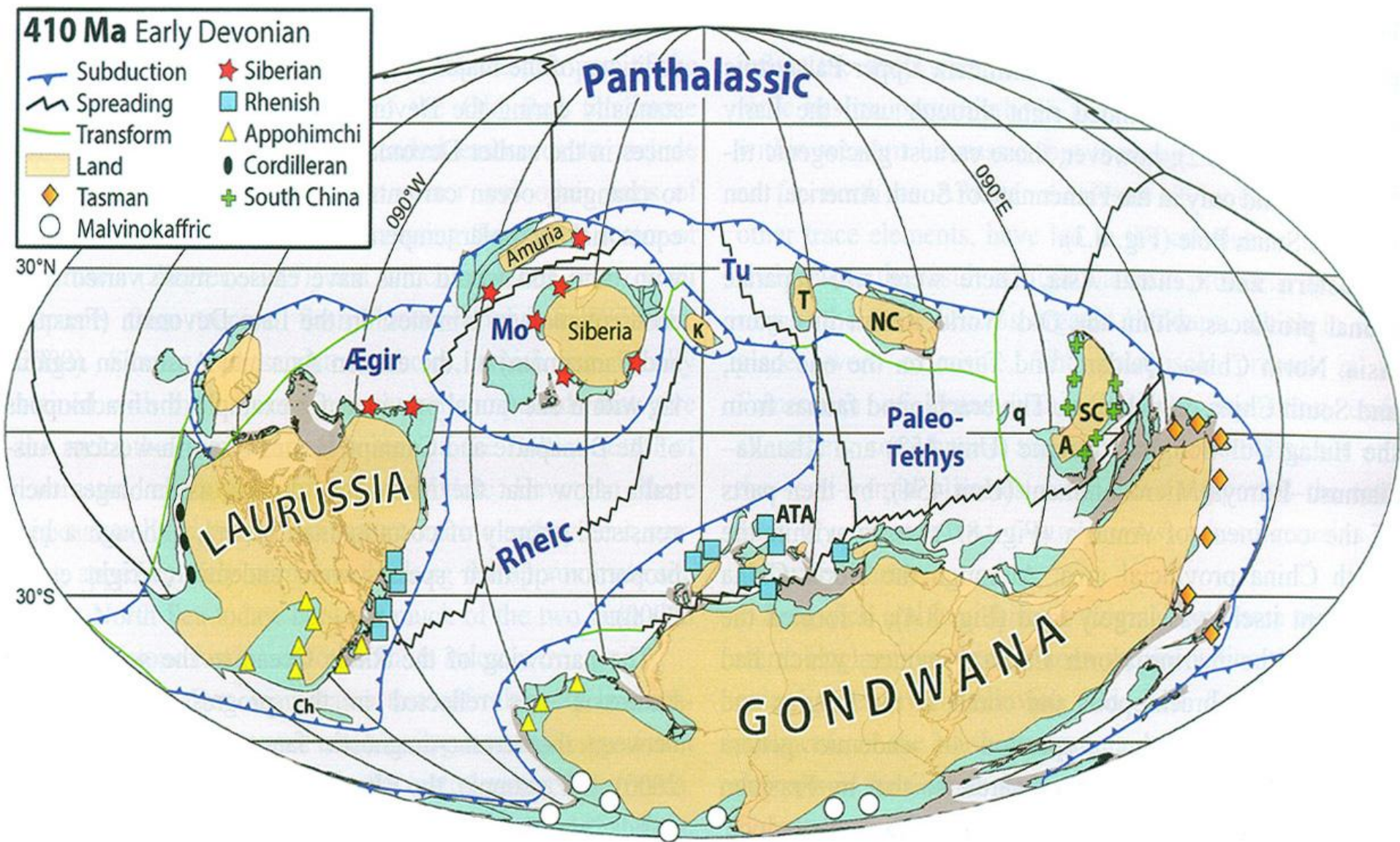
### **III. Paleoplăcile tectonice și sistemul actual de plăci tectonice**

# PALEOTECTONICA

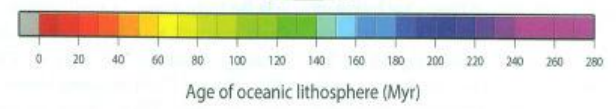
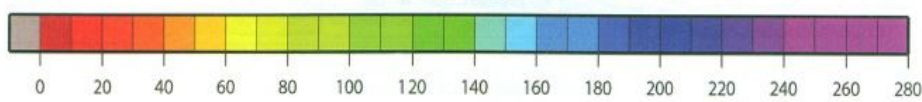
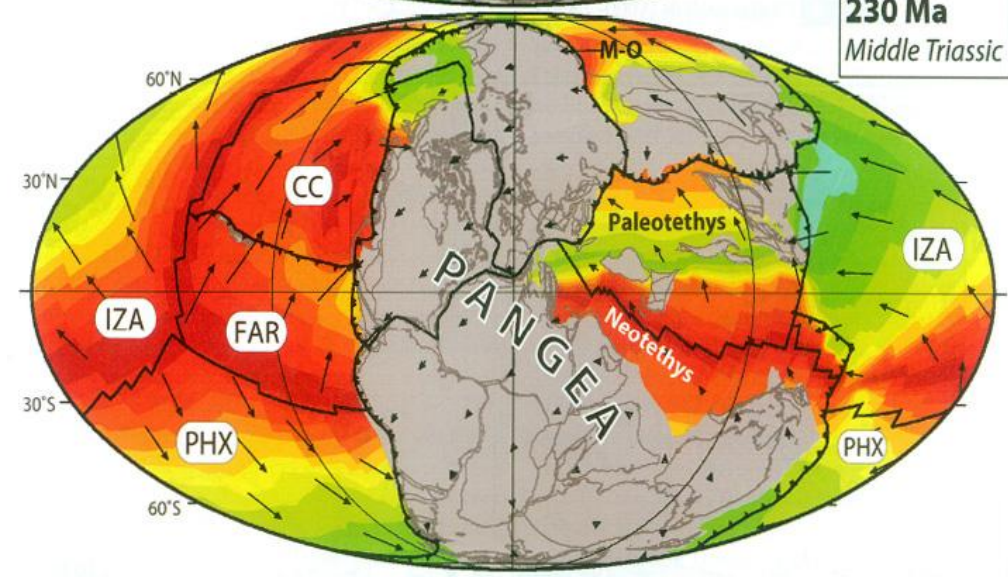
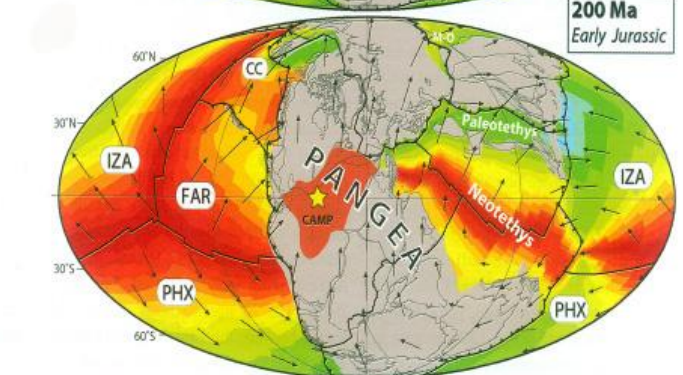
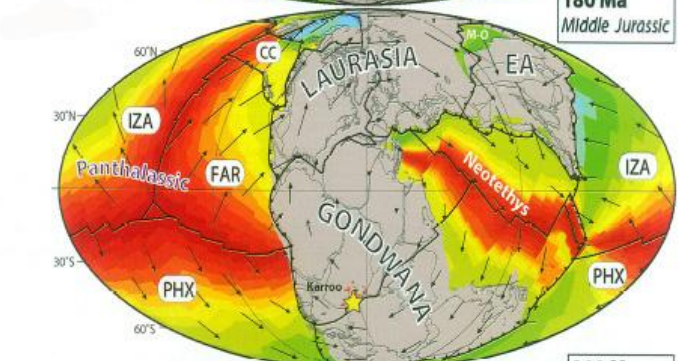
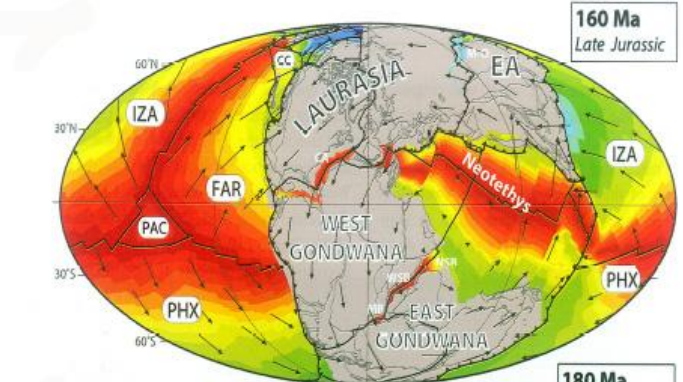
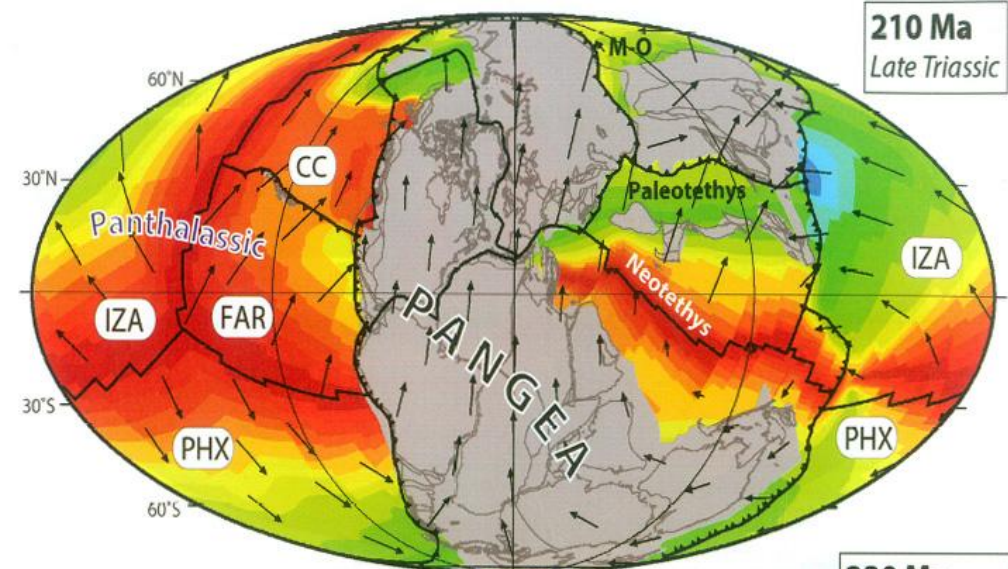
**REGIMUL  
GEODINAMIC  
AL GLOBULUI  
ȘI  
FORMAREA  
SCORȚEI  
CONTINENTALE  
ÎN  
PRECAMBRIAN**



(Sursa: Torvsvik Trond & Cocks Robin, 2017. *Earth History and Palaeogeography*. Cambridge University Press)



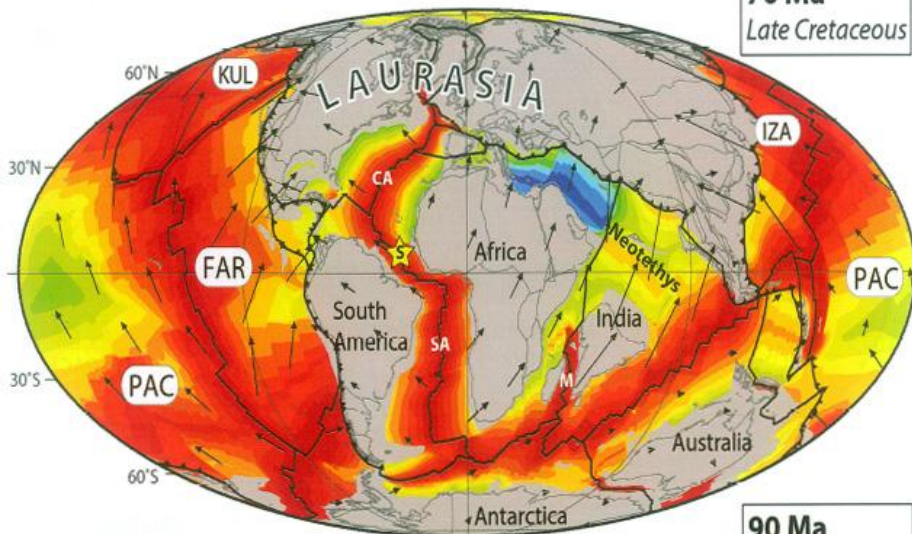
Global distribution of brachiopod provinces in the Emsian at about 400 Ma. A, Annamia; ATA, Armorican Terrane Assemblage; Ch, Chilenia Terrane; Mo, Mongol–Okhotsk Ocean; NC, North China; q, Quinling Terrane; SC, South China; T, Tarim; Tu, Turkestan Ocean. New diagram, including sites plotted from Boucot et al. (1969) and Boucot & Blodgett (2001).



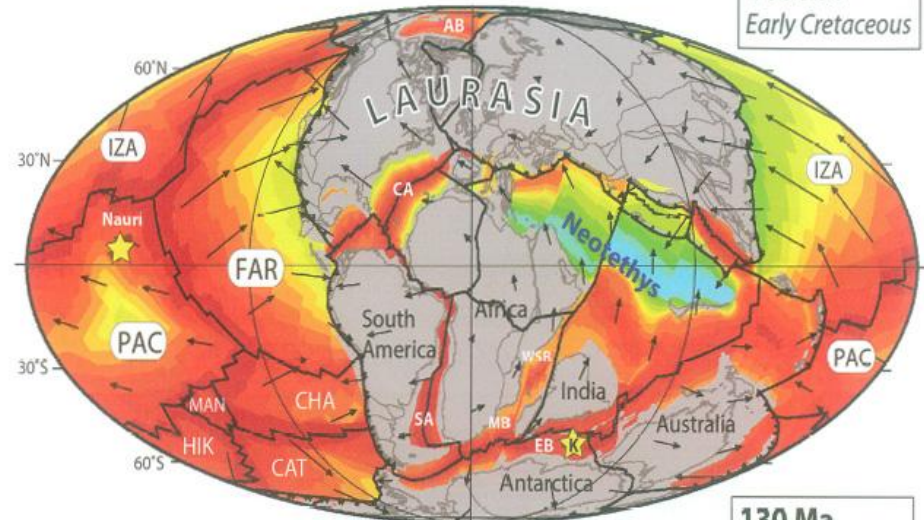
Continental blocks (grey) and oceans (other colours) with plate velocity vectors and the ages of their oceanic lithosphere in the (a) Middle Triassic (230 Ma: Carnian) and (b) Late Triassic (210 Ma: Late Norian). CC, Cache Creek Oceanic Plate; FAR, Farallon Plate (including the continental Alexander and Wrangellia terranes near the plate boundary to CC); IZA, Izanagi Plate; M-O, Mongol-Okhotsk Ocean; PHX, Phoenix Oceanic Plate. EARTHBYTE mantle frame (see Chapter 2).

Continental blocks (grey) and oceans (other colours) with plate velocity vectors and the ages of their oceanic lithosphere in the Jurassic: (a) Early (200 Ma: Hettangian); (b) Middle (180 Ma: Toarcian); and (c) Late (160 Ma: Oxfordian). Also shown are the reconstructed locations of the CAMP (Central Atlantic Magmatic Province) and Karroo LIPs (yellow stars are estimated eruption centres). CC, Cache Creek Plate; EA, Eastern Asia (Amuria, the China Bocks and former peri-Gondwanan fragments such as Sibumasu); FAR, Farallon Oceanic Plate (including the continental Alexander and Wrangellia terranes near the plate boundary to CC; transferred to CC on the 180 and 160 Ma reconstructions due to ridge jump at around 185 Ma); IZA, Izanagi Oceanic Plate; MB, Mozambique Basin; M-O, Mongol-Okhotsk Ocean; NSB, North Somali Basin; PAC, Pacific Oceanic Plate; PHX, Phoenix Plate; WSB, West Somali Basin; EARTHBYTE mantle frame (details in Chapter 2).

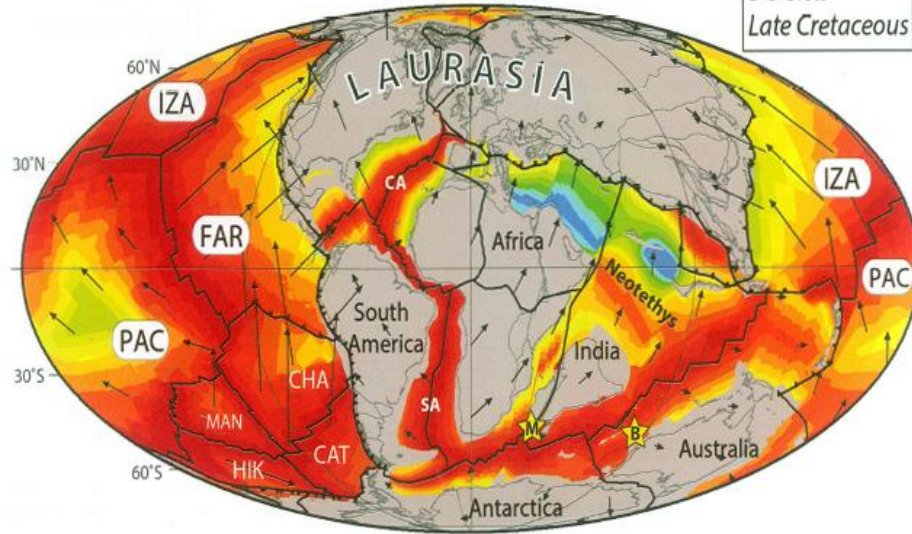
**70 Ma**  
Late Cretaceous



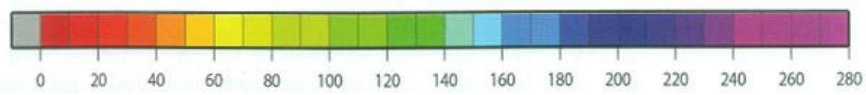
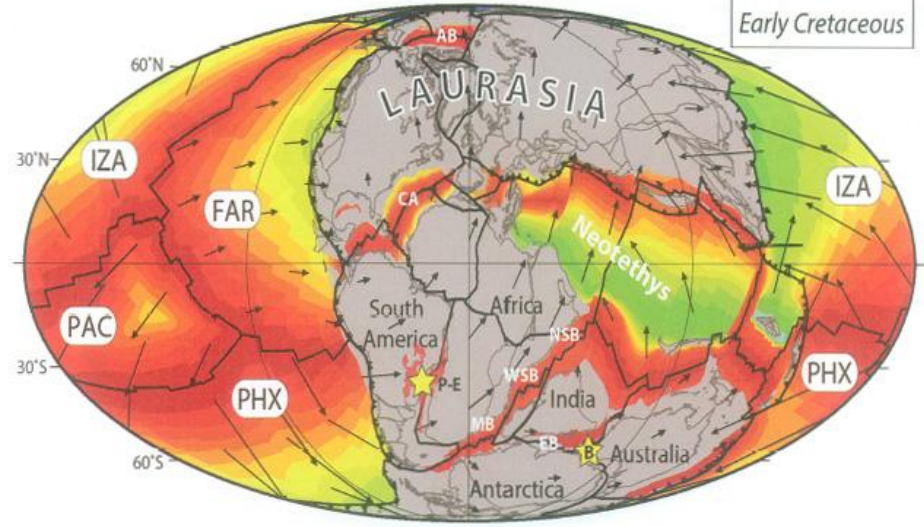
**110 Ma**  
Early Cretaceous



