

Le volcanisme et les crises de la biodiversité



Mark Garlock/Getty Images

<https://www.washingtonpost.com/news/speaking-of-science/wp/2014/12/11/did-a-massive-volcanic-eruption-in-india-kill-off-the-dinosaurs/>

Les 4 types d'éruptions aériennes « ordinaires ».

C'est ça qu'on apprend à l'école. Il y a des éruptions de ces types au moins plusieurs fois par an ou par siècle quelque part dans le monde.



<http://www.tourism.com/hotels/india/indian-islands-dazzling-pearls-in-the-ocean/>

Cône de scories



<http://study.com/academy/lesson/lava-flow-definition-types.html>

Coulée de lave



<http://www.heraldsun.com.au/travel/travel-news/ash-from-mount-kelud-volcanic-eruption-arounds-again-flights-impacts-qantas-jetstar/story-fhjv9m-1226827528223>

Dôme de lave



<http://www.jpb-image.com/Sharjah/4/d42bvolcan/4d2b1volc.html>

Nuée ardente

Tout ça n'agit que très localement sur la biosphère !
Voyons ça !



<http://www.volcanodiscovery.com/fr/photos/krakatau/juin09/image3.html>

Premier type d'éruption : les cônes de scories en cours d'édification (Anak Krakatoa, 2009)



Un cône de scories après 60 ans de repos (Parícutin, 1942 -2003)

<http://200metersinheight.weebly.com/another-scenic-volcano.html>



Ca fait des dégâts matériels locaux, mais pas (ou très peu) de victimes humaines (Capelinhos, 1958)



Photographie : Pierre Thomas

Zéro mort, certes, mais végétation, villages et cultures sont détruits (Capelinhos, 1986, 30 ans après l'éruption)



Zéro mort, certes, mais végétation, village et cultures sont détruits (Capelinhos, 1986).

La biosphère locale est perturbée, mais seulement au niveau local. Et au bout de quelques années, la végétation repart.



<http://www.arsens.org/IMG/pdf/arsens20090901.pdf>

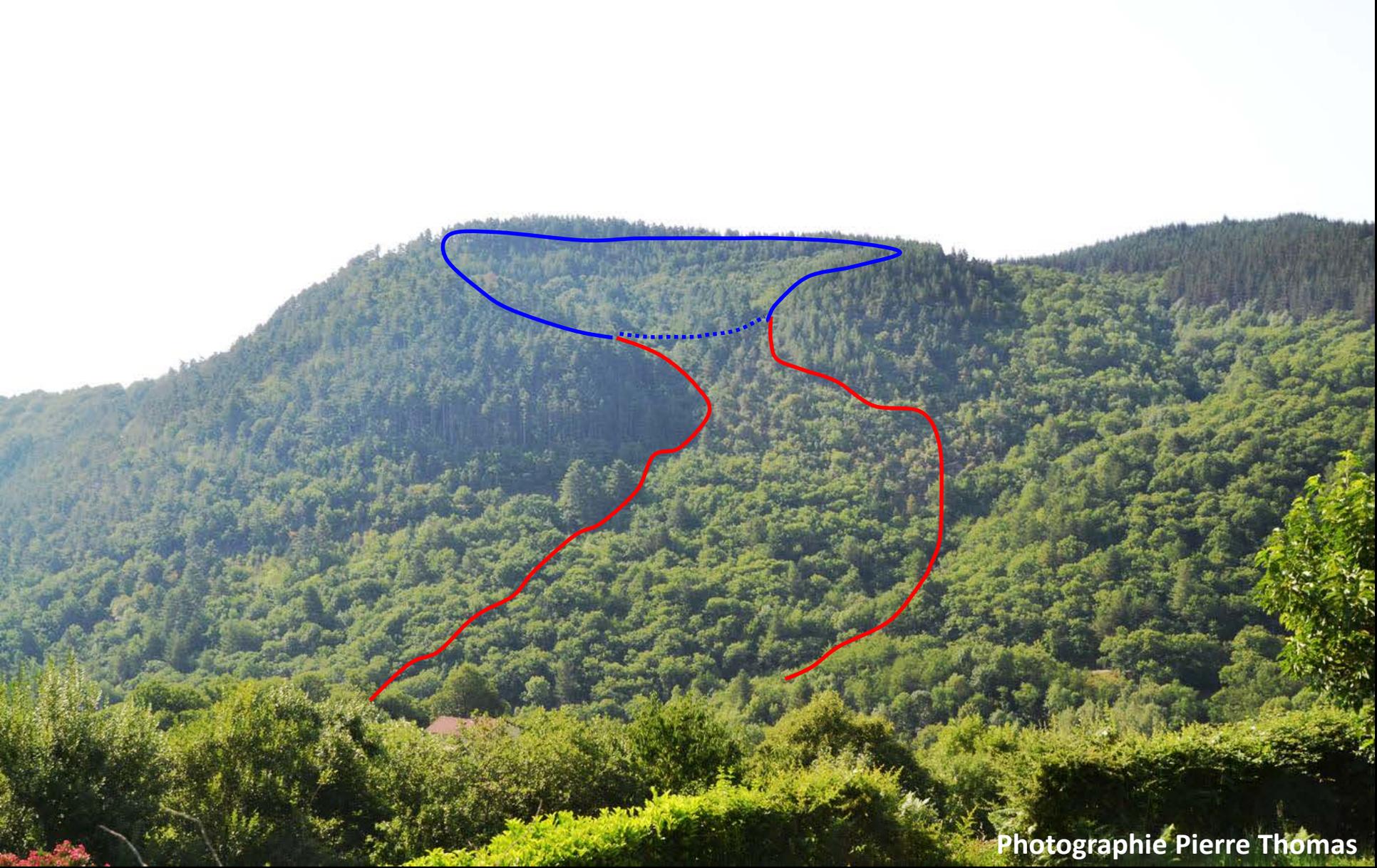
Photographie : Jean-François Moyen

Deuxième type d'éruption : les coulées de lave (ici, dans l'Enclos du Piton de la Fournaise, 2001)



Photographie Pierre Thomas

La même chose en Ardèche (la coupe d'Aizac), en 2015



Photographie Pierre Thomas

Avec de l'habitude, on devine encore. Mais les touristes sont très déçus, voire incroyables à cause des arbres.



De Veyrac. Del.

CRATERE DE LA MONTAGNE DE LA COUPE, AU COLET D'AISA,
 Avec un Courant de Lave qui donne naissance à un pavé de basalte prismatique.

C. Fossard Sculp.

RECHERCHES
 SUR
LES VOLCANS ÉTEINTS
 DU VIVARAIS
 ET DU VELAY;

Avec un Discours sur les Volcans brûlés, des Minéraux analogiques
 sur les Schistes, la Zéolite, le Basalte, la Ponceolane, les Laves
 & les différentes Substances qui s'y trouvent engagées, &c.

Par M. FAUJAS DE SAINT-FOND.



A GRENOBLE,
 Chez JOSEPH CUCHET, Imprimeur-Libraire de Monsieur le Duc d'Orléans.
 A PARIS,
 Chez JNYONVain, Libraire au Salon-Neuf-de-Bourbon.
 Chez LÉNEE et MASQUELIER, Libraires, rue des Francs-Bourgeois, Près St-Michel.
 M. DCC. LXXVIIII.
 AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

1778

En 1778, on voyait mieux, surtout avec « l'imagination » des dessinateurs de l'époque !



Photographie : Pierre Thomas

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/IMG217-2007-12-03.xml>

**Sur le volcan lui-même, souvent peu de dégât à la biosphère
qui souvent est très limitée (Piton de la Fournaise, photo 1983)**



Photographie : Vincent Godard

<http://planet.terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/img222-2008-03-24.xml>

Mais si la coulée arrive en forêt ... (Pu'u O'o, 2001)



Photographie : Pierre Thomas

1983

<http://planet.terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/img2007-12-03.xml>

Mais si la coulée arrive en forêt ... (Piton de la Fournaise, coulée 1976)



Photographie : Pierre Thomas

2007

Une coulée de 1974 à Hawaii. Regardons au milieu.



Photographie : Pierre Thomas



Photographie : Pierre Thomas

2007

Des « moulagés » d'arbre



2007 Photographie : Pierre Thomas



Photographie : Pierre Thomas

Des drôles d'empreintes dans cette coulée de 1990



Photographie : Forest & Kim Starr



Photographie : Pierre Thomas

Des empreintes d'un fruit (Pandanus sp.)

Eruption 1977



Copyright : CRI NANCY

Nyiragongo, 1980



Copyright : CRI NANCY

1982

**Et si la coulée progresse très rapidement (cas rare),
malheur aux animaux pas assez rapides pour fuir !**



Photographie : Pierre Thomas

1983

Les coulées ne respectent rien, pas même «le sabre».
Ici la gendarmerie de Piton Sainte Rose ... (La réunion, 1977)



La coulée de 1977 est même rentrée par la fenêtre d'une cellule (sans casser les murs il est vrai).

(1942, 1977)



Photographie : Michel Faure

Les coulées ne respectent pas plus « le goupillon » que le sabre. Ici l'église de St Juan Parangaricutiro (Mexique)



Document touristique mexicain, 1977

<http://www.earthquakephotography.com/2007/05/10/>

Les coulées ne respectent pas plus « le goupillon ».
Ici l'église de St Juan Parangaricutiro (1942, 1977)



<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/volcan-Paluweh-Indonesie.xml>

Photographie : Aris Yanto

Troisième type d'éruption : les dômes de lave (Paluweh, 2012)



Photographie Pierre Thomas

La même chose en Ardèche, mais vieux de quelques millions d'années. Ici le plus connu, le Gerbier de Jonc



**Quatrième type
d'éruption :**

**Les nuées
ardentes et
autres coulées
pyroclastiques ...,
parfois (mais pas
toujours) dues à
des écroulements
partiels de dômes
(Paluweh, 2013)**



Photographie : Jacques Guarinos



<http://planet.terre.ens-lyon.fr/article/volcan-Paluweh-Indonesie.xml>

Photographie : Jacques Guarinos

Souvent, explosion violente → de panaches sub-plinien ou plinien (Lascar, 19 avril 1993, 30 km du sommet). Les panaches pliniens peuvent atteindre la stratosphère, ici 25 km de hauteur



Photographie Jacques Guarinos

<http://photos.starcos.com/ava/france/temple/lascar1993.html>

Lascar, 19 avril 1993. Voici onze diapos prises par un ami astronome (donc inconscient du danger) approximativement toute les minutes à partir de 13h15, depuis 8 km du sommet.



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos

<http://planet-terre.ima-lyon.fr/article/eruption-Lascar-1999.html>



Photographie : Jacques Guarinos

<http://www.lesnouvelles.com>



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos



Photographie : Jacques Guarinos

<http://www.pensereactivite.com/evolution-1993.html>

Et à 17h 20, depuis 90 km du sommet. Le panache mesurait 26 km de hauteur

Google earth



La biosphère locale n'aime pas ça du tout (panache subplinien du Paluweh, 2012-2013)