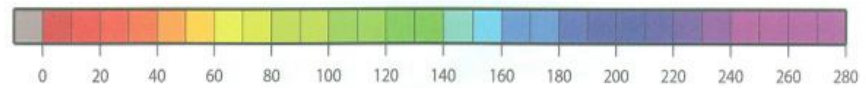
**90 Ma**  
Late Cretaceous



**130 Ma**  
Early Cretaceous



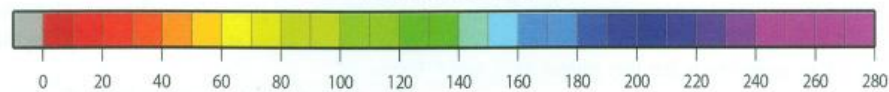
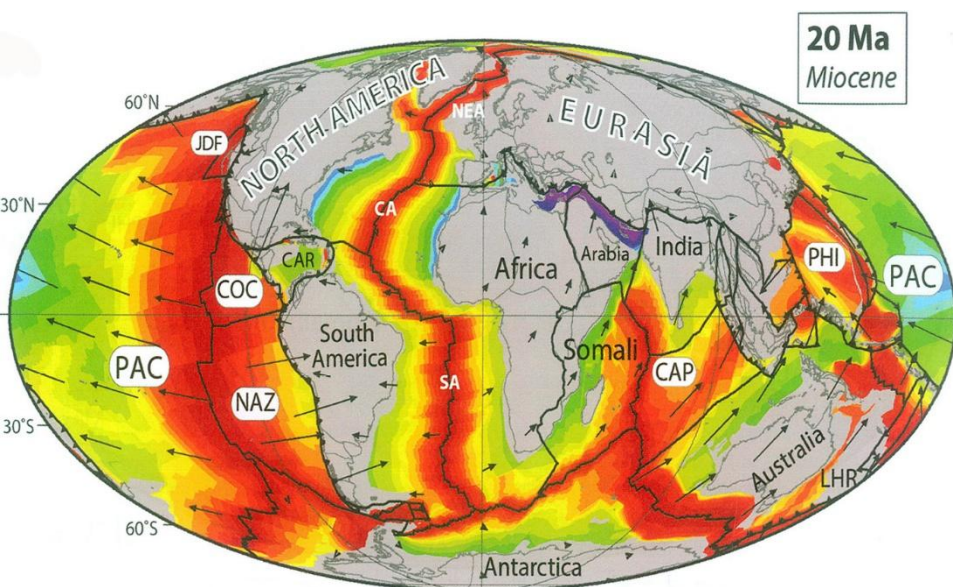
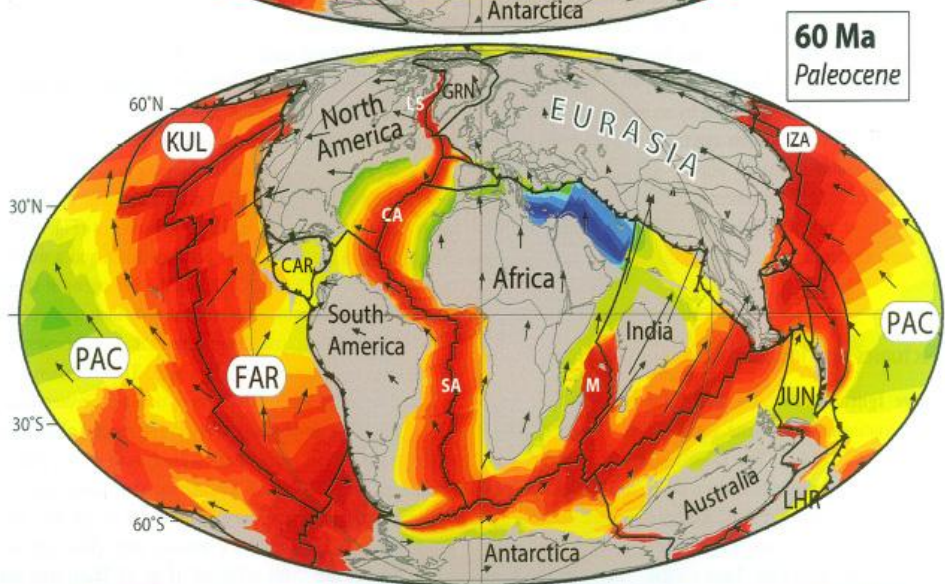
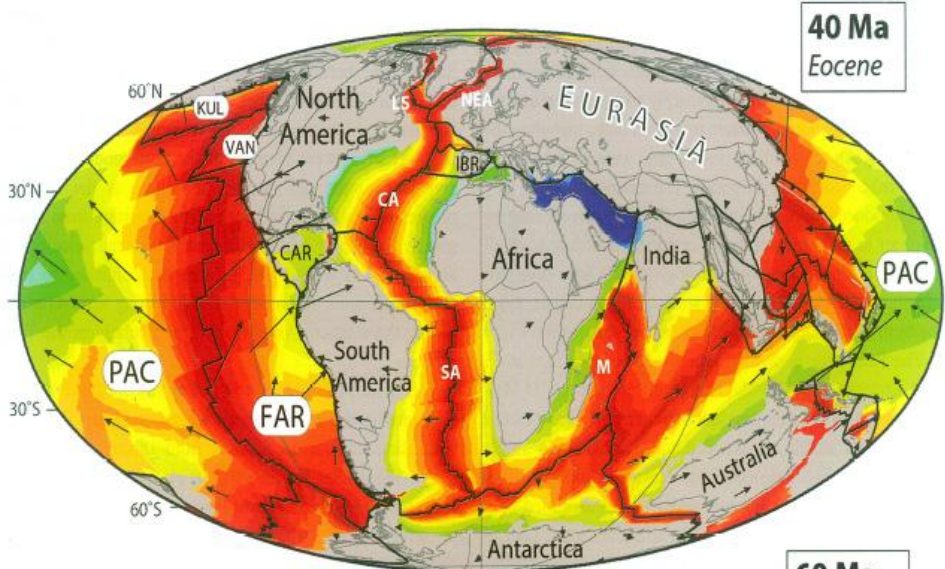
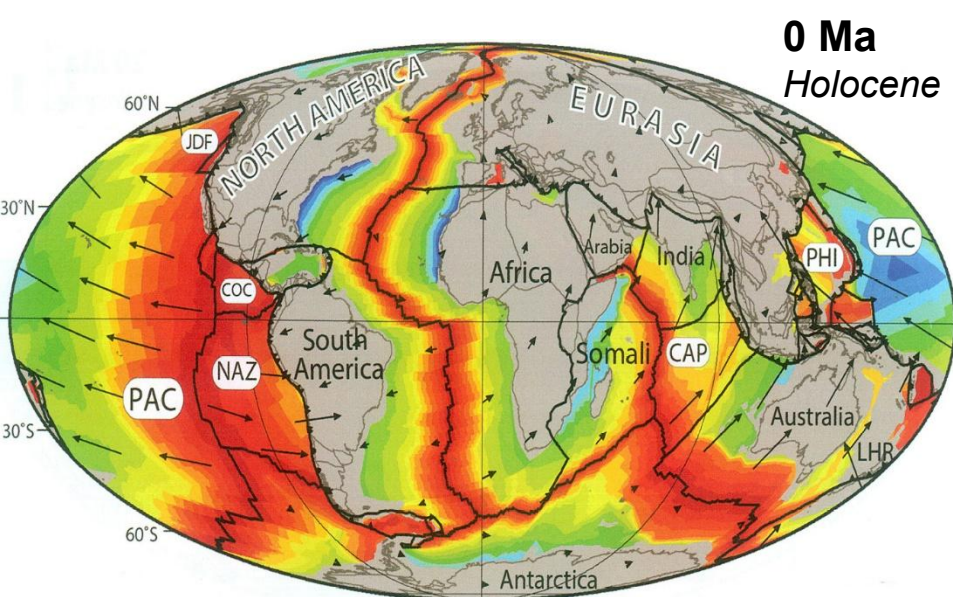
Age of oceanic lithosphere (Myr)



Age of oceanic lithosphere (Myr)

Continental blocks (grey) and oceans (other colours) with plate velocity vectors and the ages of their oceanic lithosphere in the Late Cretaceous at around 90 Ma (Turonian) and 70 Ma (Maastrichtian). Also shown are the reconstructed locations of the Madagascar (M, 87 Ma), Broken Ridge (B, 95 Ma), and Sierra Leone (S, 73 Ma) LIPs (yellow stars are estimated eruption centres). CA, Central Atlantic; CAT, Catequil Plate; CHA, Chasca Plate; ESB, East Somali Basin; FAR, Farallon Ocean Plate; IZA, Izanagi Ocean Plate; KUL, Kula Ocean Plate; NSB, North Somali Basin; HIK, Hikurangi Plate; M, Mascarene Basin; MAN, Manihiki Plate; PAC, Pacific Ocean Plate; PHX, Phoenix Plate; SA, South Atlantic. Generated from the EARTHBYTE mantle frame (see Chapter 2).

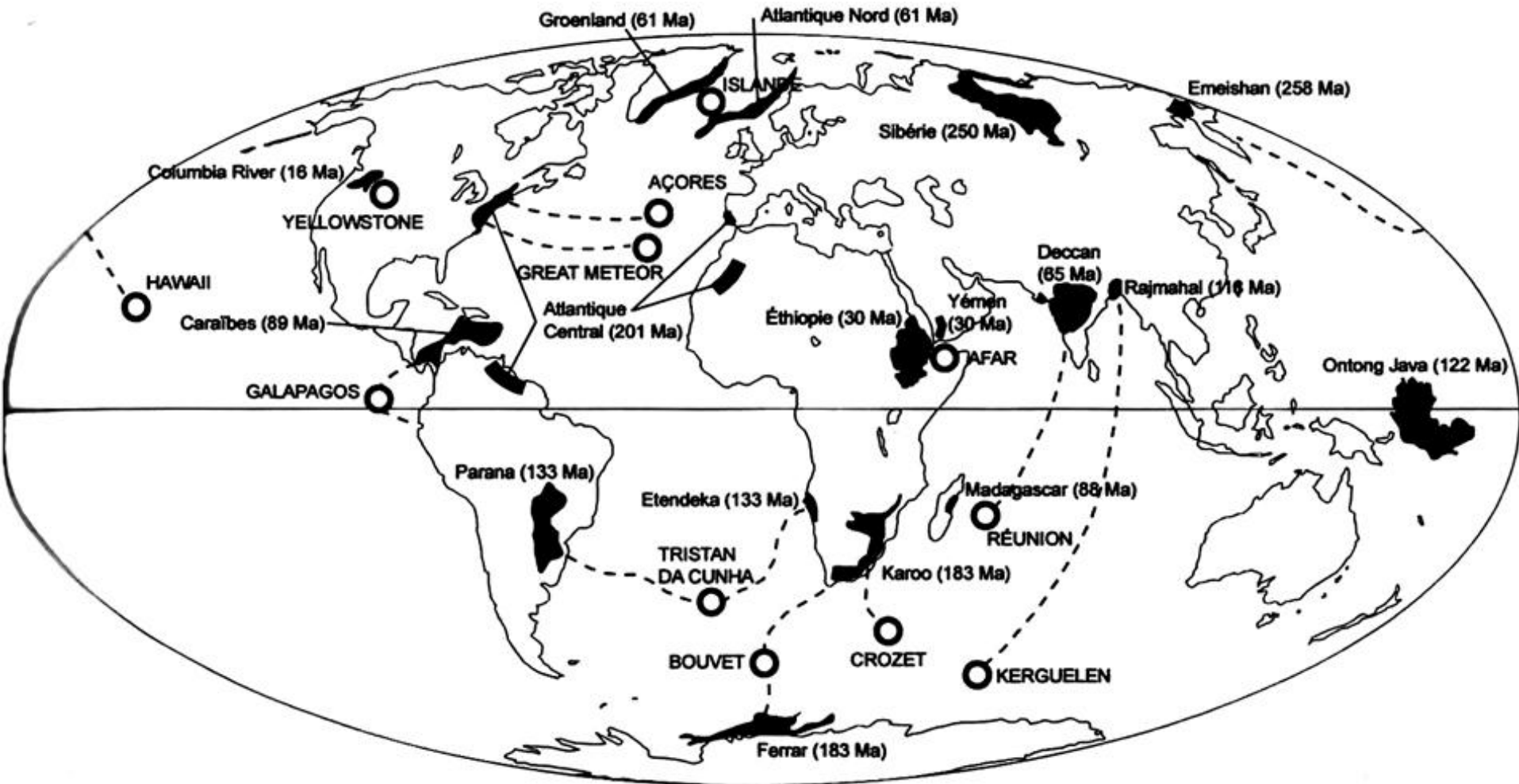
Continental blocks (grey) and oceans (other colours) with plate velocity vectors and the ages of their oceanic lithosphere in the Early Cretaceous at around 130 Ma (Hauterivian) and 110 Ma (Campanian). Also shown are the reconstructed locations of the Paraná-Etendeka (P-E at 134 Ma), Bunbury (B at 132 Ma), and Southern Kerguelen (K at 114 Ma) LIPs (yellow stars are estimated eruption centres). AB, Amerasia Basin; CA, Central Atlantic; CAT, Catequil Plate; CHA, Chasca Plate; EB, Enderby Basin; FAR, Farallon Ocean Plate; HIK, Hikurangi Plate; IZA, Izanagi Ocean Plate; MAN, Manihiki Plate; MB, Mozambique Basin; NSB, North Somali Basin; PAC, Pacific Ocean Plate; PHX, Phoenix Plate; WSB, West Somali Basin. Generated from the EARTHBYTE mantle frame (see Chapter 2).



Age of oceanic lithosphere (Myr)

Continental blocks (grey) and oceans (other colours) with plate velocity vectors and the ages of their oceanic lithosphere in the Paleocene (60 Ma: Selandian) and Eocene (40 Ma: Bartonian). CA, Central Atlantic; CAR, Caribbean Plate; FAR, Farallon Ocean Plate; GRN, Greenland; IBR, Iberia; IZA, Izanagi Ocean Plate; JUN, Junction Plate; LHR, Lord Howe Rise; LS, Labrador Sea; NEA, North-East Atlantic; PAC, Pacific Ocean Plate; KUL, Kula Plate; M, Mascarene Basin; SA, South Atlantic; VAN, Vancouver Plate. Generated from EARTHBYTE mantle frame (see Chapter 2).

## HARTA MARILOR PROVINCII MAGMATICE BAZALTICE ȘI HOT-SPOTURILE (PUNCTELE FIERBINȚI) LA CARE SUNT ASOCIATE



- Cercurile reprezintă hot-spoturile actuale asociate provinciilor magmatice
- Vârsta curgerilor bazaltice care alcătuiesc provinciile magmatice este redată în paranteze, în milioane de ani
- Morfologic, curgerile formează trapuri și platourilor oceanice

*Placa euroasiatică*

**Coreea de Sud**

**China**

**Taiwan**

*Placa filipinelor*

**Myanmar (Birmania)**

Luzon

**Filipine**

**Thailanda**

**Cambodgia**

Mindanao

Basilan

Golful Thailandei

Marea Celebes

**Malaysia**

**Singapore**

**Indonezia**

Marea Java

**Papua Noua Guinee**

Marea Bismarck

Marea Arafura

Marea Solomon

*Placa indo-australiană*

**Australia**

Marea Timor

Marea Coraililor

Marele Golf Australian

Marea Tasmaniei

**Noua Zeelandă**

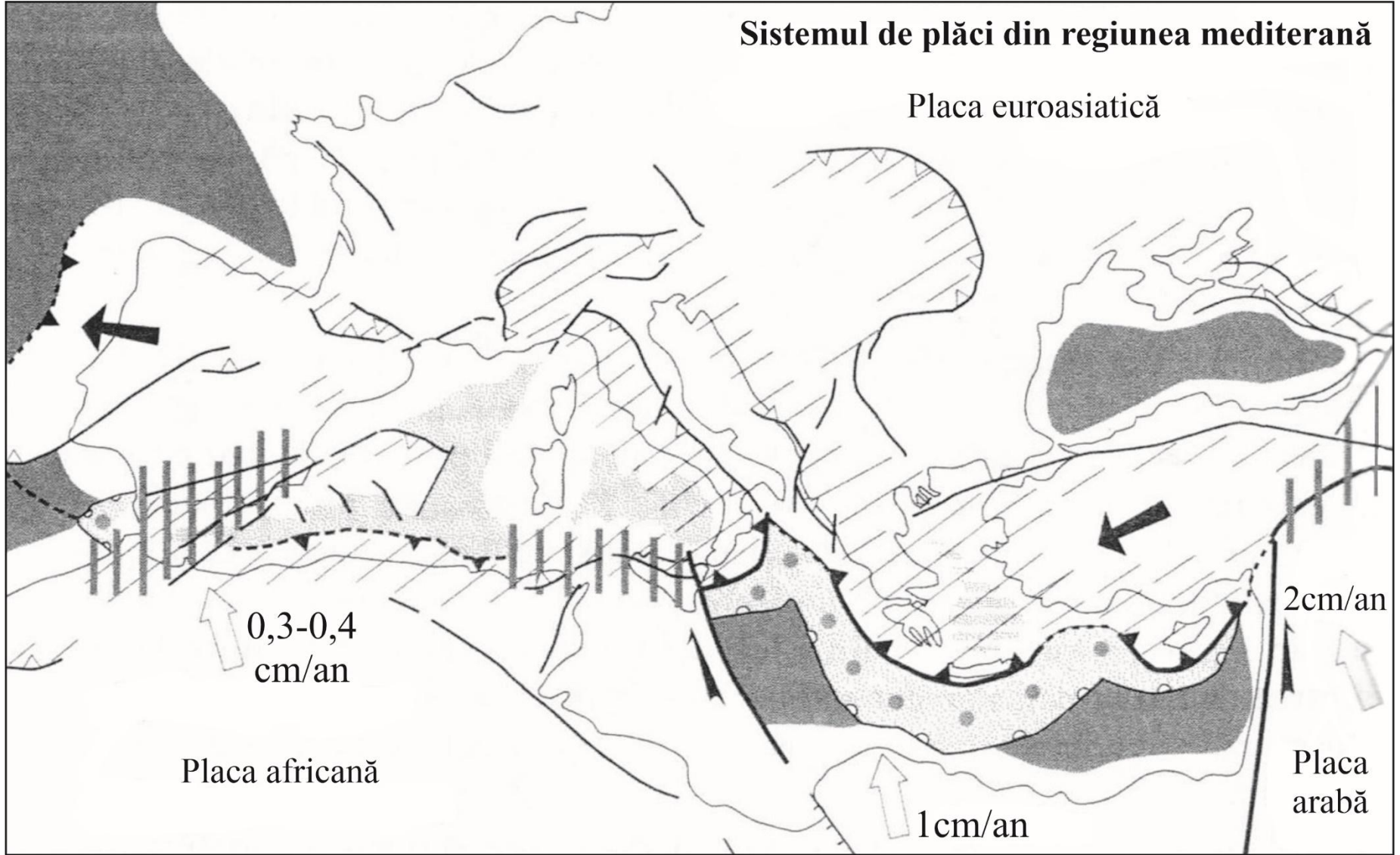
Oceanul Pacific de Nord

Oceanul Pacific de Sud





# Sistemul de plăci din regiunea mediteraneană



- |                       |   |                              |                                  |
|-----------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| continent             | crustă oceanică tânără                      | subducție                    | falii transformante              |
| margini continentale  | crustă continentală de tranziție (subțiată) | prisma de acreție            | zonele de coliziune ale plăcilor |
| crustă oceanică veche | catene alpine                               | subducție (presupus recentă) |                                  |

(după Hervé et al., 2007)

## IV. CÂMPUL SEISMIC

**SEISMUL** – reprezintă în esență un set de mișcări ondulatorii ale scoarței terestre desfășurate într-un timp foarte scurt, datorate eliberării bruște a unor mari cantități mari de energie într-un punct hipocentral.

### CAUZE ALE ELIBERĂRII ENERGIILOR ENDOGENE:

#### 1. Naturale:

- tensiunile acumulate în zonele de subducție
- tensiunile acumulate în zonele de falie
- tensiunile acumulate în zonele de rift
- erupțiile vulcanice
- prăbușirile din zonele carstice endogene

#### 2. Antropice:

- expozițiile nucleare subterane

## MICROSEISMELE

Seismografele electrodinamice moderne înregistrează zguduiri de oscilații slabe. Aceste oscilații slabe au fost denumite microseisme. Pe acest fond de „de zgomote seismice” se produc la fiecare 30” cutremure de Pământ propriu-zise.

Cauzele care produc *microseismele* sunt foarte numeroase: *funcționarea diferitelor mecanisme și circulația autovehiculelor; apele sau valurile, vântul etc.*

- Valurile „grele” ale bazinelor oceanice și mărilor - produc prin lovirea țărmurilor șocuri mecanice care se propagă sub formă de unde elastice, până la mii de kilometri în interiorul continentelor;

- Mecanismul de formare a taifunurilor - în acest caz undele create de balansul apelor se transmit la fundul bazinului oceanic și de acolo se propagă prin scoarță pe continent.

La studiul acestor fenomene participă în mod egal seismologia, oceanografia și meteorologia.

# MACROSEISMELE

**Clasificarea seismelor se face în principal după următoarele criterii:**

**1. După poziția geografică a epicentrului:**

a – continentale; b – oceanice;

**2. După mărimea distanței dintre punctul epicentral și punctul din aria analizată:**

a – locale; b – apropiate (sub 1000 km); c - depărtate (între 1000-10000 km); d – teleseisme (distanță mai mare 10000 km);

**3. După adâncimea hipocentrului:**

a – superficiale sau normale (până la 60 km); b – intermediare (60-300 km); c – adânci (sub 300 km);

**4. După intensitate pe scara Mercalli :**

a – mici sau slabe (I-V); b – mari (VI-VIII); c – foarte mari (IX-X); d – catastrofale (XI-XII);

**5. Genetică:**

a – tectonice; b – vulcanice (de erupție); c – de prăbușire; e – plutonice.

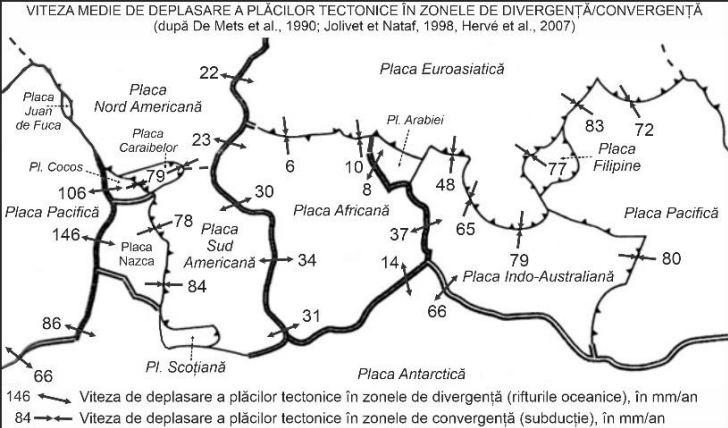
# ALINIAMENTE SEISMICE ȘI VULCANICE MAJORE

**Macroseismele** sunt legate de activitatea seismică determinată în cea mai mare parte de mișcările geotectonice și mișcările diferențiale ale plăcilor tectonice (peste 90% din seisme), apoi activității vulcanice, prăbușirilor subterane în unele zone carstice *etc.*

Există o diferență fundamentală din punct de vedere seismic între zonele de expansiune (acreție) și zonele de subducție (de consum):

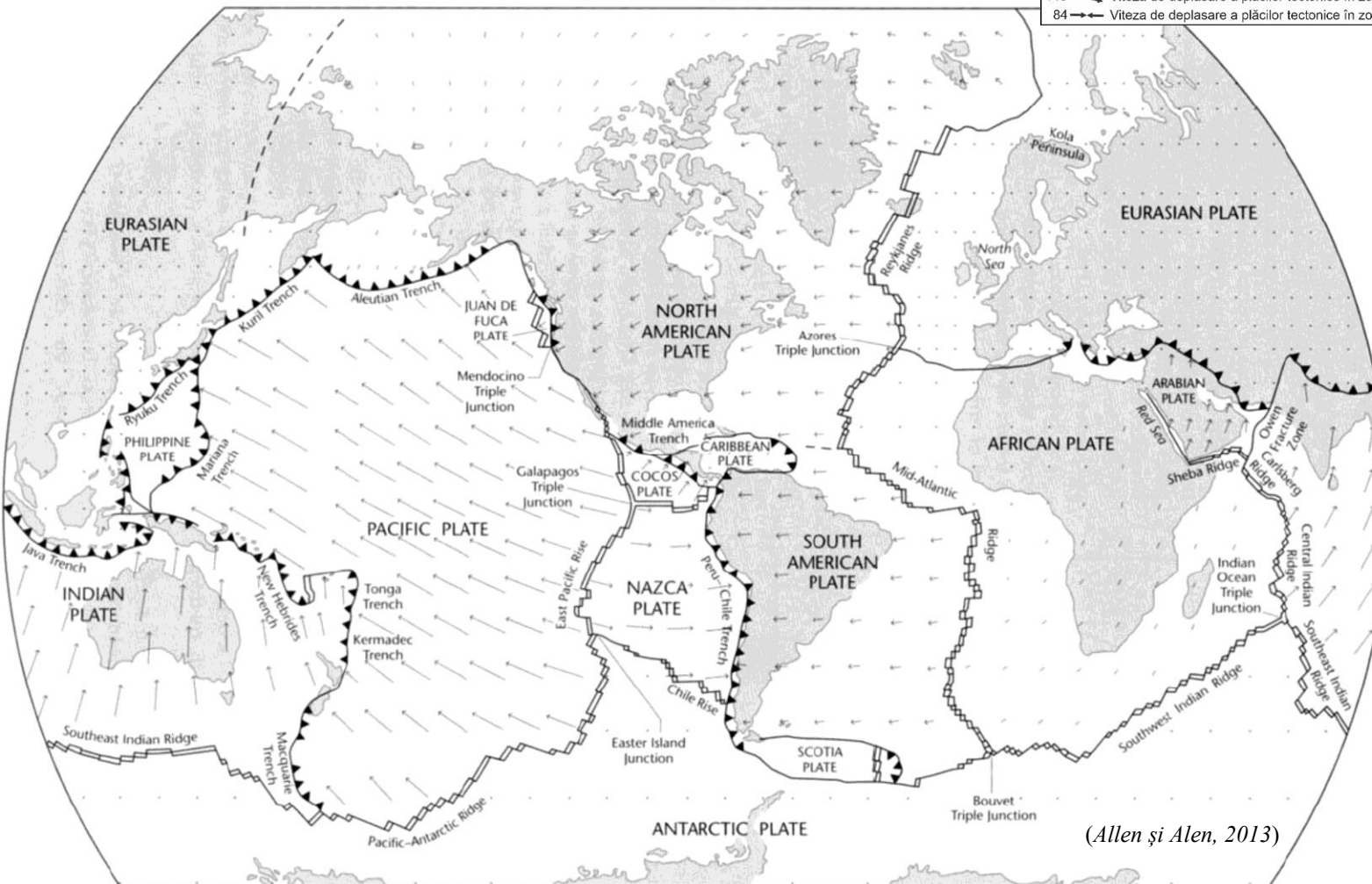
- în zona rifturilor sunt generate *cutremure de mică adâncime* (cu focare situate până la 60 km);
- în zonele de subducție sunt localizate *cutremurele de adâncime medie* (60–300 km) și *mare* (300–700 km). Sunt și o categorie de *cutremure plutonice*, cu focar localizat sub scoarța terestră, la cca. 800 km, cu cauze încă insuficient clarificate.

# Vectorii de deplasare a sistemului modern de plăci tectonice



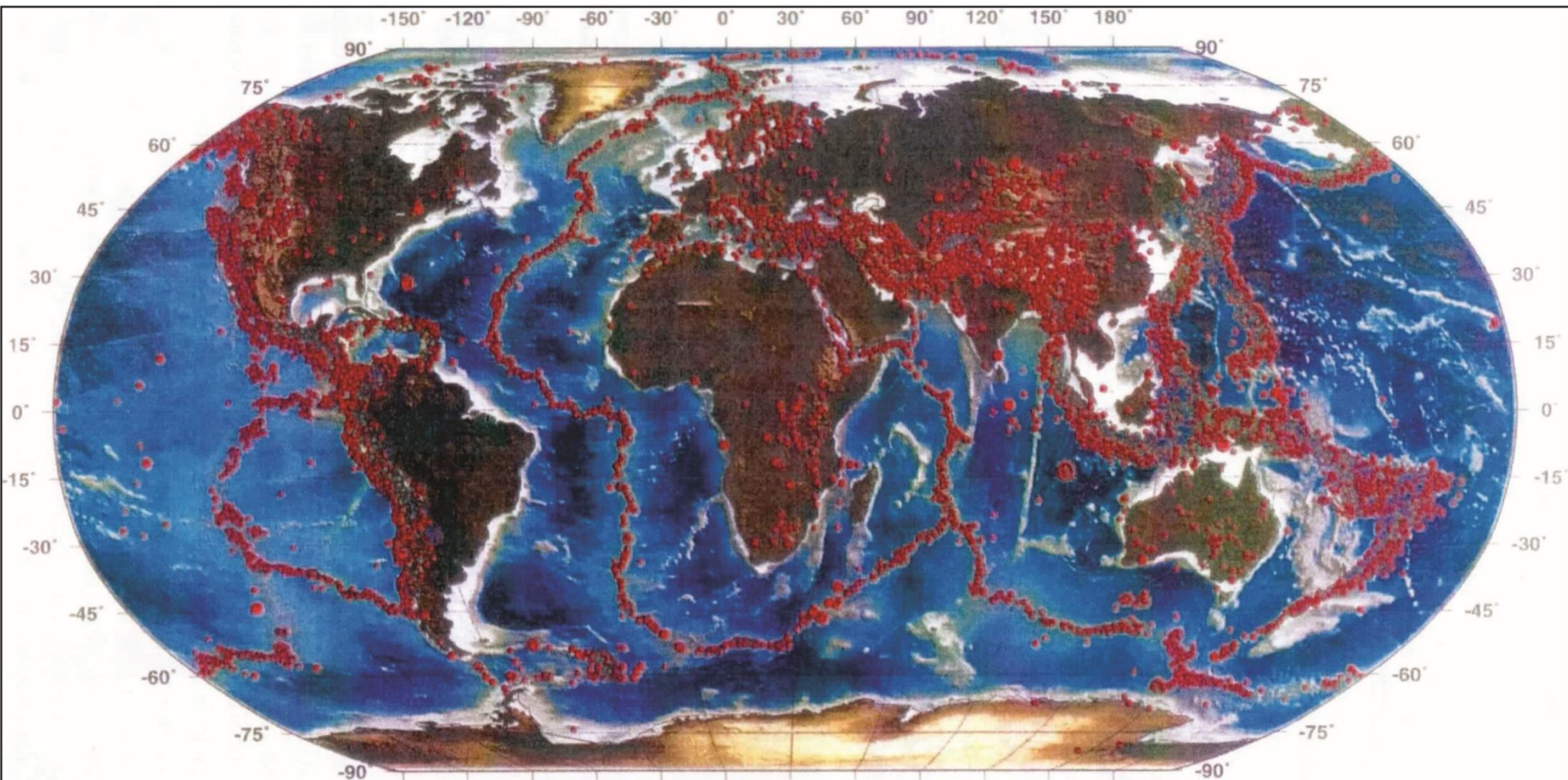
(Hervé et al., 2007)

## PLĂCILE TECTONICE



(Allen și Alen, 2013)

# Corespondența între marginile plăcilor tectonice și aliniamentele tectonice majore, seismice și vulcanice



\*În perioada februarie 2000 până în mai 2002 (843 zile) s-au produs 48653 seisme, cu o medie de 58/zi, cu  $M_{gr} \leq 4$ ,  $M_{gr} = 5$  și  $M_{gr} = 6$ .

Adâncimea seismelor (Km)



Altitudinea continentelor și adâncimea oceanelor (m)



Magnitudinea

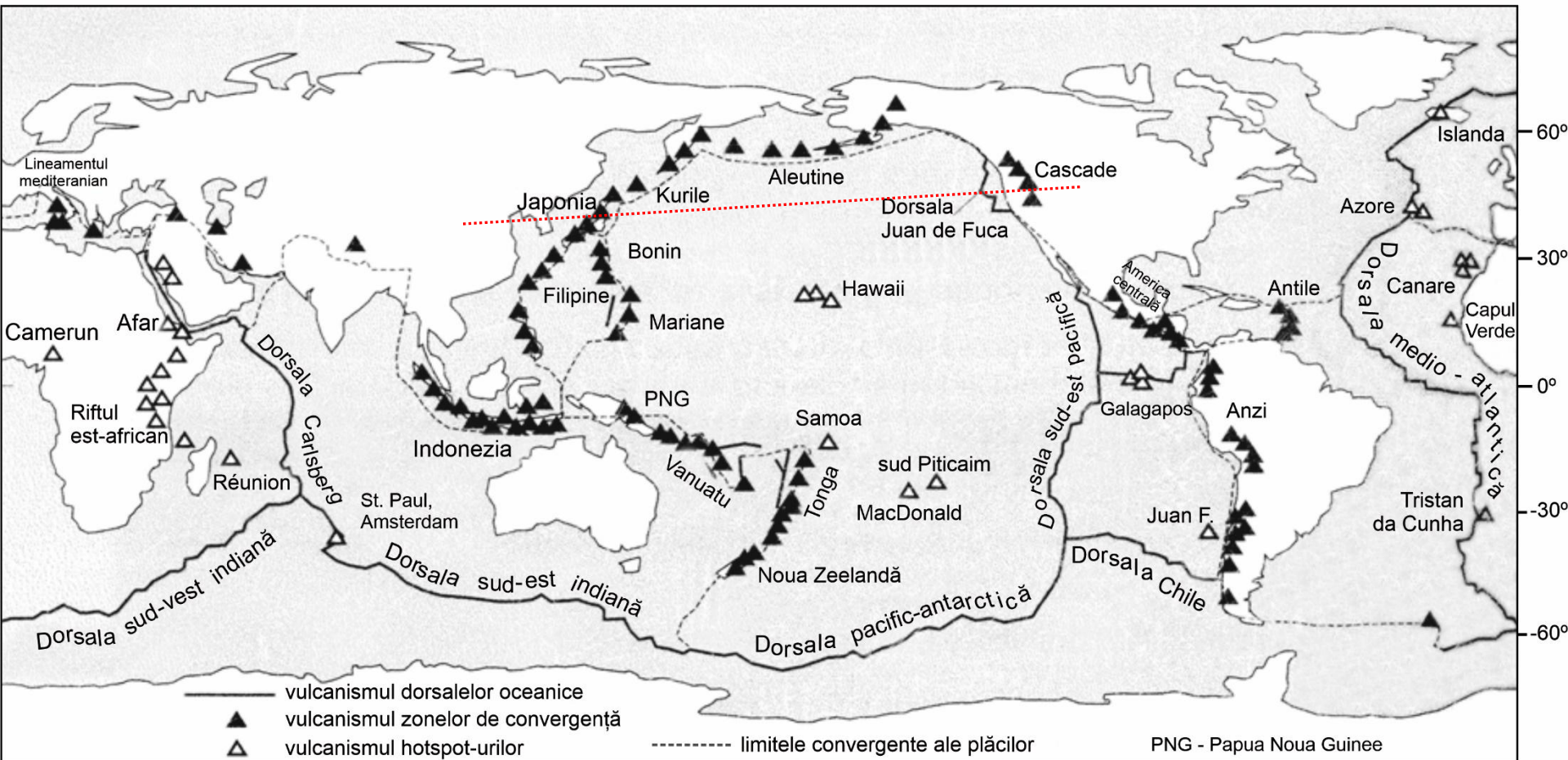


\*În anul 2014 s-au produs cca. 42500 seisme (în medie 117 seisme/zi), conform datelor publicate de CSEM/EMSC

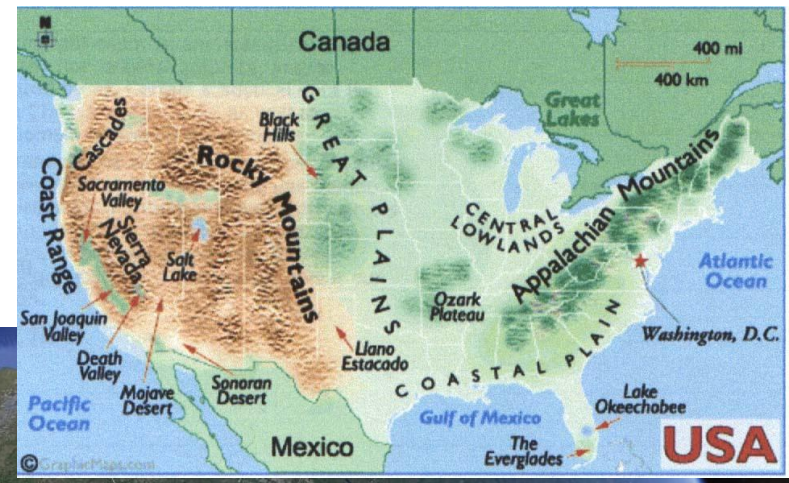
(din Mărmureanu, 2016)

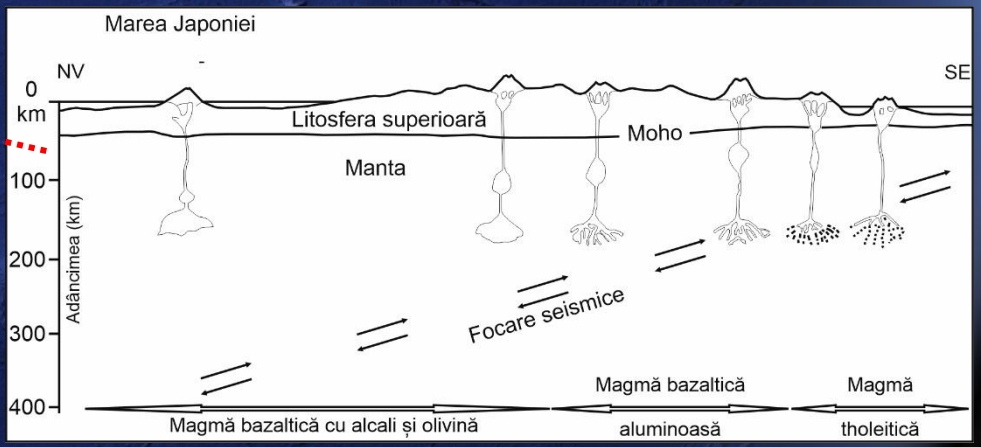
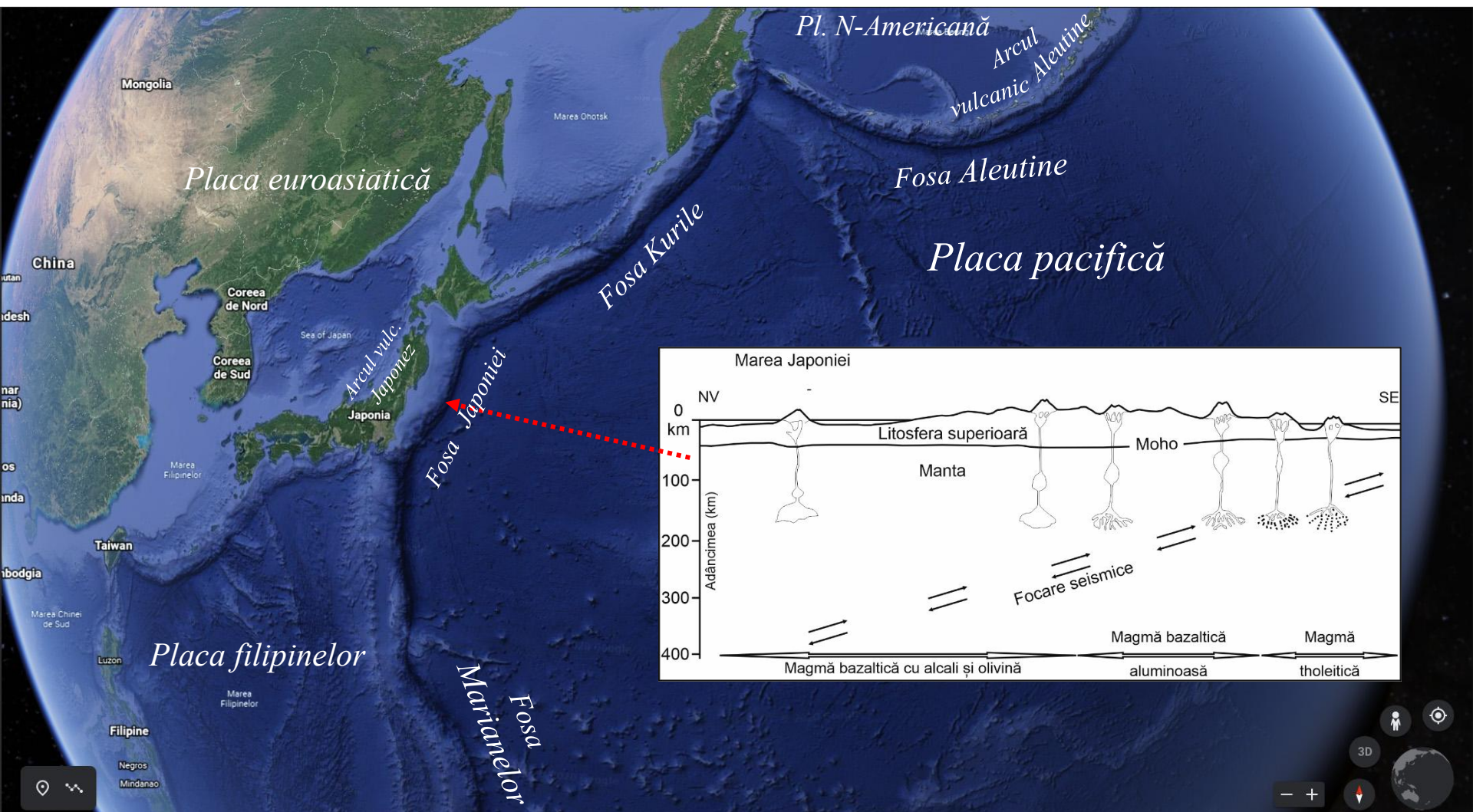
# Corespondența între marginile plăcilor tectonice și aliniamentele vulcanice majore