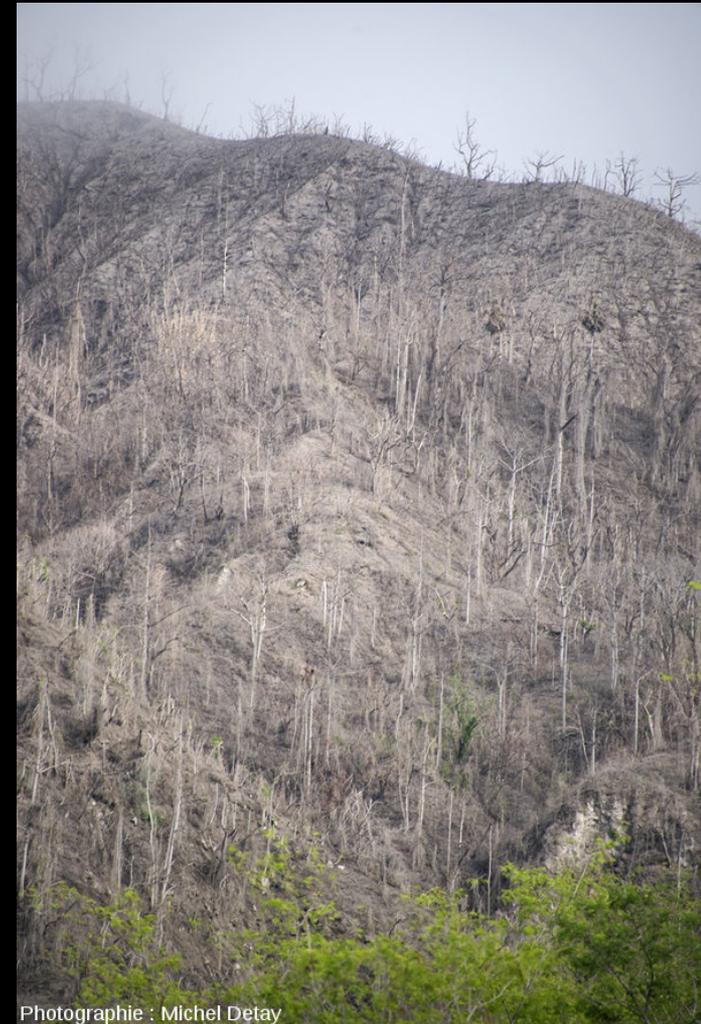
2 km

2 septembre 2012

NASA - Landsat



29 avril 2013



Photographie : Michel Detay



**Et gare aux humains qui ne sont pas partis à temps
(Plymouth, Montserrat aux Antilles « anglaises », 1995)**



<http://culturebox.francetvinfo.fr/expositions/patrimoine/les-pompeiens-ont-mange-de-la-airafe-a-leur-dernier-repas-147635>

La preuve : Pompéi, en l'an 79.

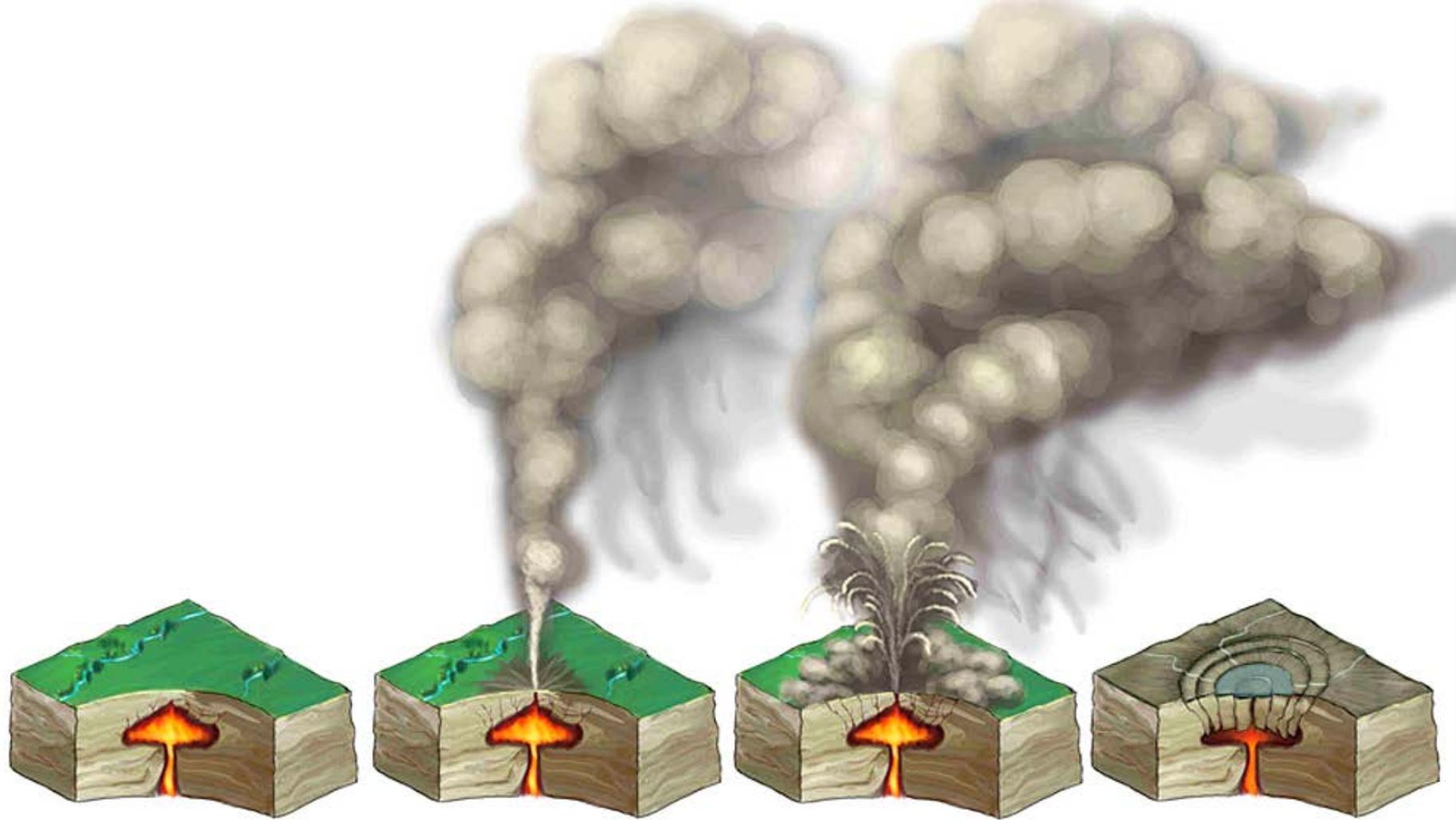
**Attention à l'origine de ces
« corps » !**



<http://culturebox.francetvinfo.fr/expositions/patrimoine/vie-et-mort-a-pompei-et-herculanum-au-british-museum-134057>



Mais à 60 km de Montserrat (en Guadeloupe), les dégâts sont minimes. La biosphère n'est influencée que très localement.