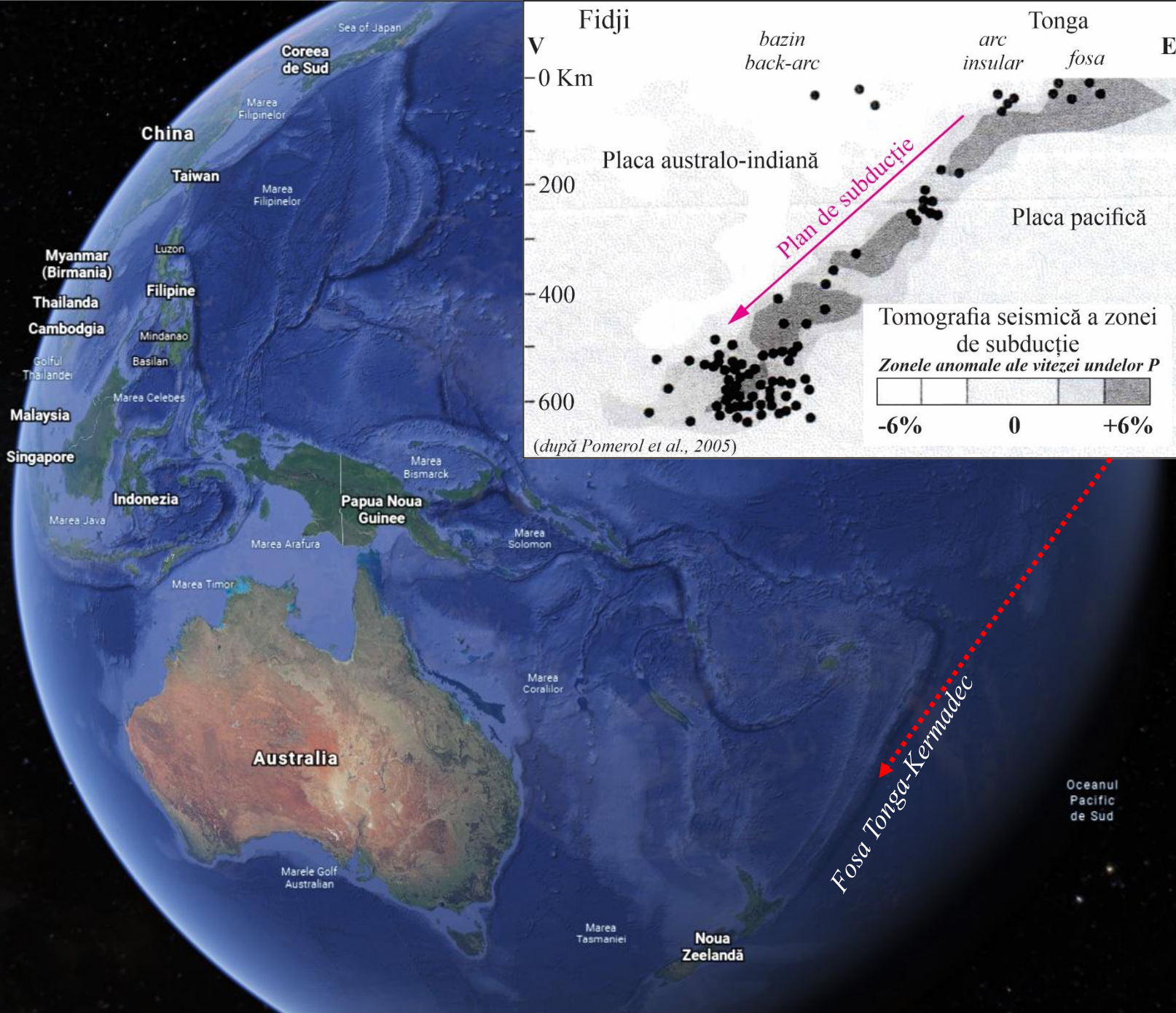
ALINIAMENTELE VULCANICE MAJORE PE GLOB

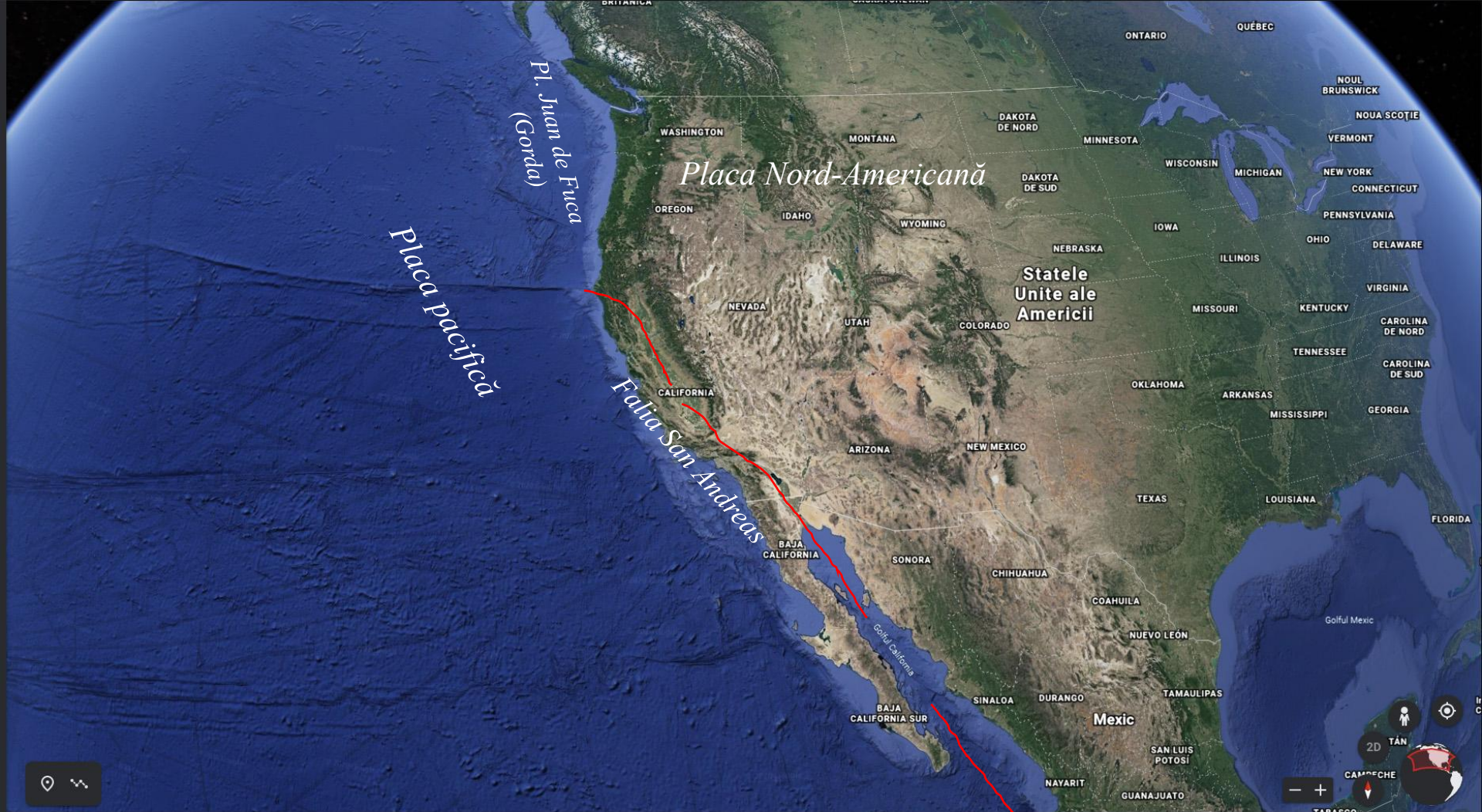


(Prelucrat după: Pomerol Ch., Lagabriele, Y., Renard M., Guillot St., 2011. *Éléments de Géologie*, DUNOD)

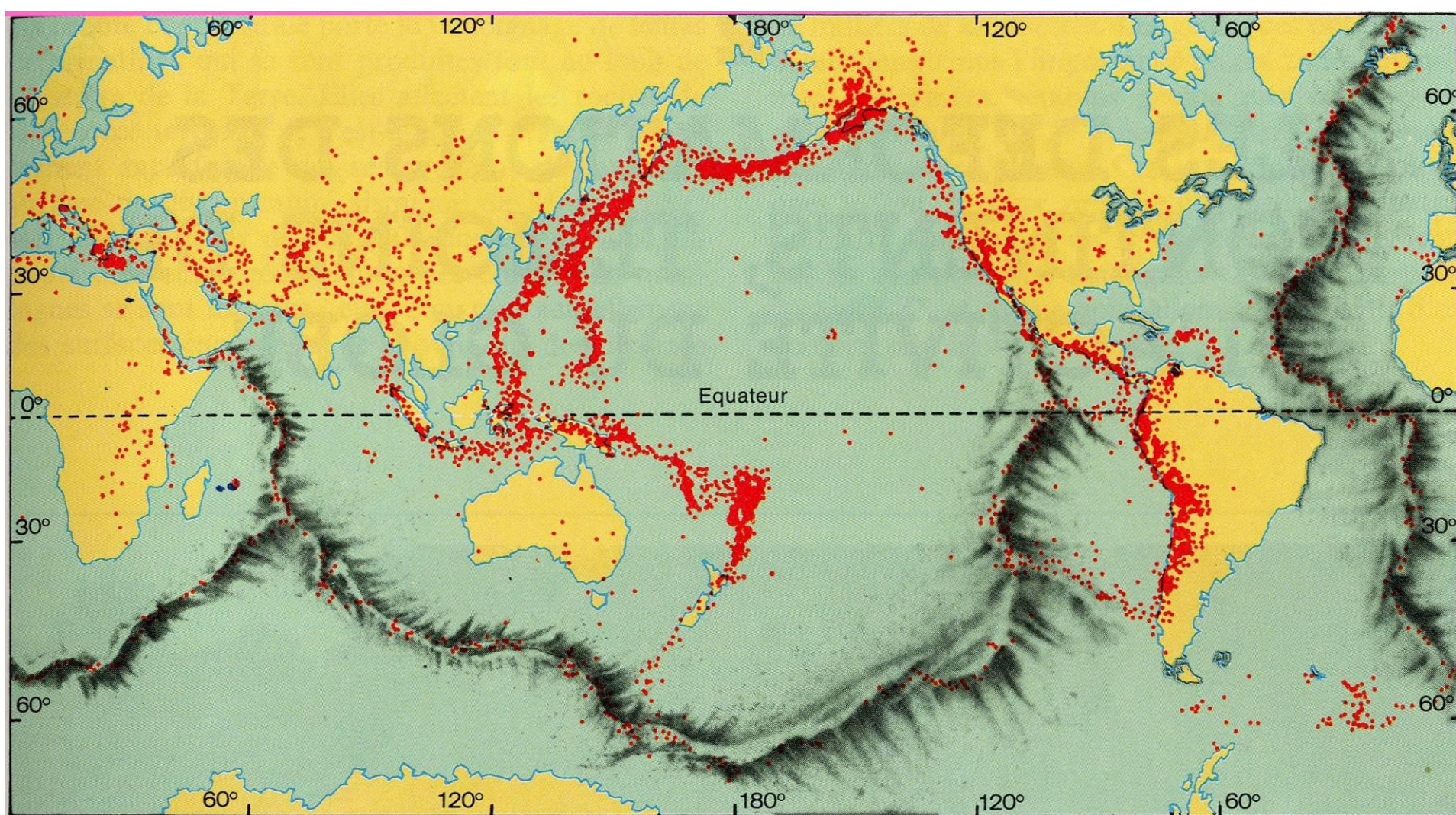






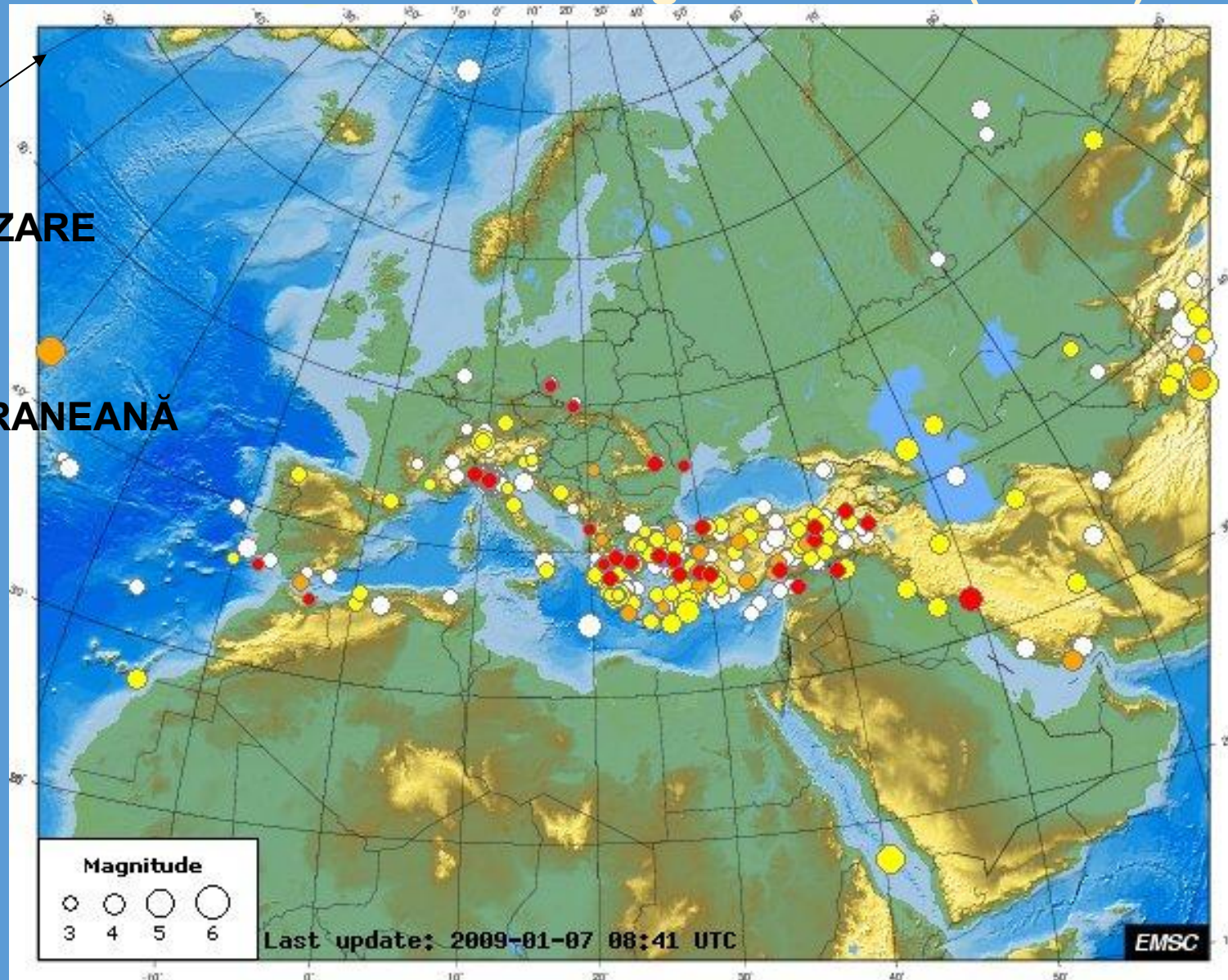


# CORELAREA ALINIAMENTELOR TECTONICE CU DISTRIBUȚIA ZONELOR SEISMICE PE GLOB



# Centre Sismologique Euro-Méditerranéen European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC)

MONITORIZARE  
ÎN  
ZONA MEDITERANEANĂ

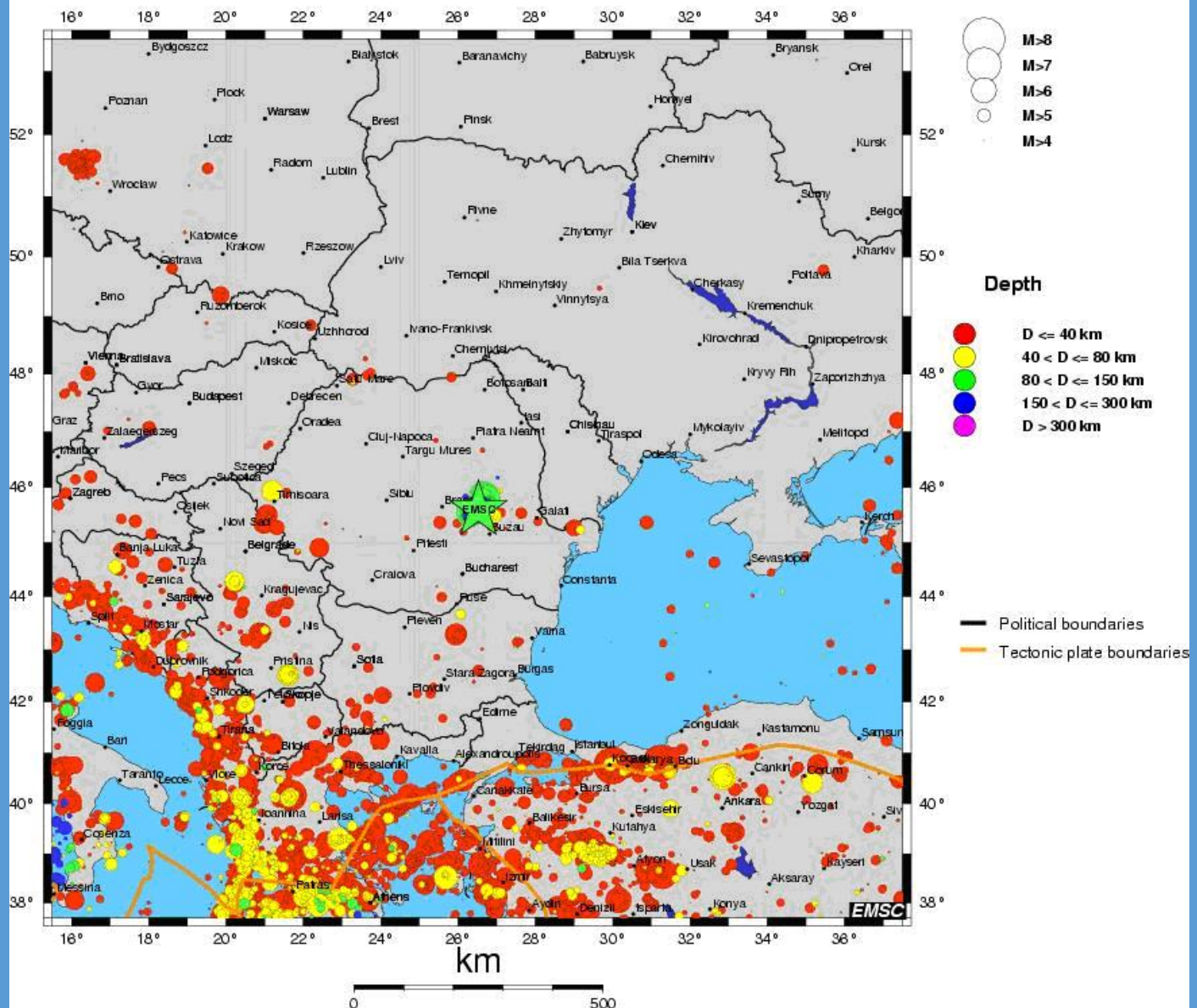


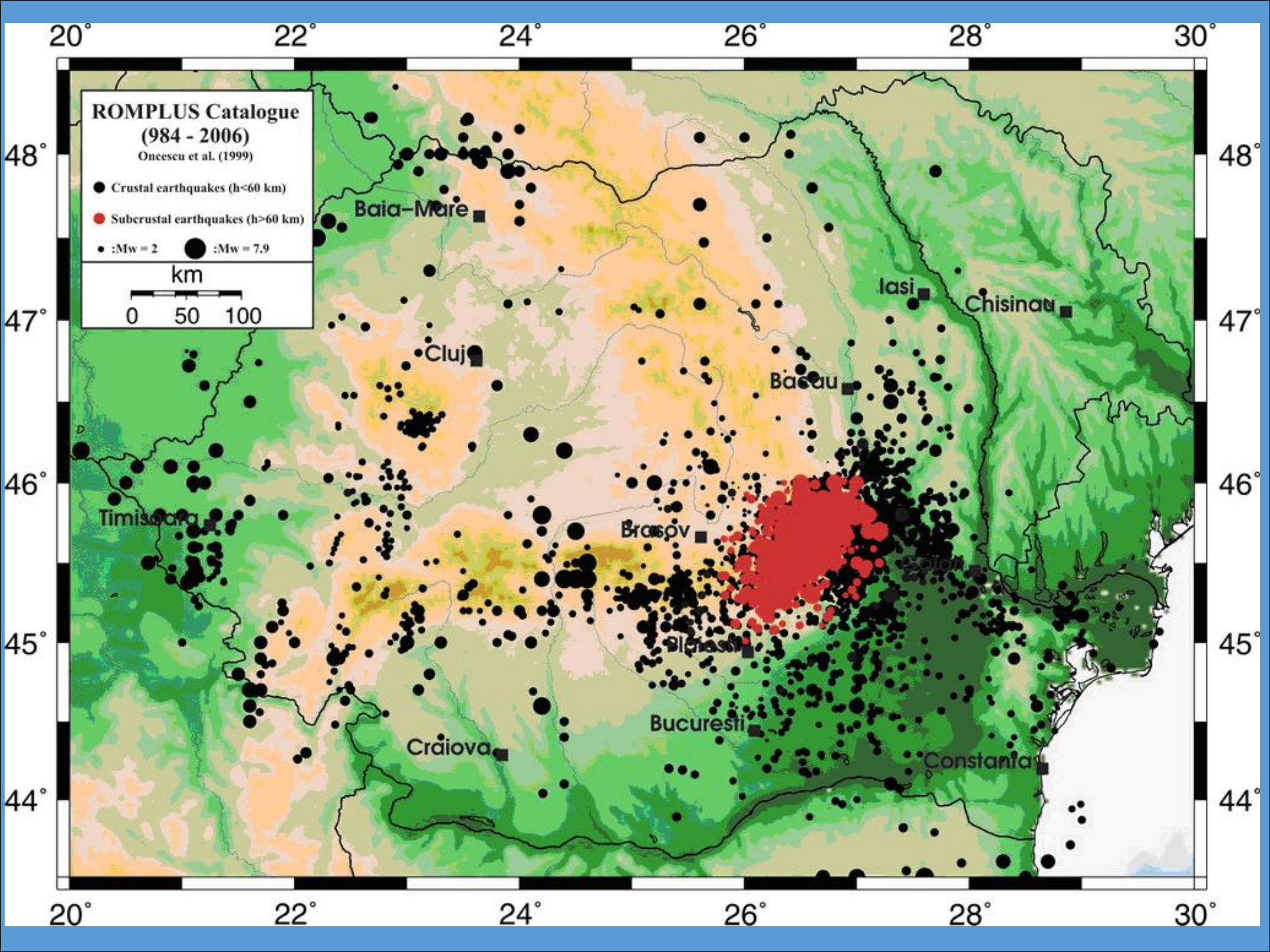
# EMSC manual location

ML 3.1 2009/01/06 - 14:27:44 GMT

Lat 45.59 Lon 26.53 Depth 116.4

Seismicity ISC+EMSC: From 1964 to 06/01/2009 14:00 UTC





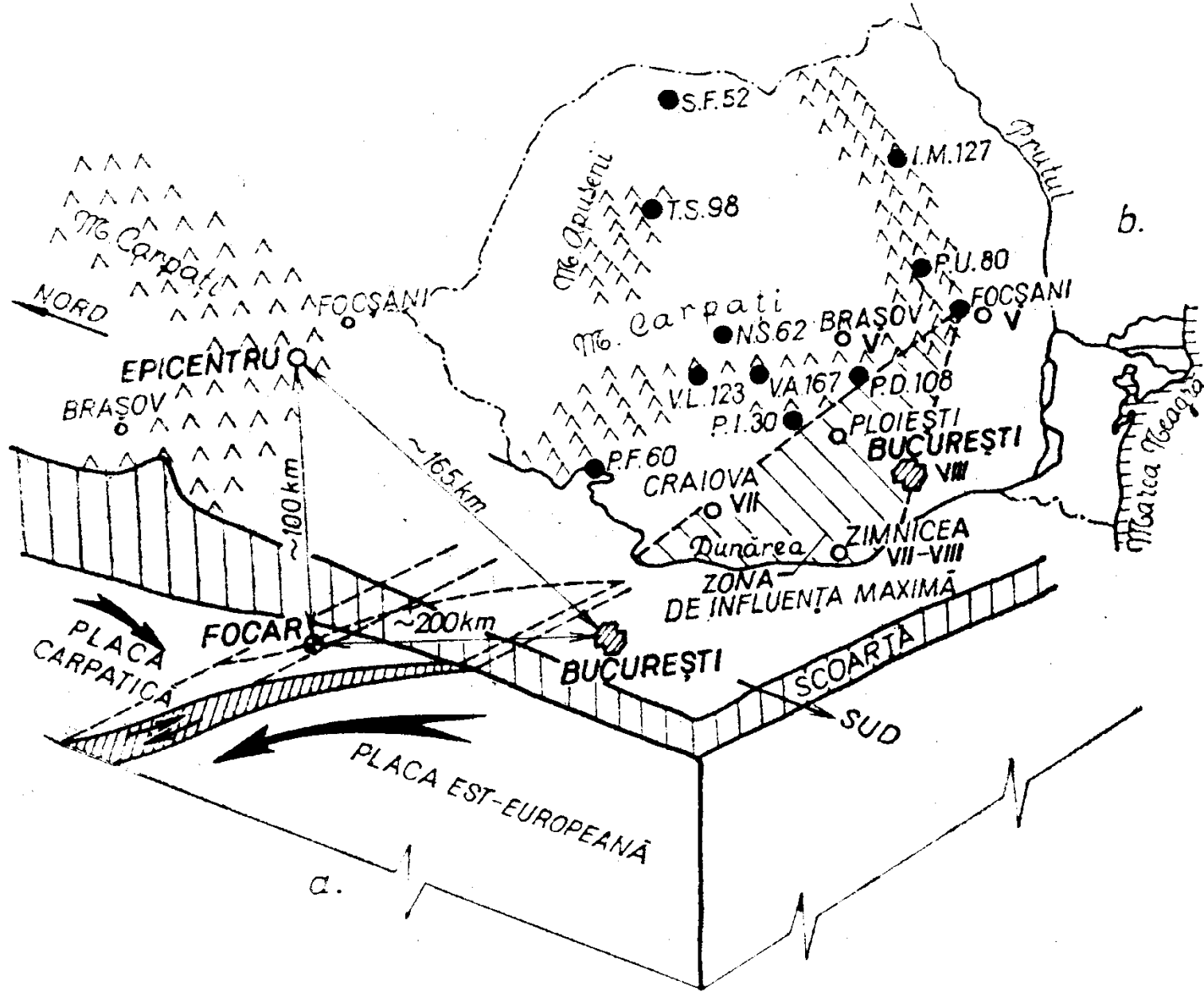
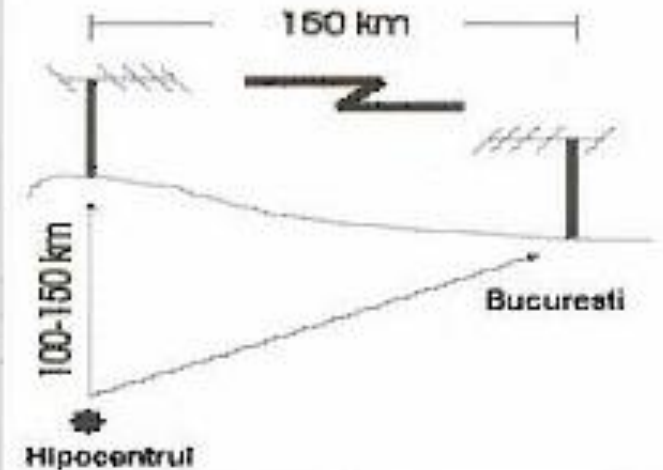
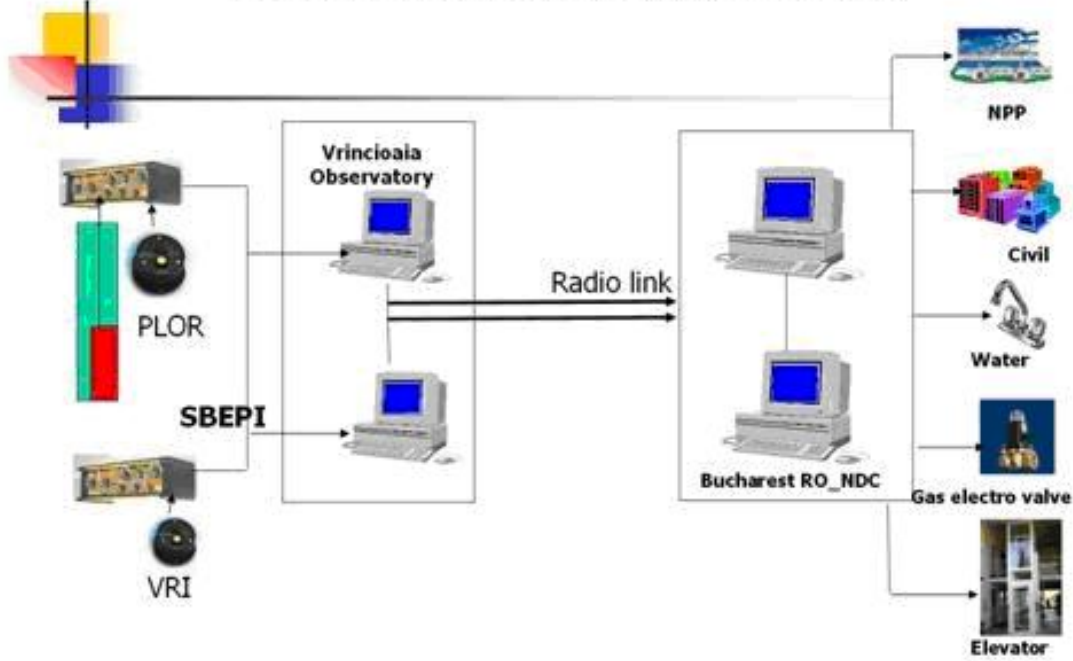


Fig. 1-20. Cutremurul Vrancea, 4.03.1977 :

a — schema mecanismului de producere a cutremurului, b — zona de influență maximă și poziția principalelor baraje.

# SISTEMUL SAS

## DATA FLOW for Vrancea REWS

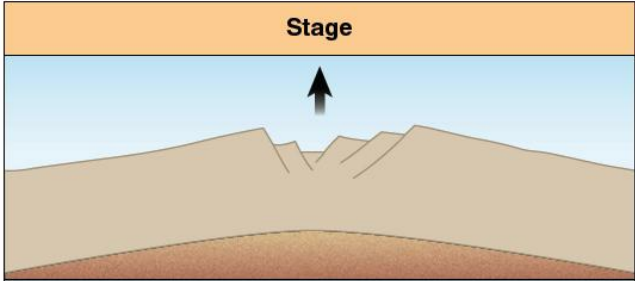
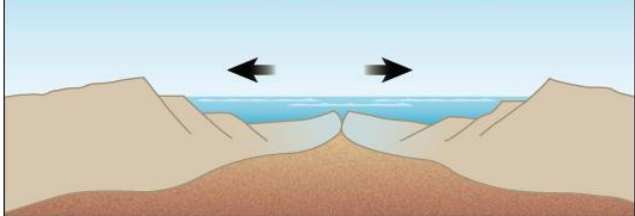
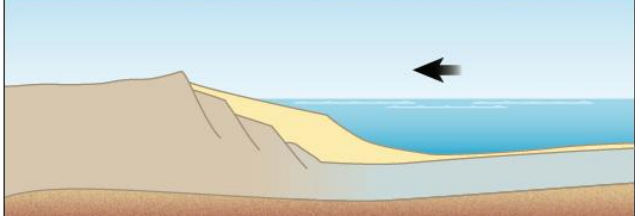
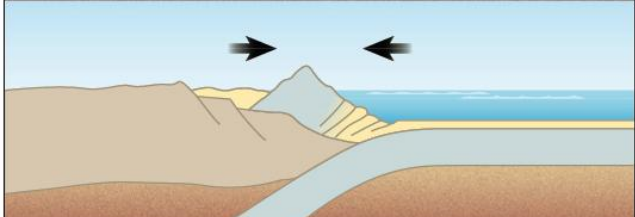
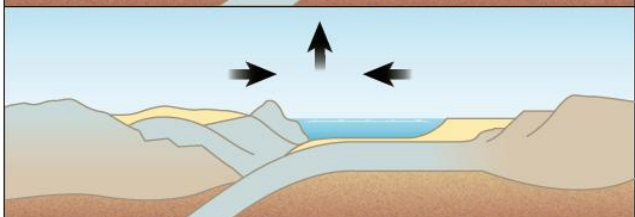
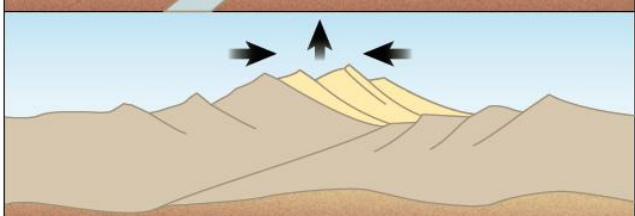


# **V. FORMAREA OROGENELOR**

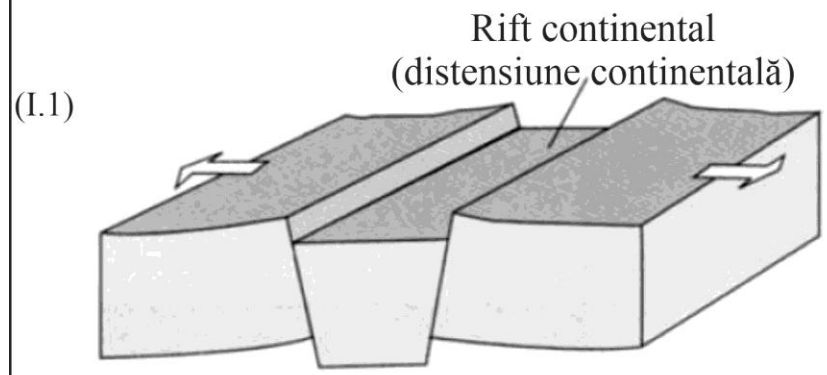
## **MODELUL WILSON - READING**

1. Ciclul distensiv – Wilson
2. Ciclul compresiv – Reading
3. Echilibrarea izostatică

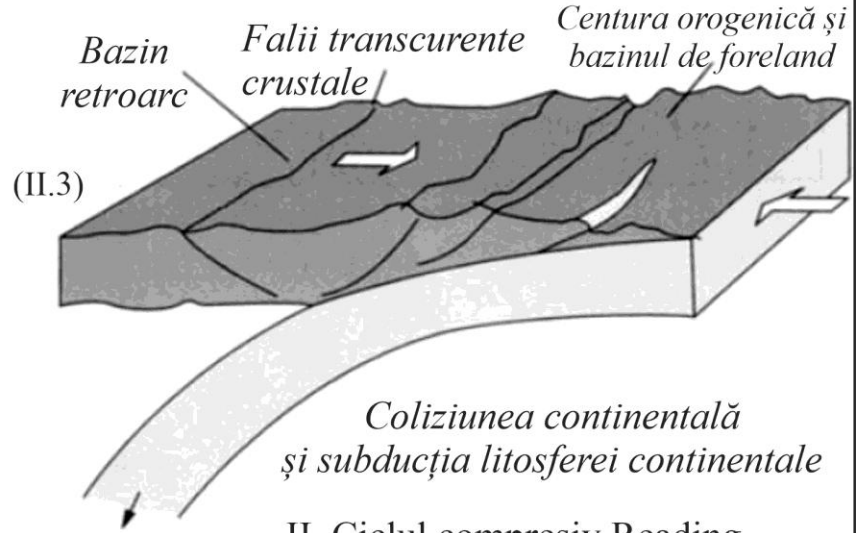
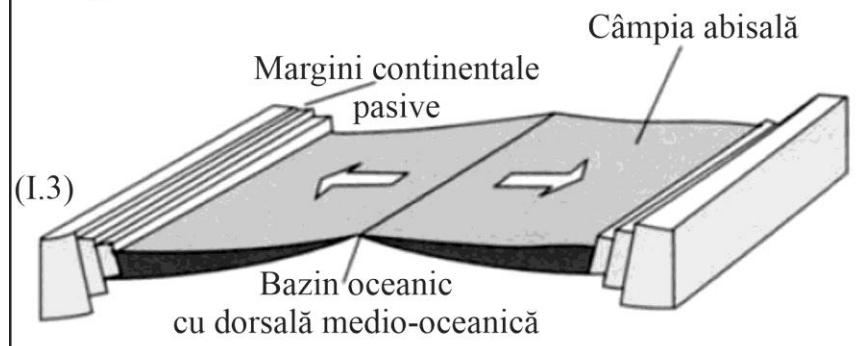
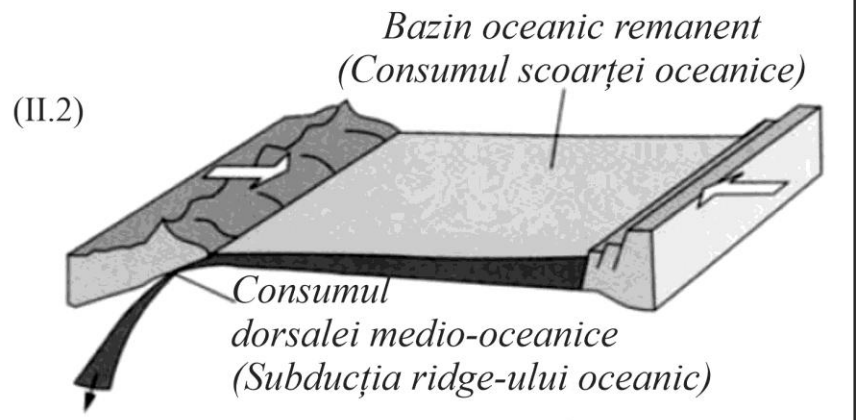
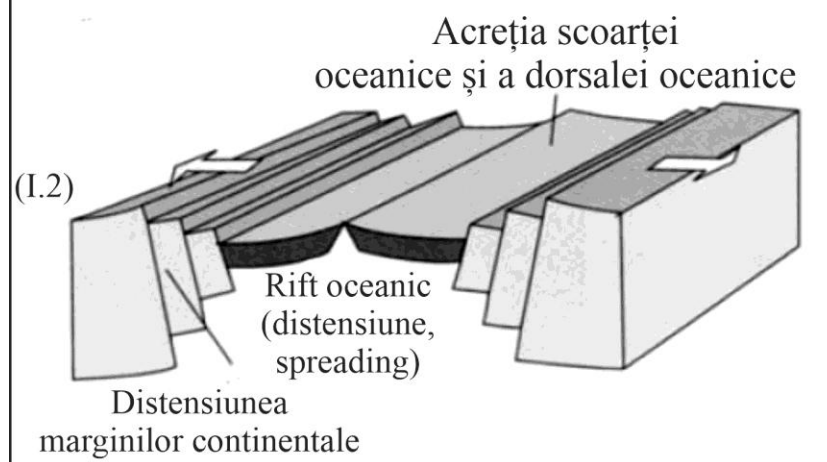
# CICLUL GEOTECTONIC ȘI FORMAREA OROGENELOR

Stage	Motion	Physiography	Example
	Uplift	Complex system of linear rift valleys on continent	East African Rift Valley
	Divergence (spreading)	Narrow seas with matching coasts	Red Sea
	Divergence (spreading)	Ocean basin with continental margins	Atlantic, Indian, and Arctic oceans
	Convergence (subduction)	Island arcs and trenches around basin edge	Pacific Ocean
	Convergence (collision and uplift)	Narrow, irregular seas with young mountains	Mediterranean Sea
	Convergence (and uplift)	Young to mature mountain belts	Himalayas

CICLUL WILSON-READING. FORMAREA BAZINELOR DE SEDIMENTARE ȘI OROGENELOR



(Sursa: Allen & Allen, Analiza bazinelor, 2013)



I. Ciclul distensiv Wilson

II. Ciclul compresiv Reading

# CICLUL GEOTECTONIC ÎN FUNCȚIE DE TIPUL DE SUBDUȚIE

1. Subducție placă oceanică – placă oceanică.

Coliziune continent-arc insular.

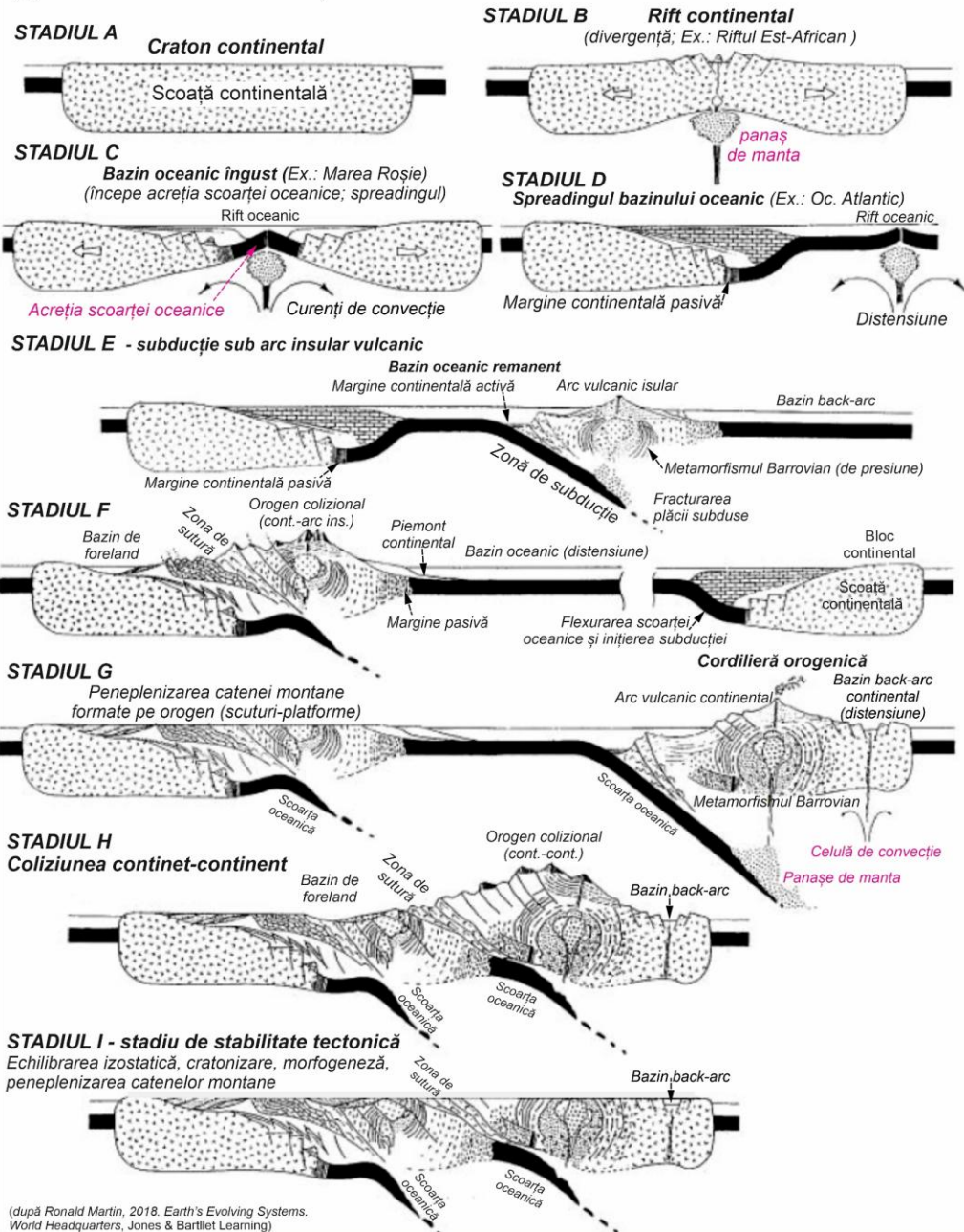
2. Subducție placă oceanică – placă continentală.