<http://www.aucklandmuseum.com/whats-on/exhibitions/volcanoes/volcanic-forces/what-goes-down%E2%80%A6/lake-taupo>

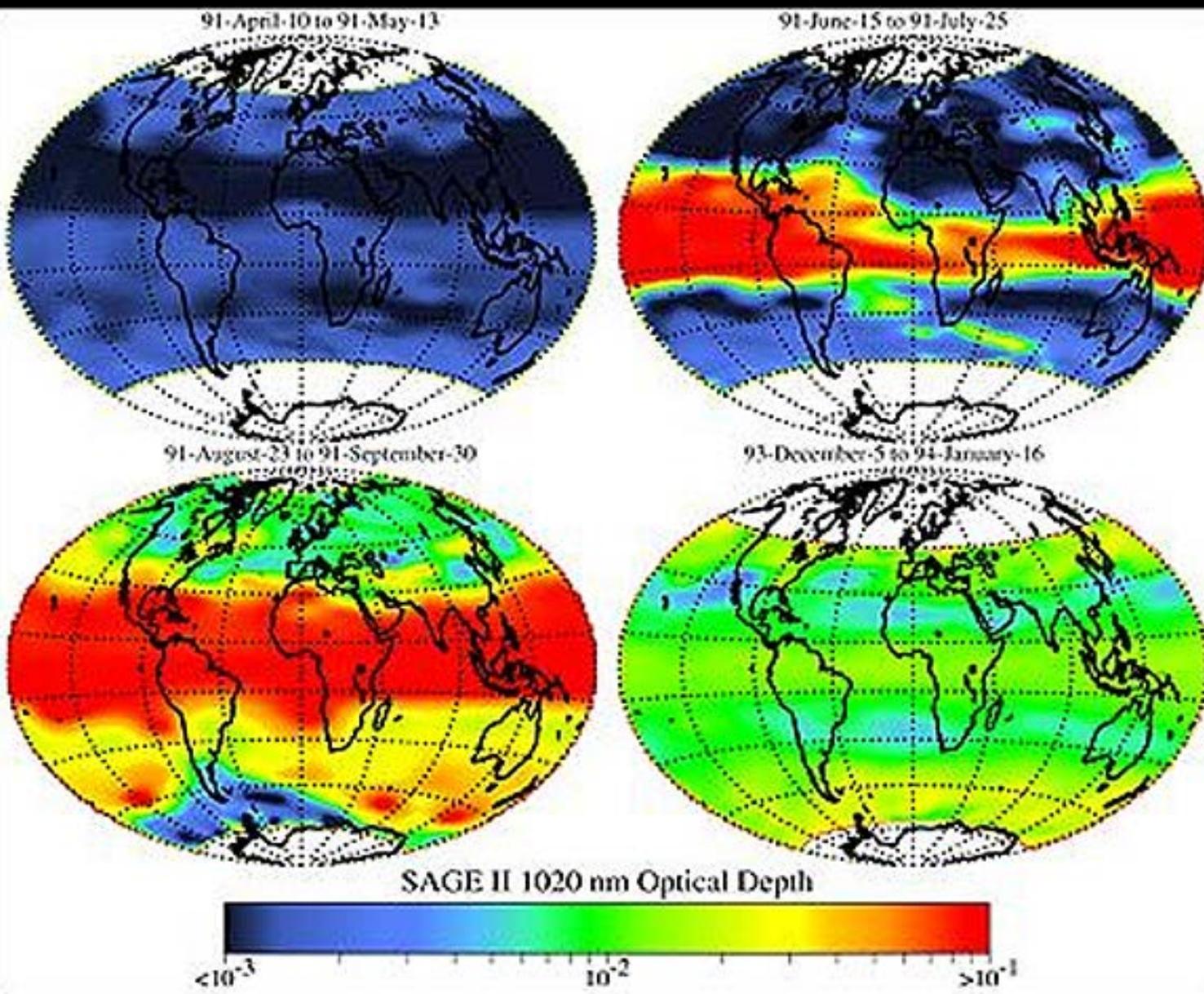
Une conséquence de l'éjection rapide (explosive) de millions ou de milliards de m³ par des mécanismes de ce genre, c'est un effondrement appelé caldeira.



**La plus grande
éruption de ce type
au 20^{ème} siècle fut
celle du Pinatubo
(Philippines, 1991)**

**10 km³ (10 milliards
de m³) furent éjectés
en quelques jours,
avec formation
d'une caldeira de 2,5
km de diamètre**





Des poussières et aérosols soufrés furent projetés dans la stratosphère et y restèrent plusieurs années.

Cela abaissa la température moyenne au sol de $0,6^{\circ}\text{C}$ pendant 2 à 3 ans

Mais en plus de ces éruptions ordinaires qui arrivent plusieurs fois par an ou par siècle, il y a des éruptions extraordinaires qui n'arrivent que tous quelques siècles ou tous les quelques dizaines de millions d'années.



Et bien sûr, aucun photographe n'était présent pour photographier ces rarissimes éruptions extraordinaires !

On va commencer par le volcanisme explosif.