Coliziune continent-continent, cu formarea arcurilor vulcanice continentale.

## OROGENEAZĂ CONFORM DINAMICII LITOSFERICE MODERNE (TEORIA TECTONICII GLOBALE)

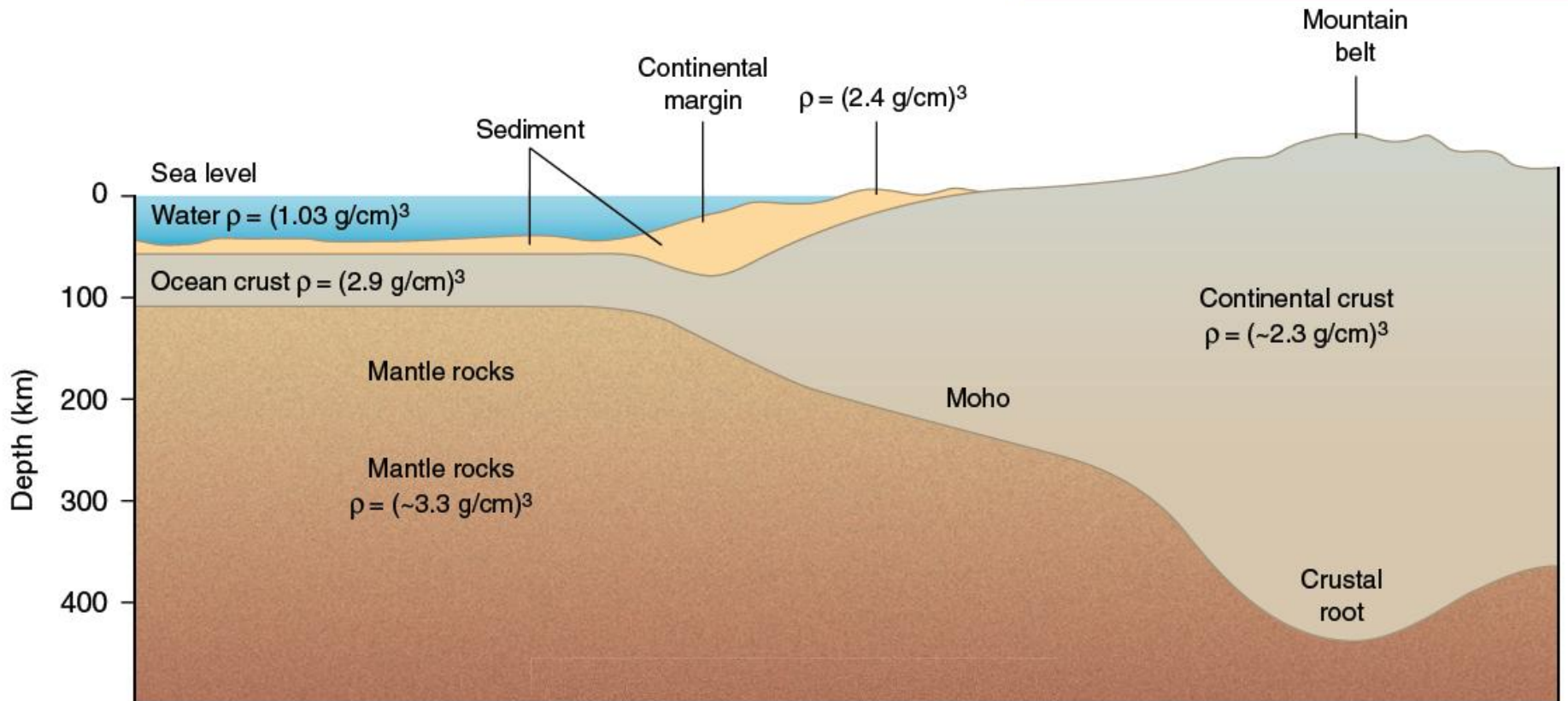
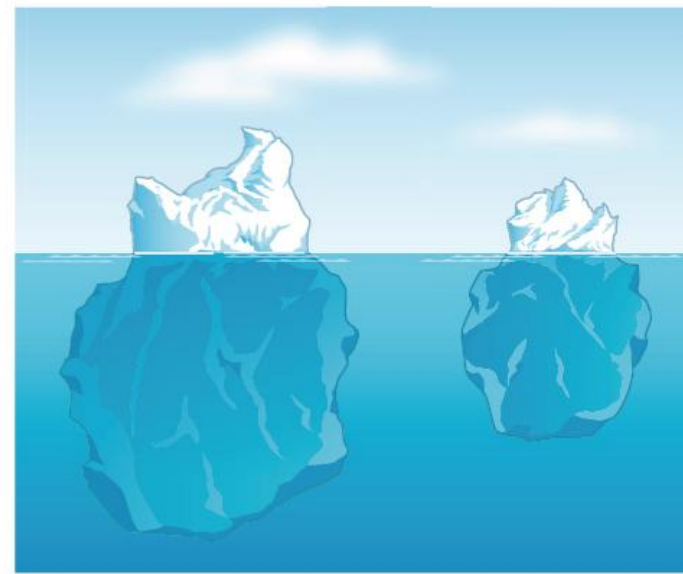
### EVOLUȚIE:

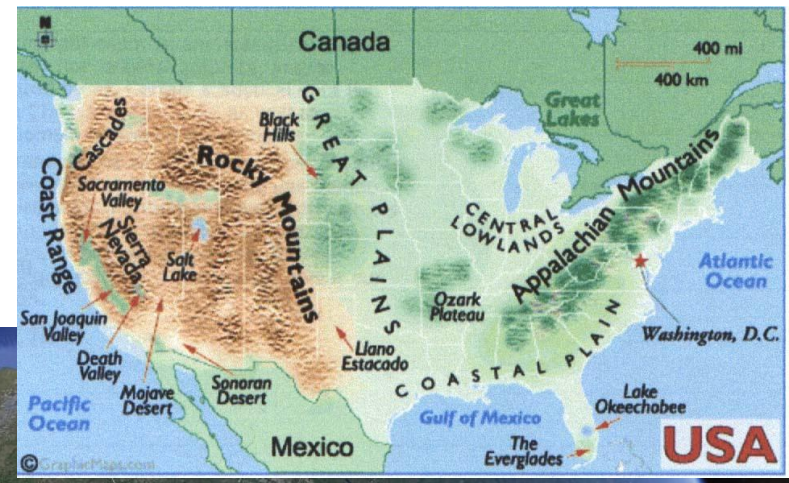
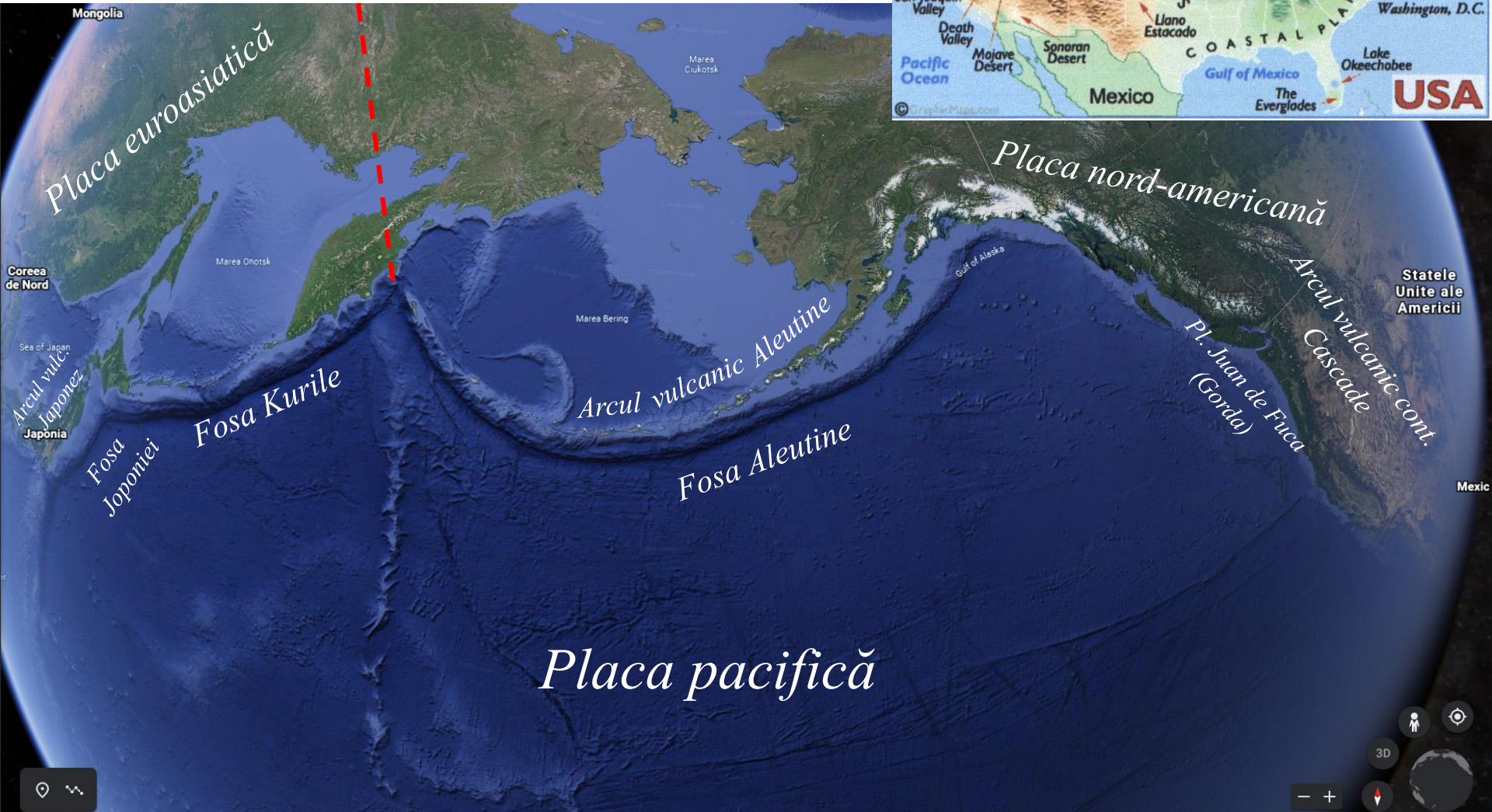
- (1) CICLUL DISTENSIV - WILSON (FORMAREA BAZINELOR OCEANICE; STADIILE A, B, C ȘI D)
- (2) CICLUL COMPRESIV - READING (CONSUMUL BAZINELOR OCEANICE; STADIILE E, F, G ȘI H)
- (3) ECHILIBRAREA IZOSTATICĂ ȘI CRATONIZAREA CONTINENTALĂ

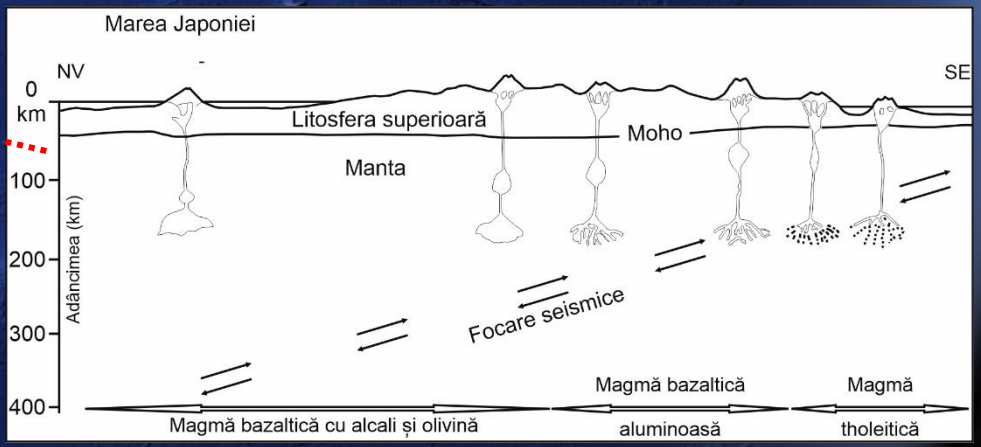
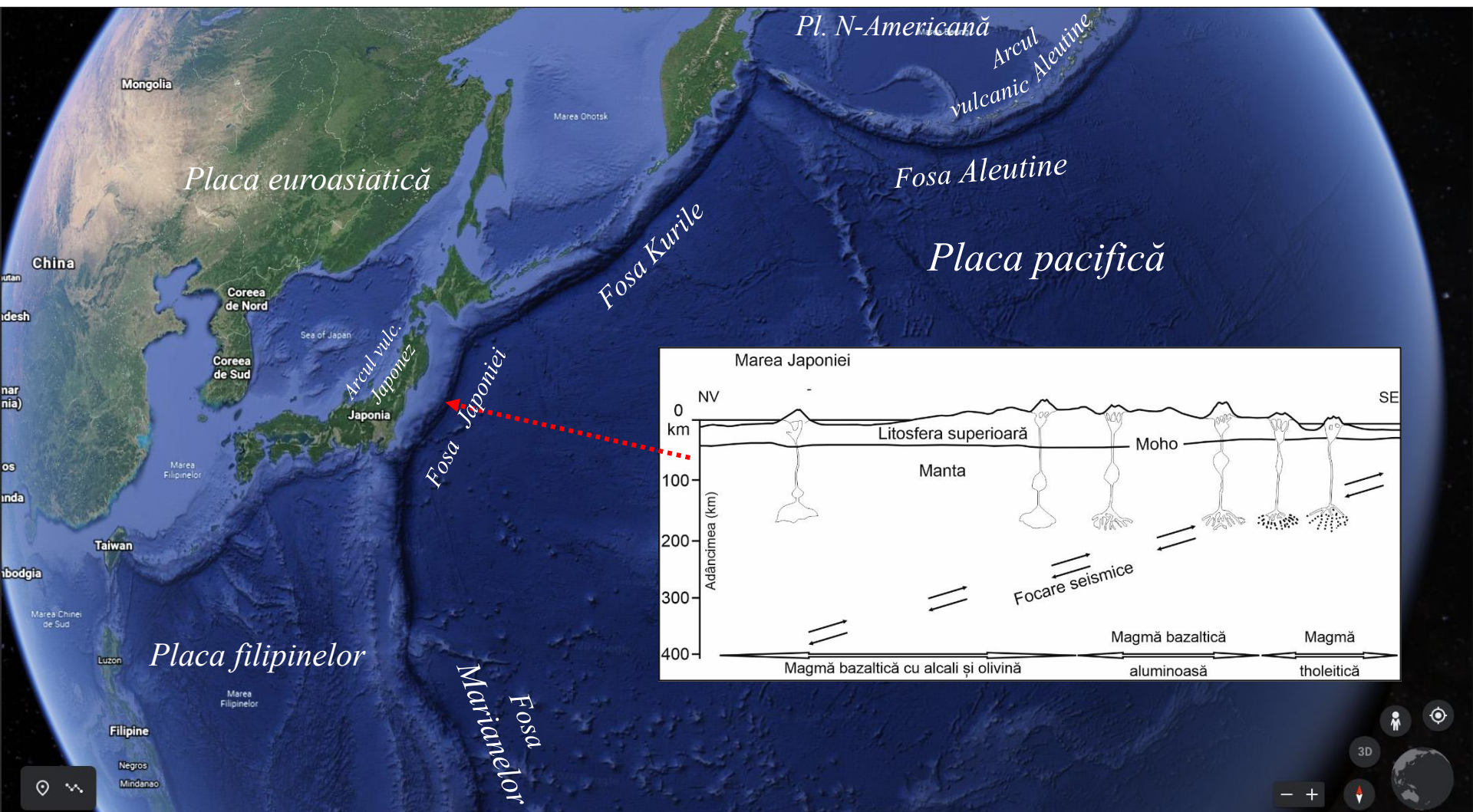