Des témoins « somptueux » : des giga-caldéras



Cette belle caldeira aux Açores ($\emptyset = 6$ km) date de 22 000 ans. Elle a dû expulser une centaine de km³ de projection dans l'atmosphère (10 fois le Pinatubo).



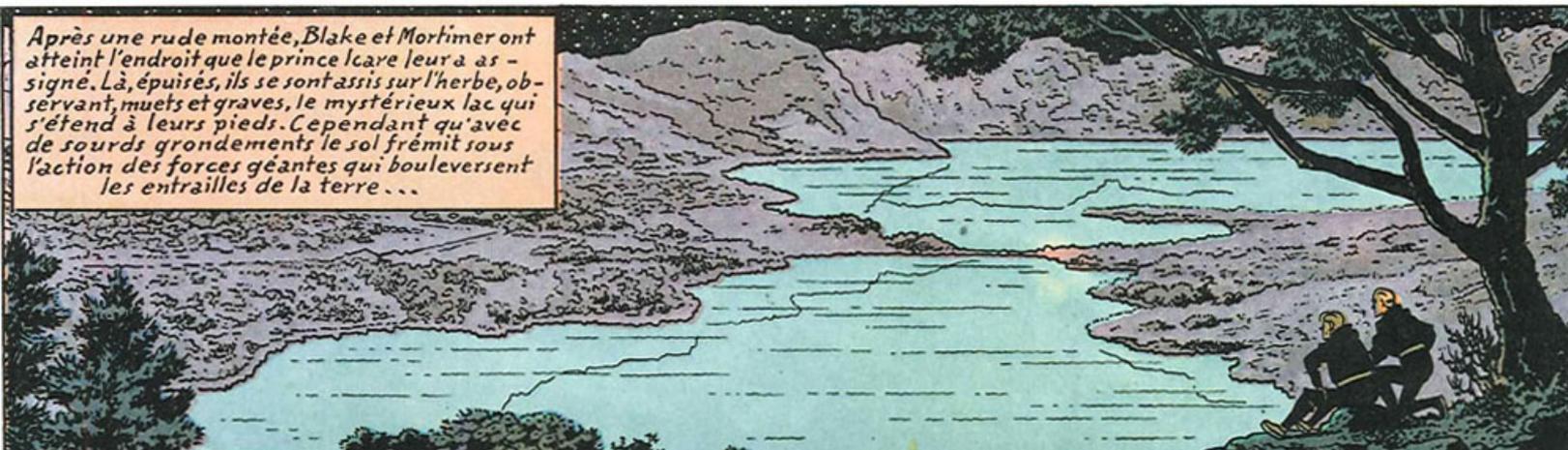
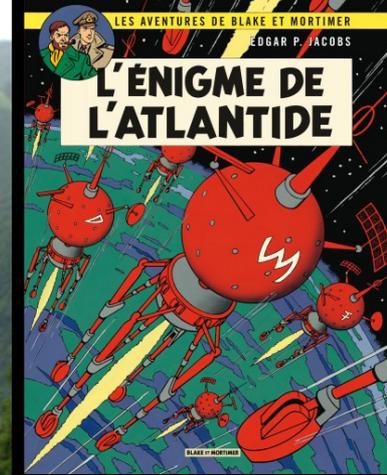
Photographie : Pierre Thomas

Vu du sol, c'est trop grand pour qu'on la voit en entier ; mais c'est quand même « grandiose ».

Ces volcans des Açores, avec ces dépressions colossales, certains ont voulu y voir l'Atlantide ...



Photographie : Pierre Thomas



Après une rude montée, Blake et Mortimer ont atteint l'endroit que le prince Icare leur a assigné. Là, épuisés, ils se sont assis sur l'herbe, observant, muets et graves, le mystérieux lac qui s'étend à leurs pieds. Cependant qu'avec de sourds grondements le sol frémit sous l'action des forces géantes qui bouleversent les entrailles de la terre...

... comme par exemple Edgard P. Jacobs, l'auteur de Black et Mortimer.



Encore plus « gros », mais moins visible : la caldeira de Long Valley ($\varnothing = 30$ km) a éjecté ≈ 1000 km³ de « cendres » (les Bishop tuff = 100 fois le Pinatubo) il y a 760 000 ans

Les deuxièmes témoins

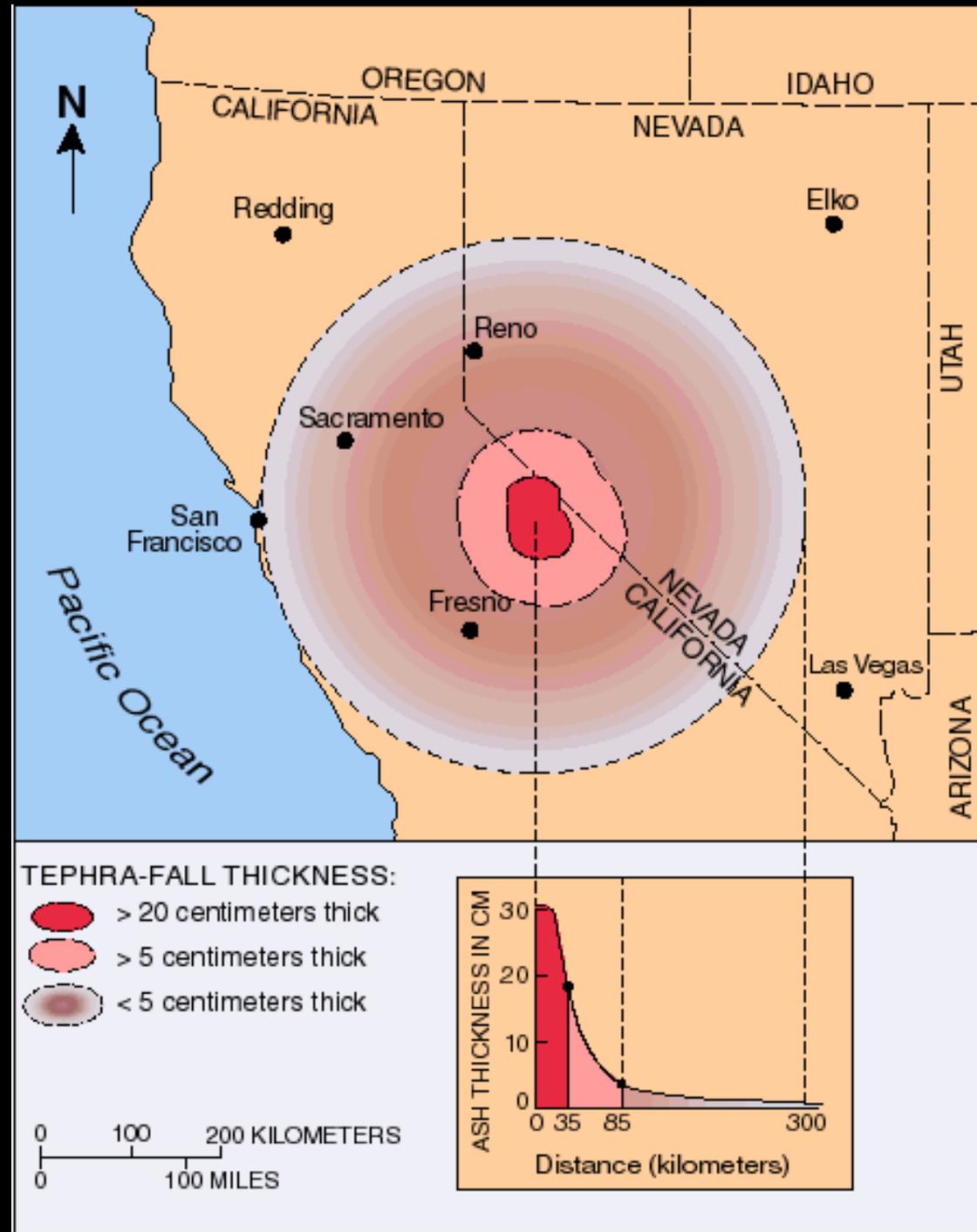


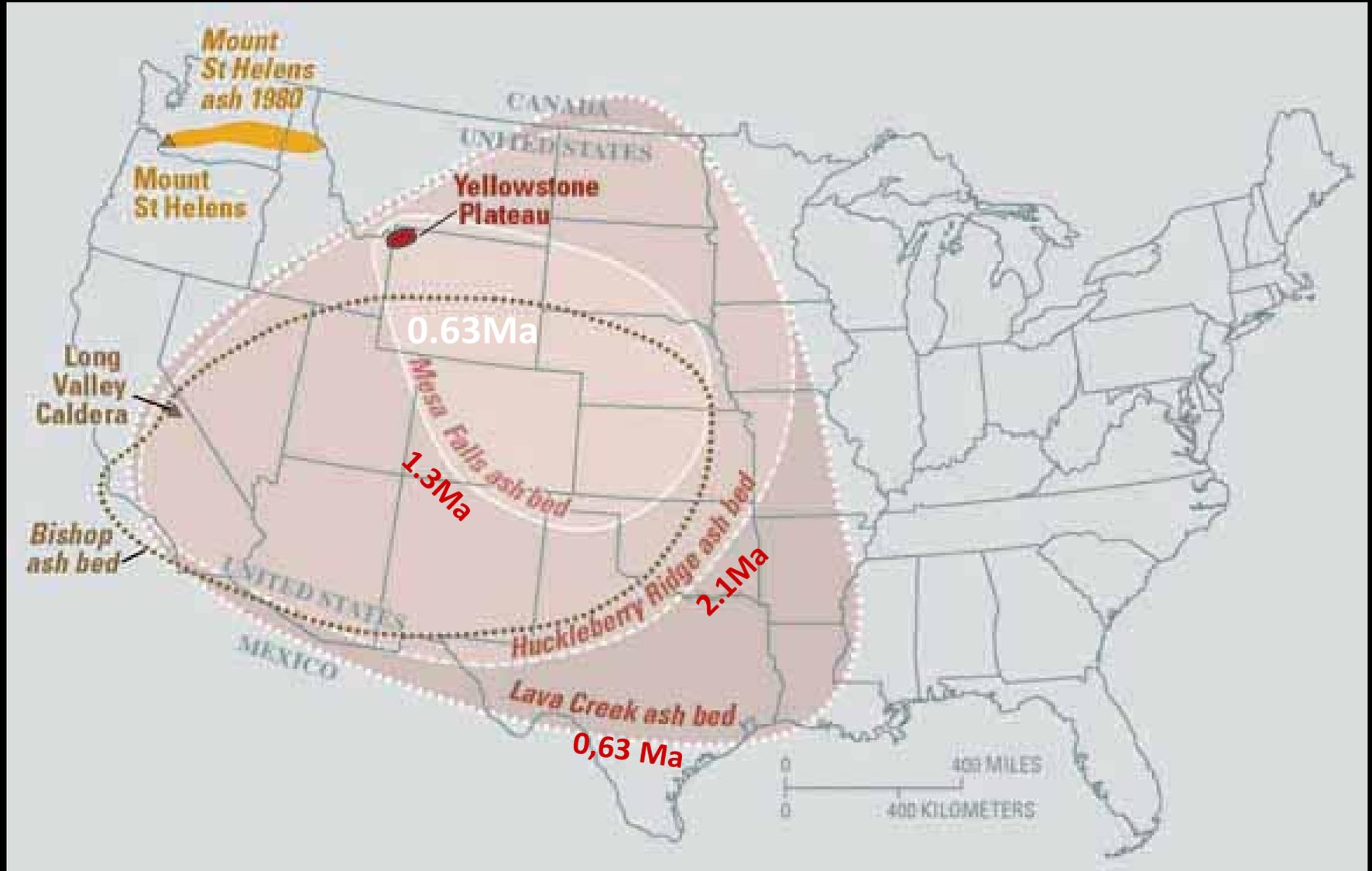
Les Bishop Tufs. Les couches stratifiées du bas se sont peut-être déposées en quelques jours. La « grosse couche » du haut sans doute en moins d'1 heure.