# Stadiul I

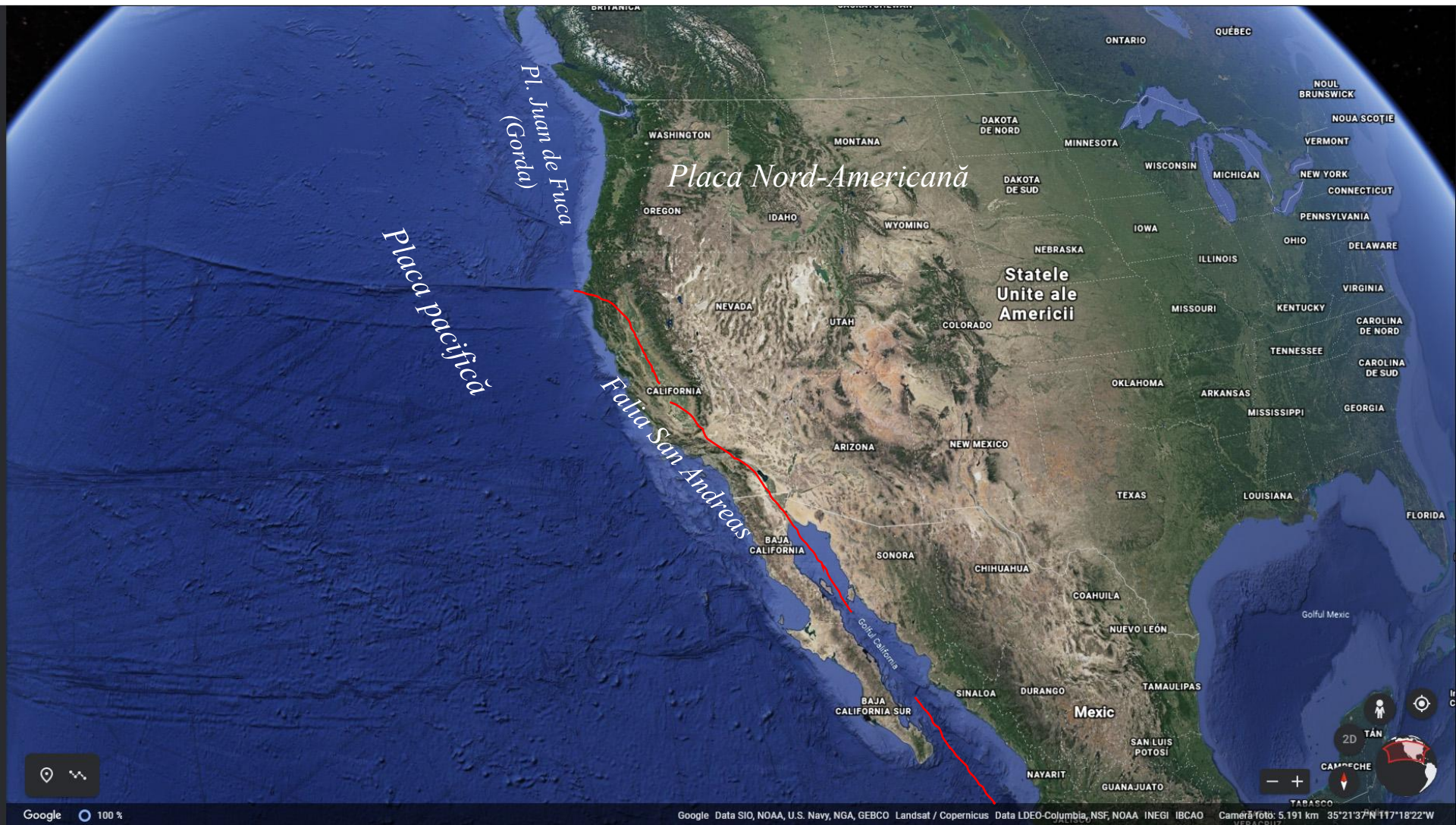
## *Echilibrarea izostatică*







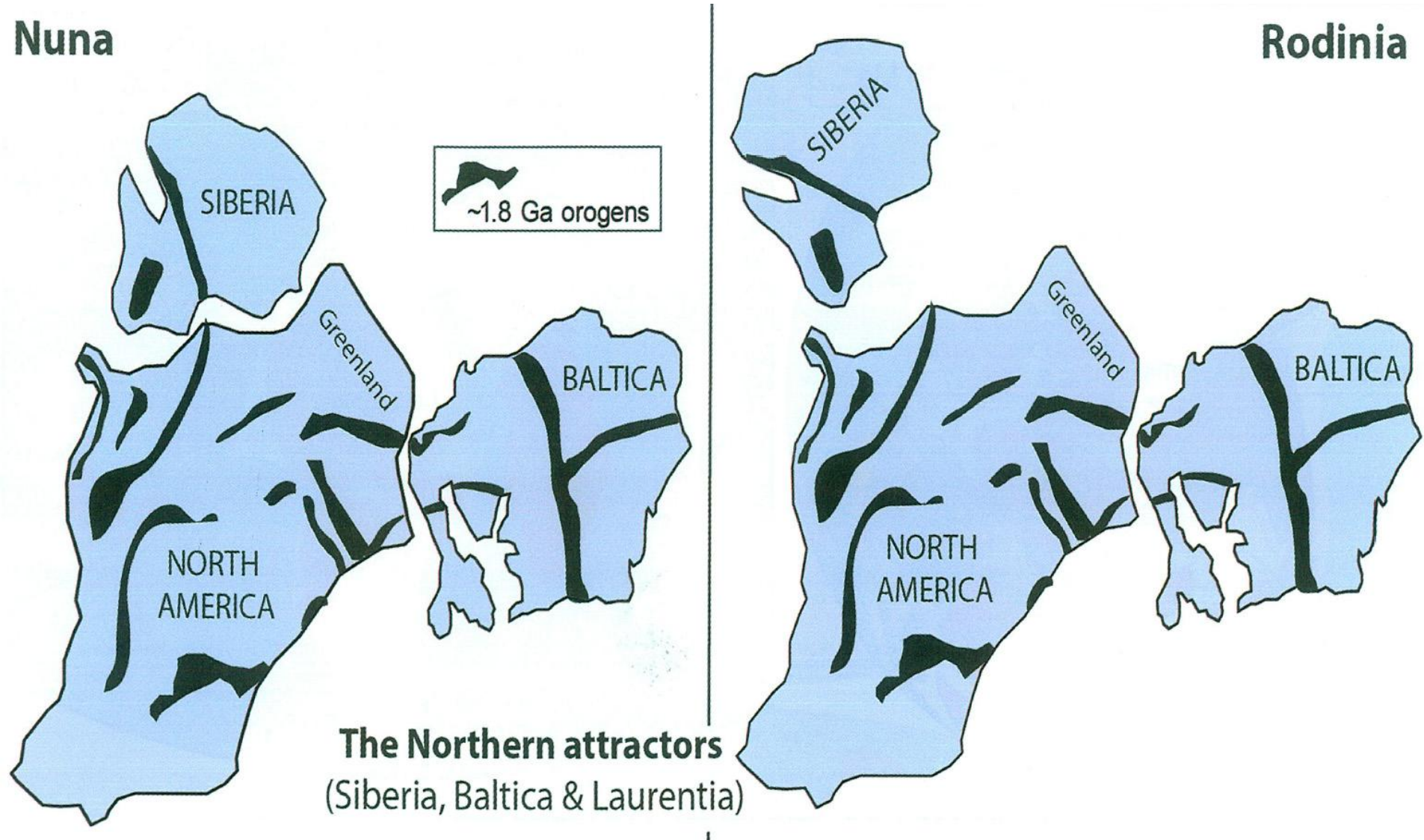


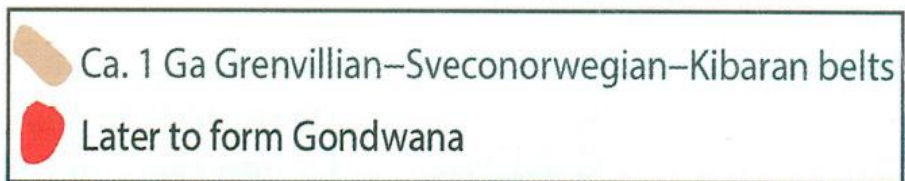
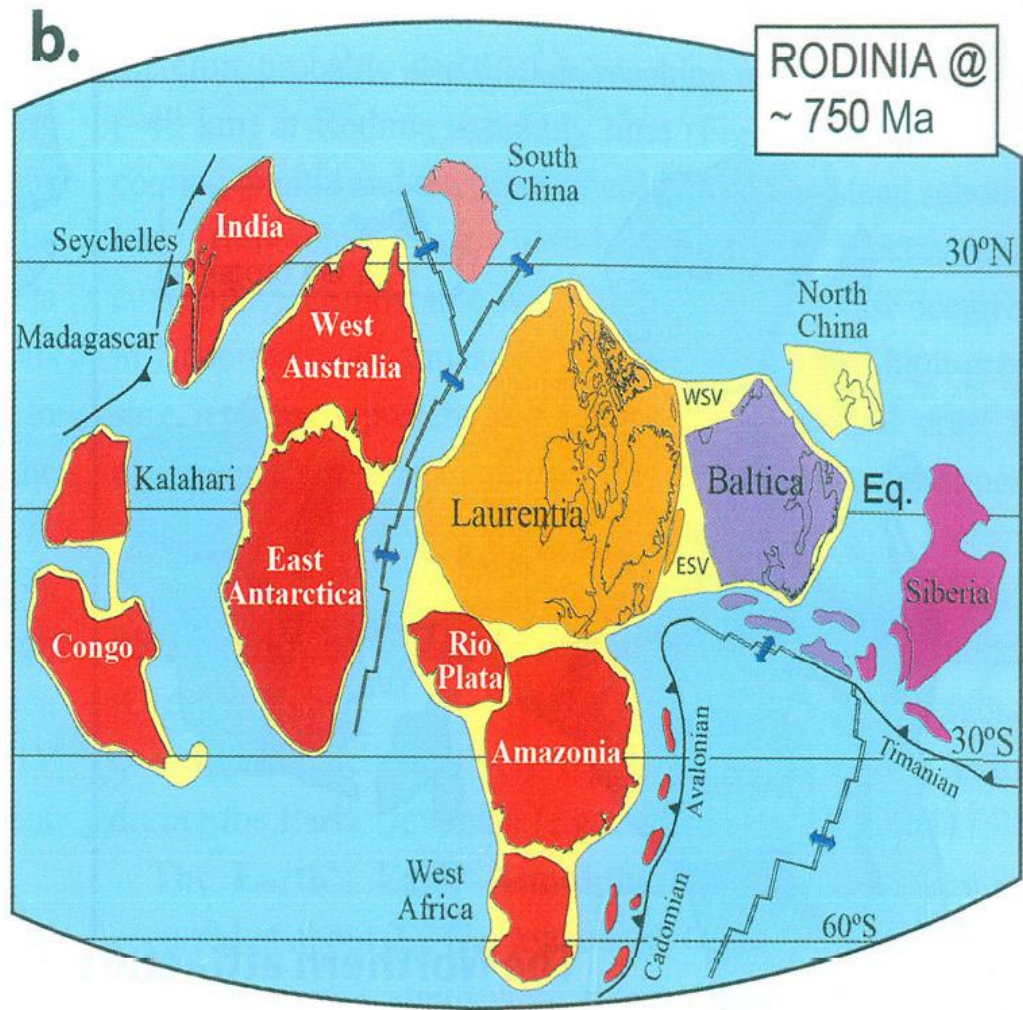
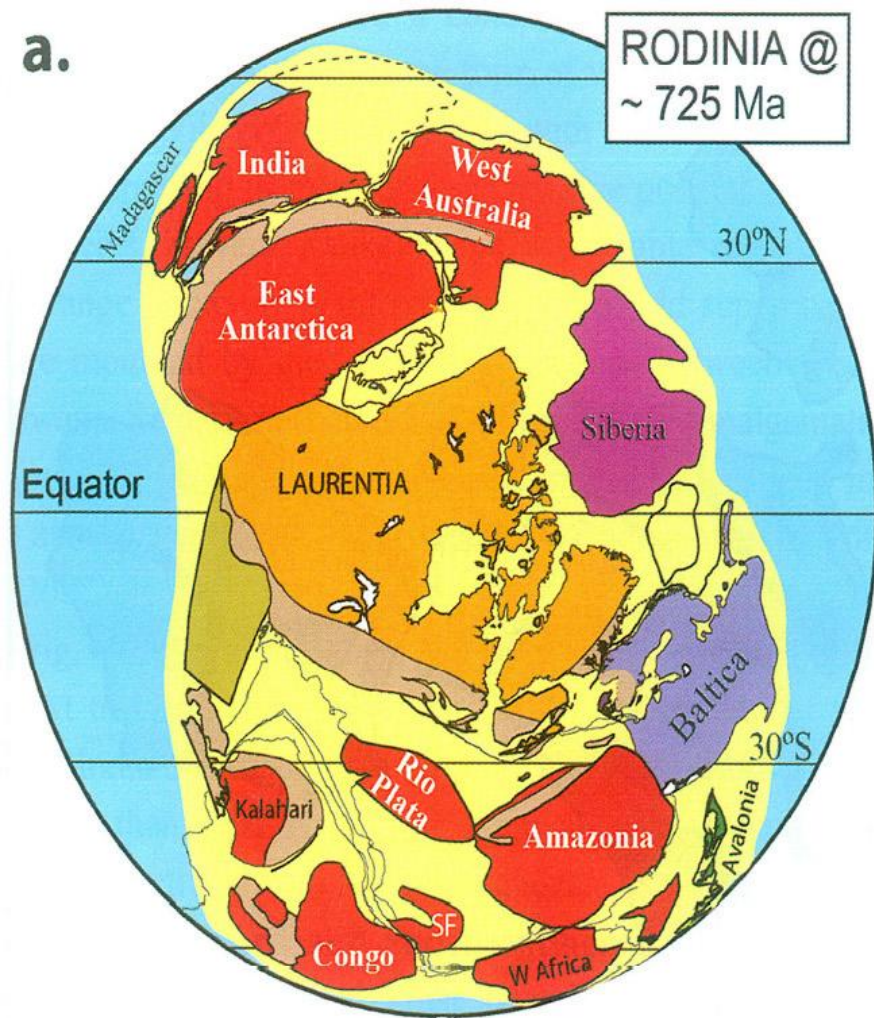


## **VI. CONSECINȚELE PALEOGEOGRAFICE ALE DINAMICII LITOSFERICE**

# DINAMICA LITOSFERICĂ ȘI EVOLUȚIA PALEOGEOGRAFICĂ A GLOBULUI

(Sursa: Torvsvik Trond & Cocks Robin, 2017. *Earth History and Palaeogeography*. Cambridge University Press)





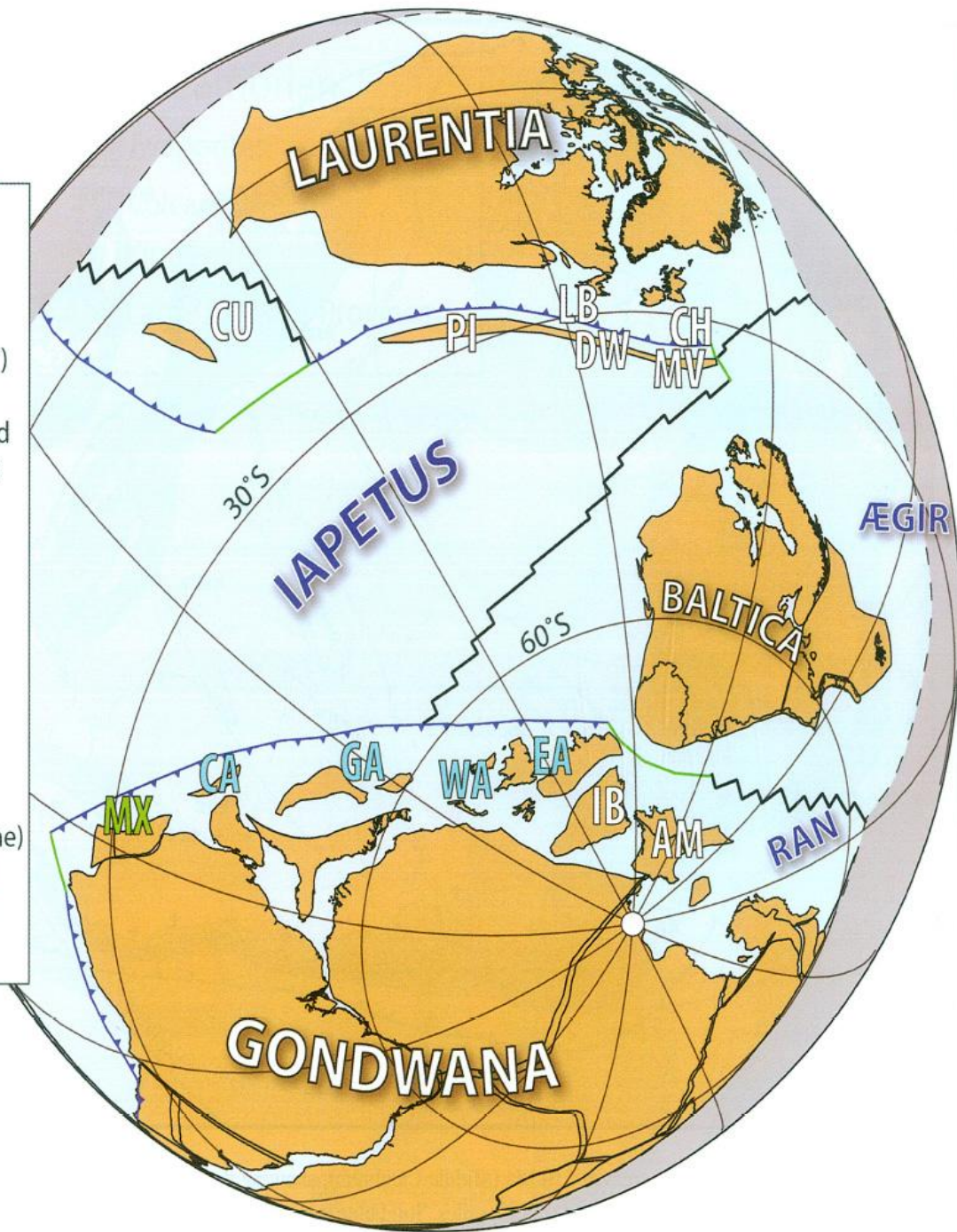
## PANNOTIA – 545 Ma

Reasamblarea  
blocurilor  
continentelor  
după  
fragmentarea  
Rodinei (~725 Ma)

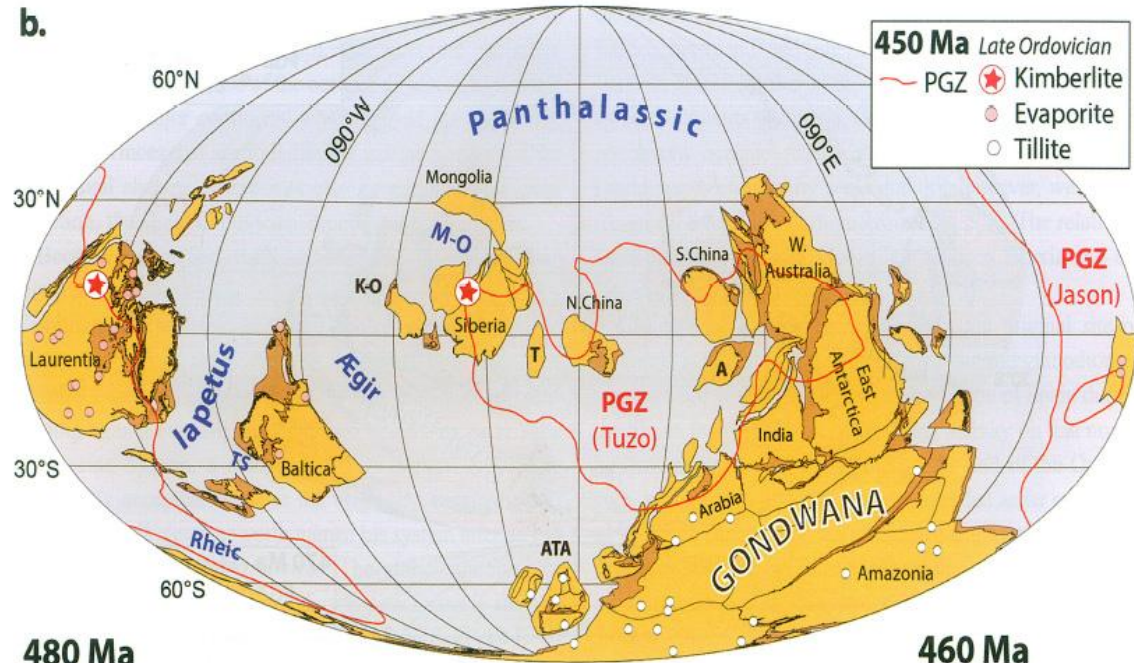


## Cambrian 500 Ma

- AM** (Armorican Massif)
- CA** (Carolinia)
- CH** (Clew Bay-Highland  
Border complexes)
- CU** (Cuyania)
- DW** (Dashwoods  
microcontinent)
- EA** (East Avalonia)
- GA** (Ganderia)
- IB** (Iberia)
- LB** (Lushs Bight  
intra-oceanic arc)
- MV** (Midland Valley-  
South Mayo terrane)
- MX** (Mixteca-Oaxaca)
- PI** (Eastern Piedmont)
- WA** (West Avalonia)



b.



**480 Ma**

Early Ordovician

**460 Ma**

Middle Ordovician

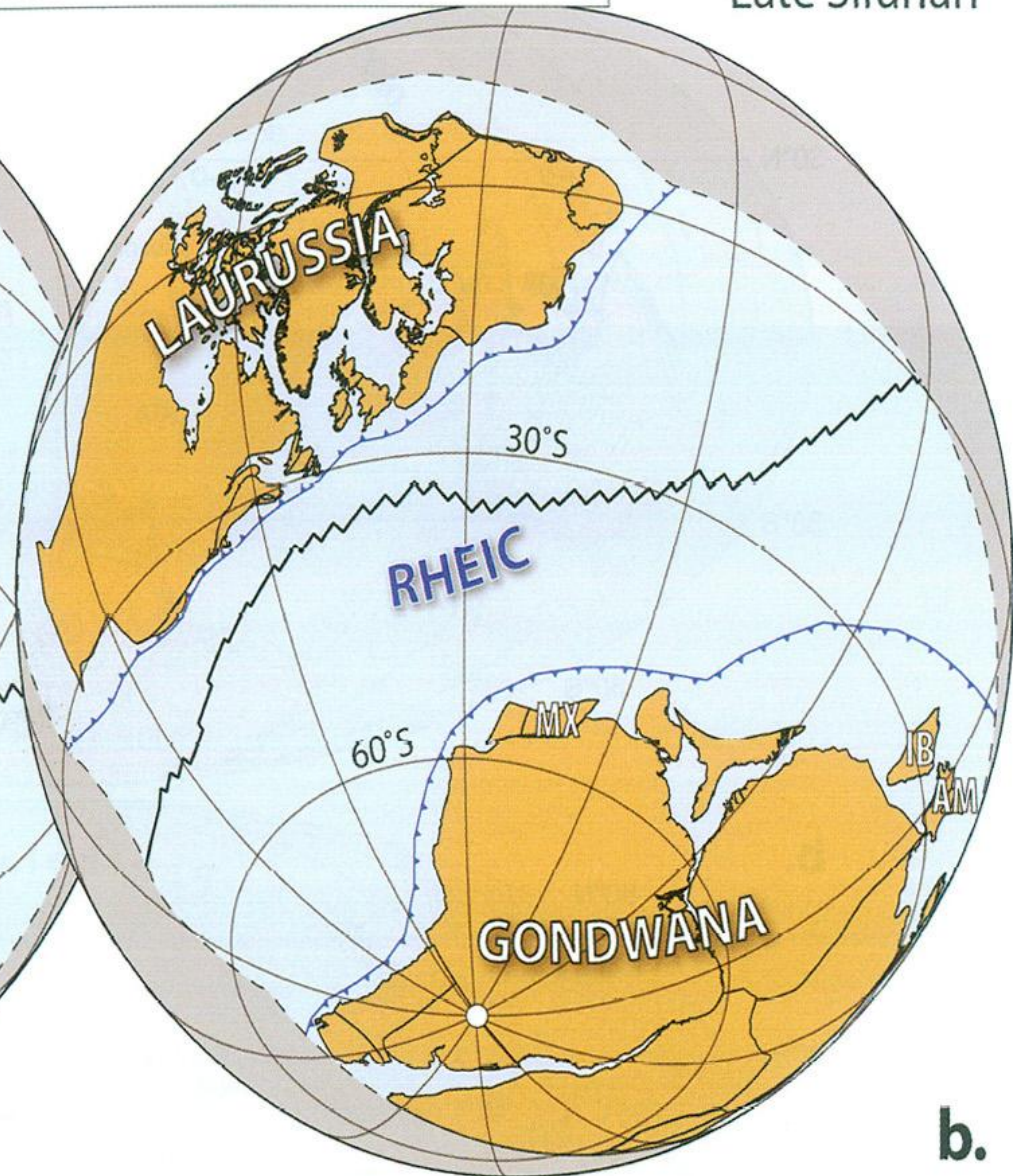
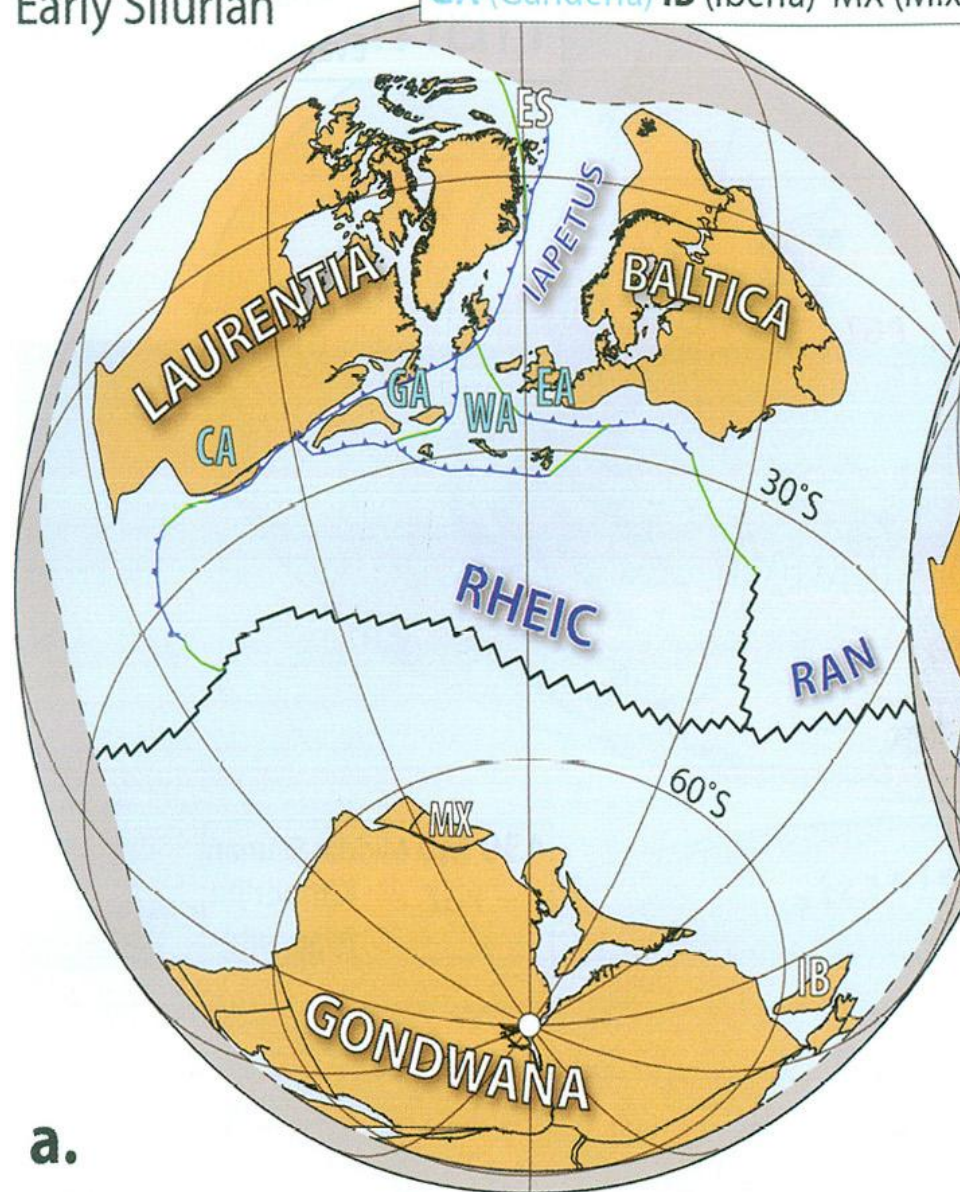


a.