La caldeira de Long Valley ($\emptyset = 30$ km) a éjecté ≈ 1000 km³ de « cendres » (Bishop tuff) il y a 760 000 ans.

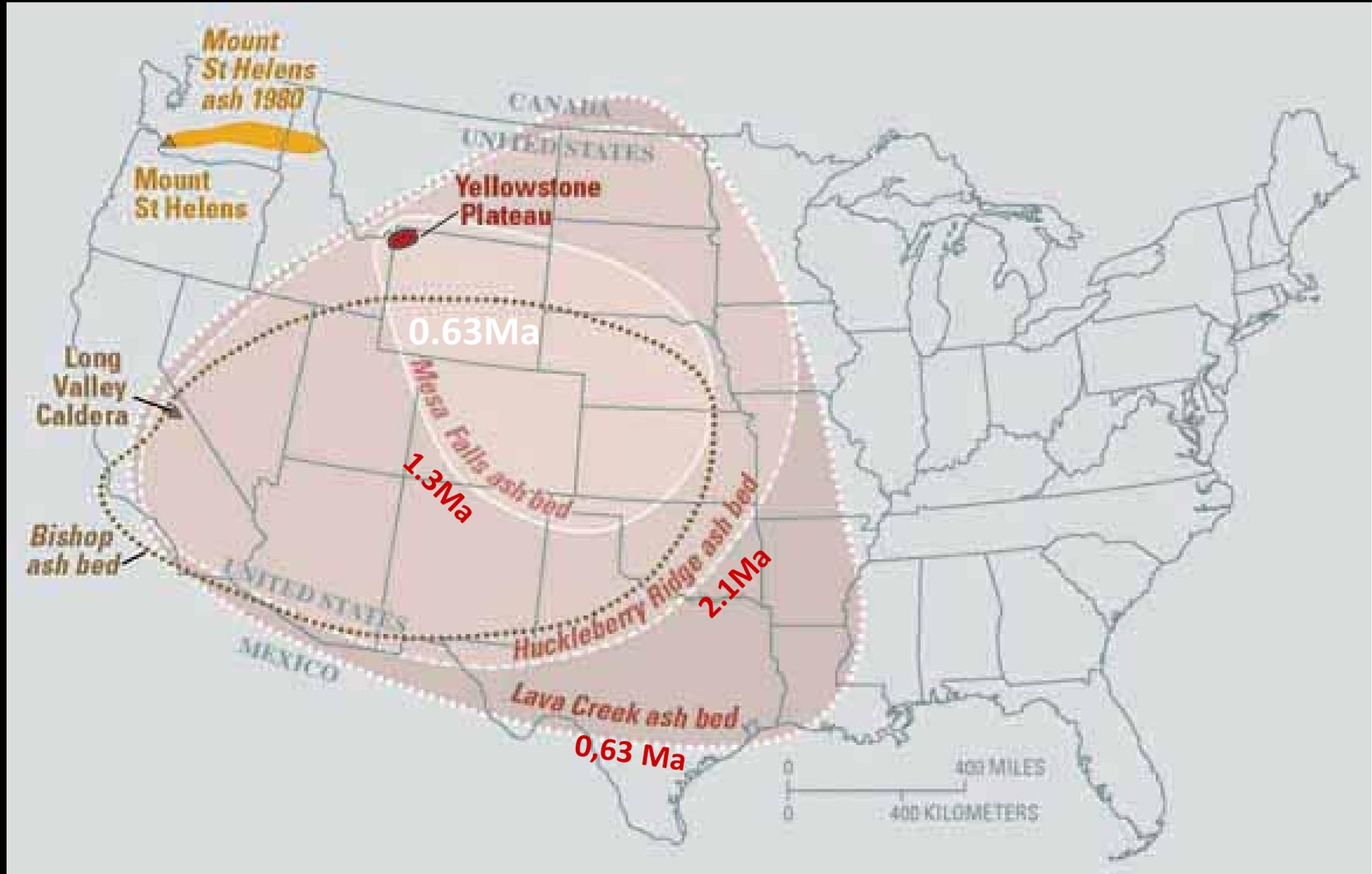
On appelle SUPER VOLCAN ce genre de volcan à éruptions explosives géantes.

Peuvent-ils perturber la biosphère plus que localement ?