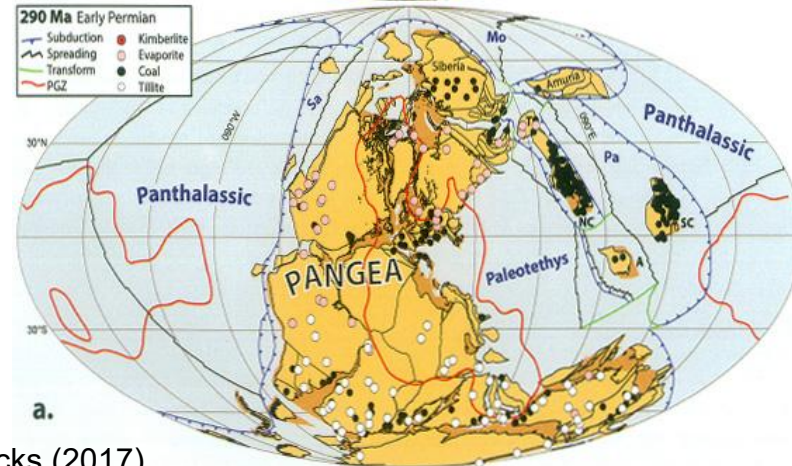
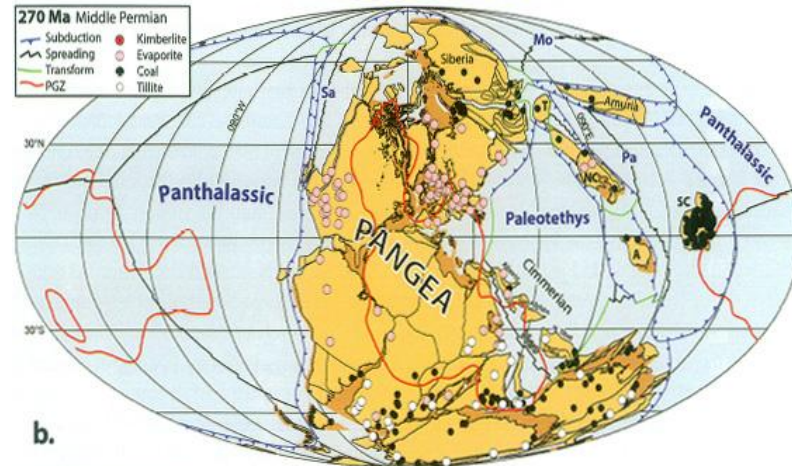
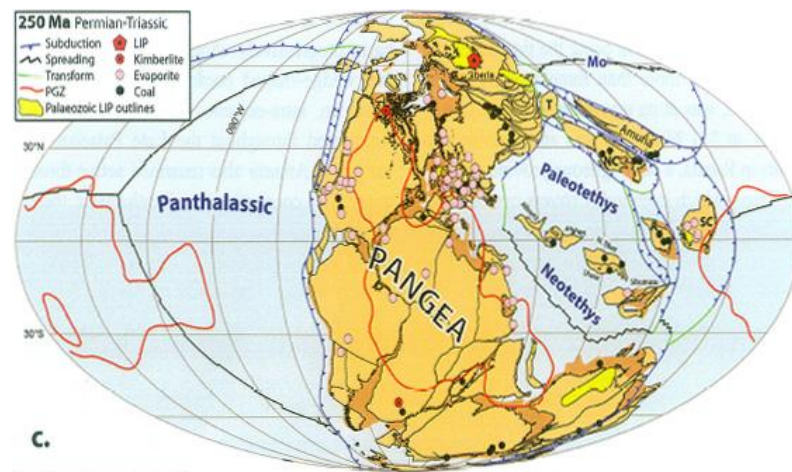
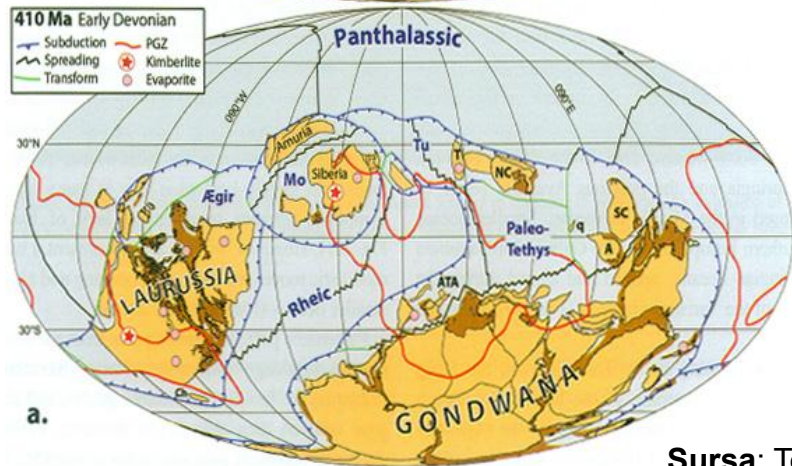
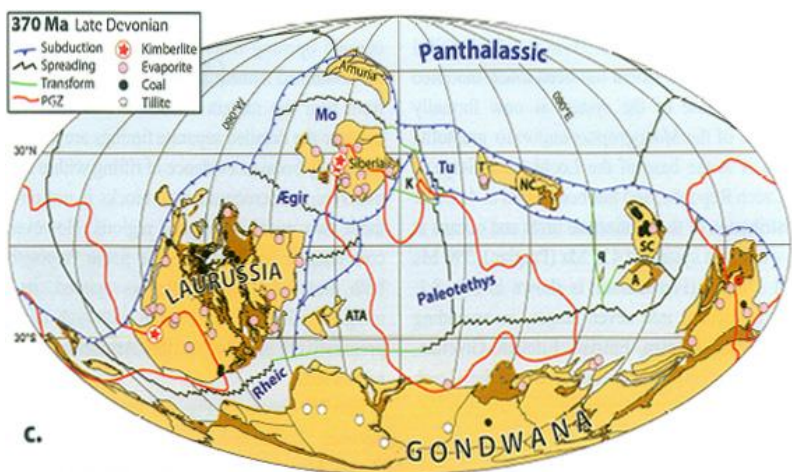
**440 Ma**  
Early Silurian

AM (Armorica) CA (Carolina) EA (East Avalonia) ES (East Svalbard)  
GA (Ganderia) IB (Iberia) MX (Mixteca-Oaxaca) WA (West Avalonia)

**420 Ma**  
Late Silurian



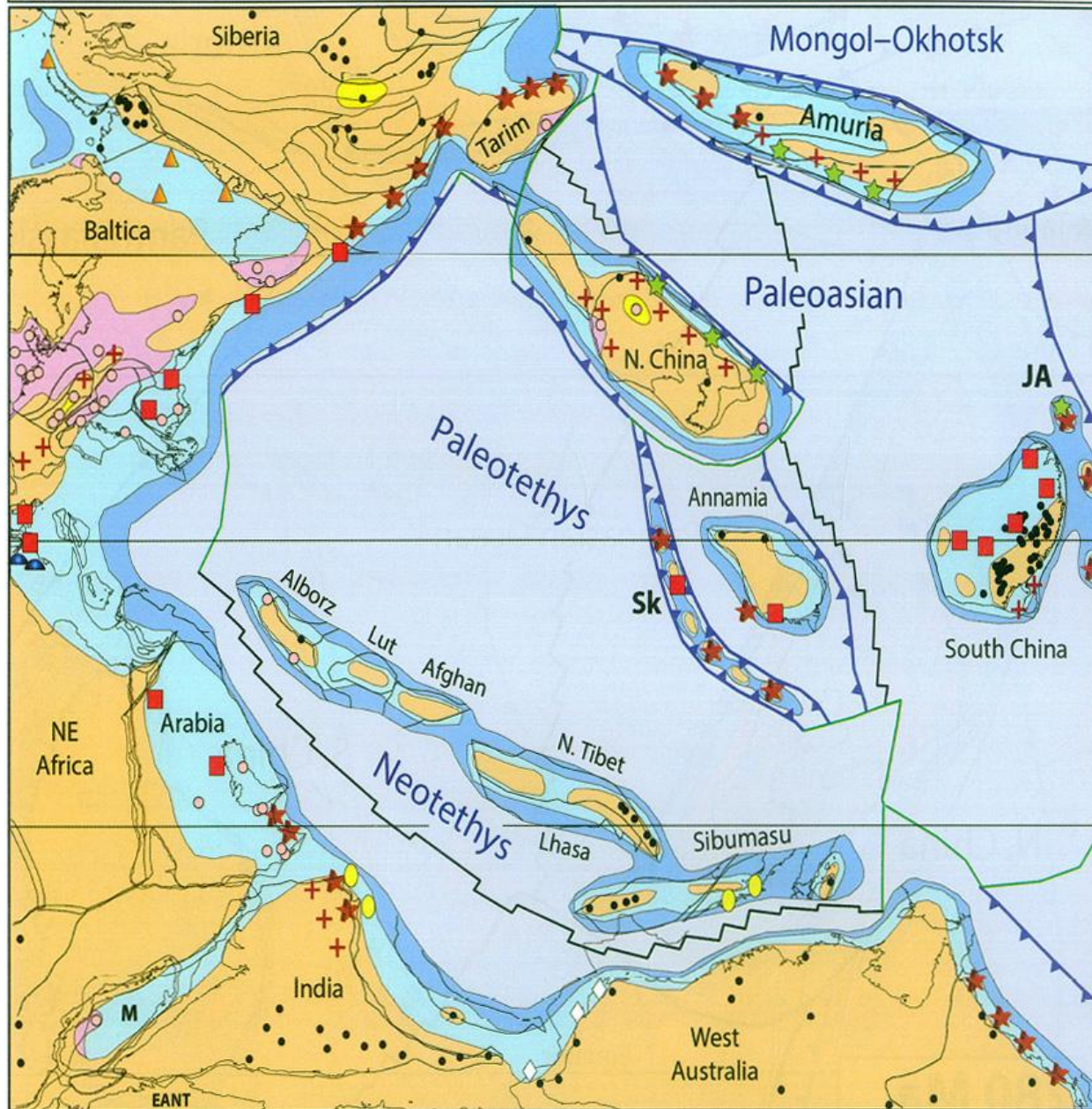
Sursa: Torsvik și Cocks (2017)



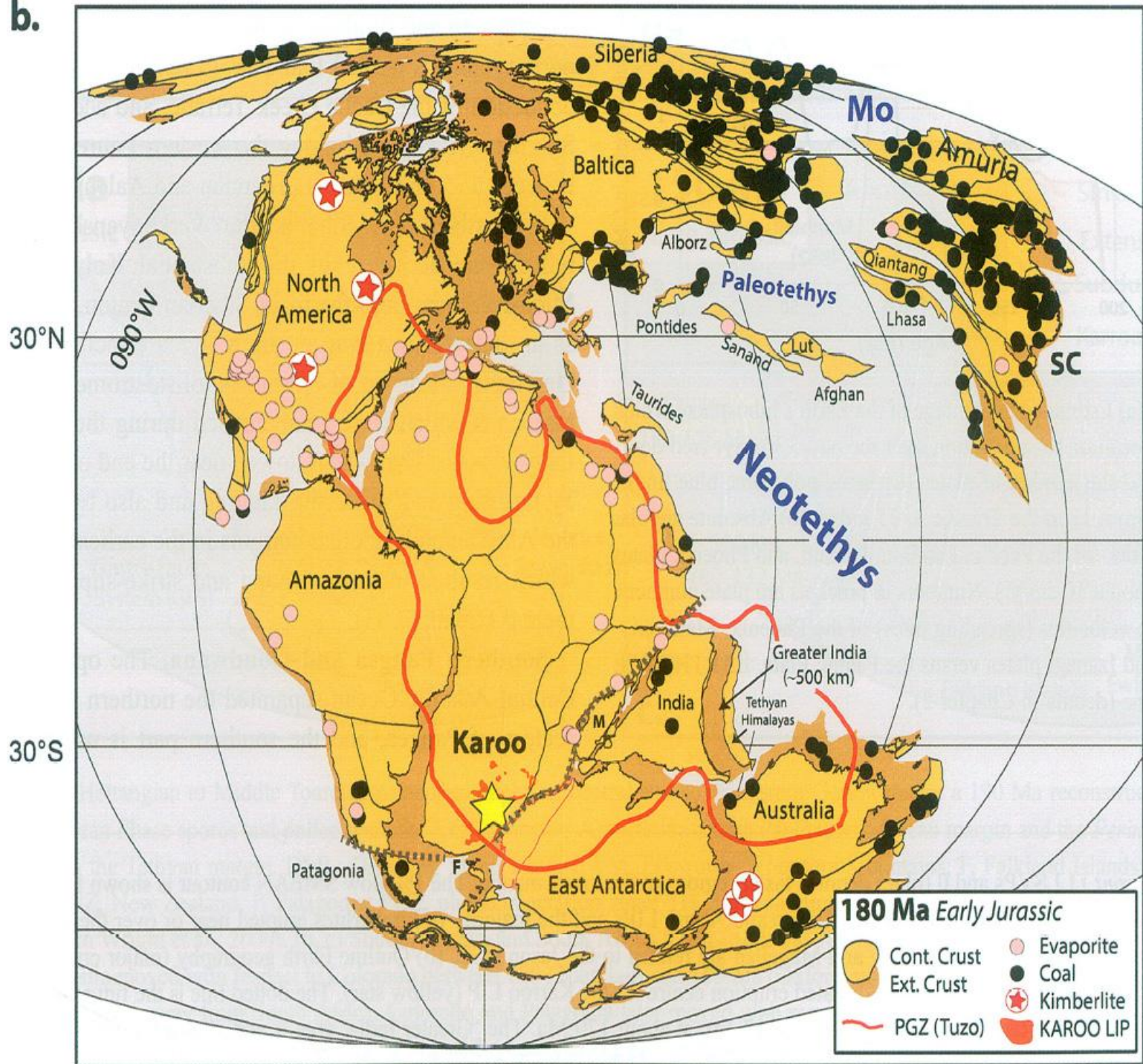
# 265 Ma Middle Permian (Capitanian)

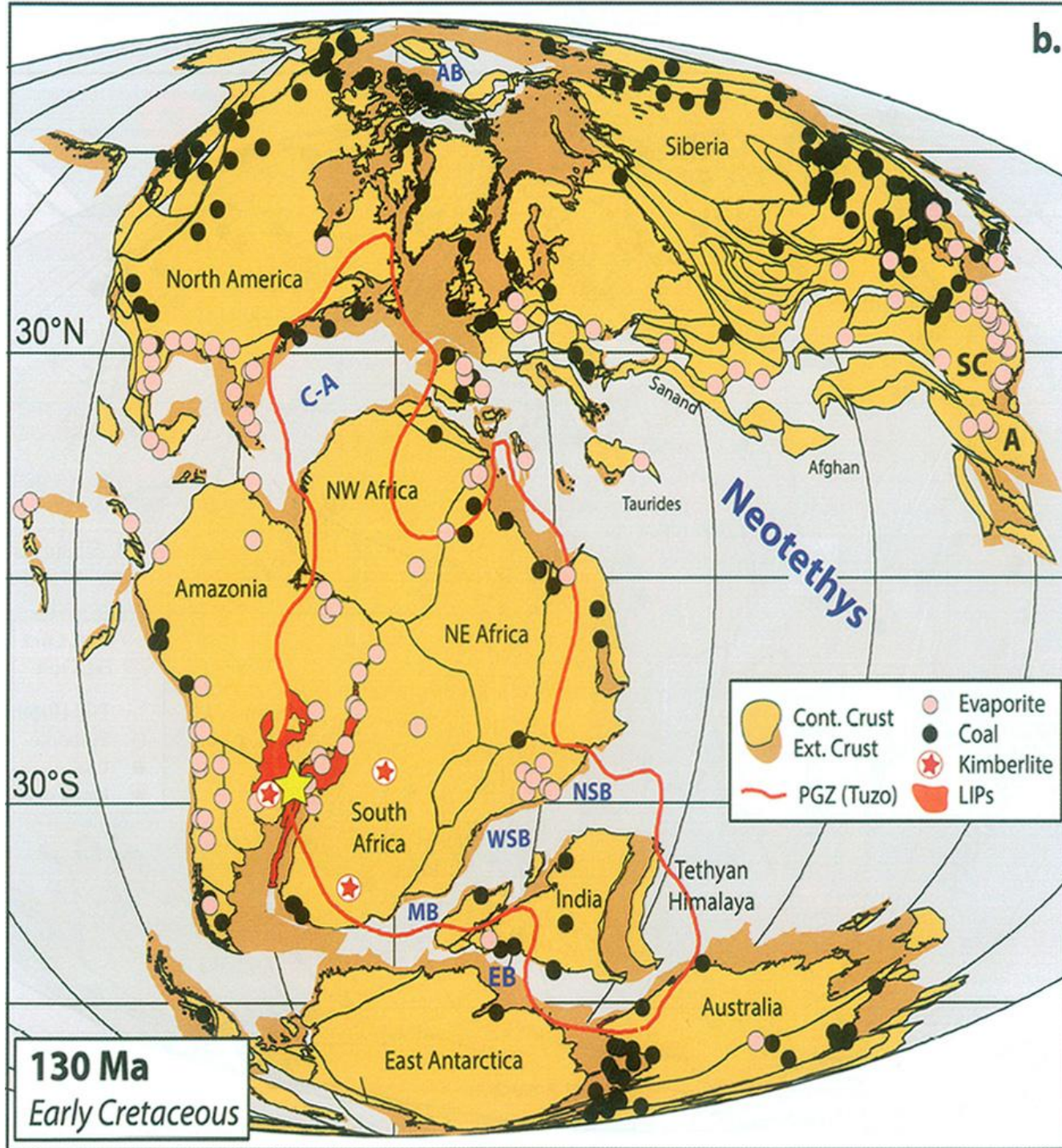
## Brachiopod provinces:

- |               |            |            |           |       |            |           |
|---------------|------------|------------|-----------|-------|------------|-----------|
| Land          | Deep Shelf | Evaporites | Plutons   | Reefs | Westralian | Cimmerian |
| Shallow Shelf | Ocean      | Lakes      | Volcanics | Coal  | Cathaysian | SMI       |
|               |            |            |           |       | European   |           |



b.





b.