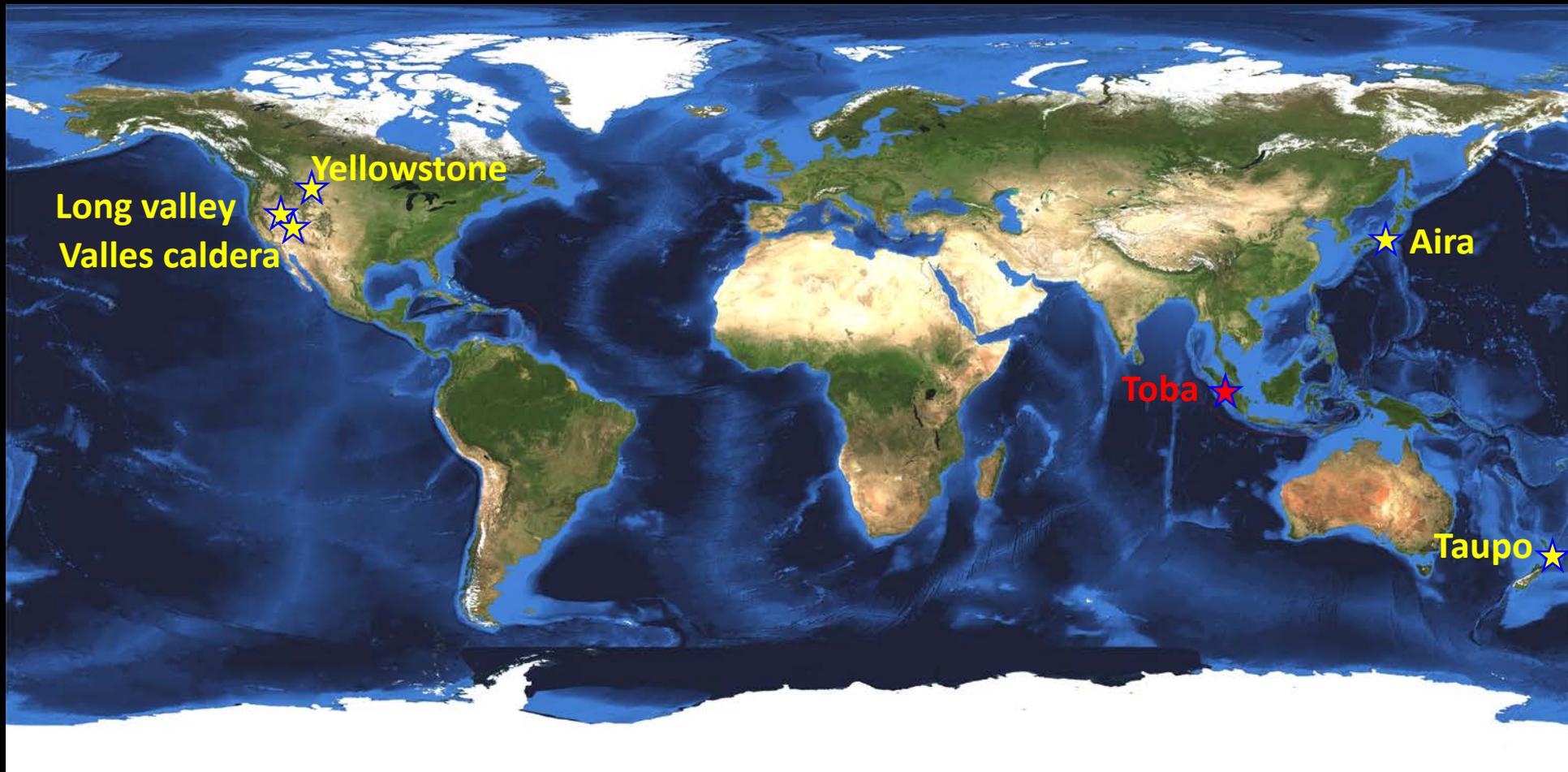


Yellowstone, le plus célèbre des super-volcans « récent ». Une super-éruption comme il y en a déjà eu perturberait un des greniers à céréales de l'humanité.



Et depuis 2,1 Ma, Yellowstone a en gros une super-
 éruption tous les 0,6 à 0,8 Ma (2,1 / 1,3 / 0,63 Ma). La
 prochaine est pour « bientôt » si ça continue comme ça !

Les 6 super-volcans du dernier million d'années.



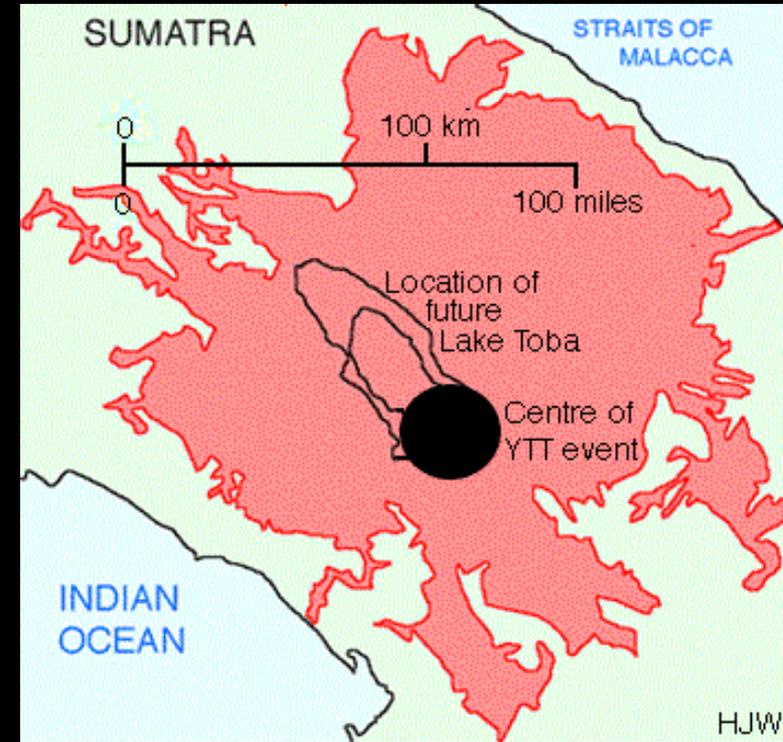
SUPERVOLCANS : QUELQUES CARACTERISTIQUES

- Phénomène rare. Super-éruptions ($\text{vol} > 1000 \text{ km}^3$) paroxysmales, rarissimes
- Morphologie: caldeiras gigantesques (\emptyset de dizaines de km)
- Chambres magmatiques gigantesques (milliers de km^3), magmas acides
- Activités sismique, tectonique, géothermique intenses



**Le plus grand super-volcan récent (- 73 000 ans) :
Toba en Indonésie. Caldeira de 30 x 100 km. Volume
des cendres émises : 2 800 km³ (300 Pinatubo !)**

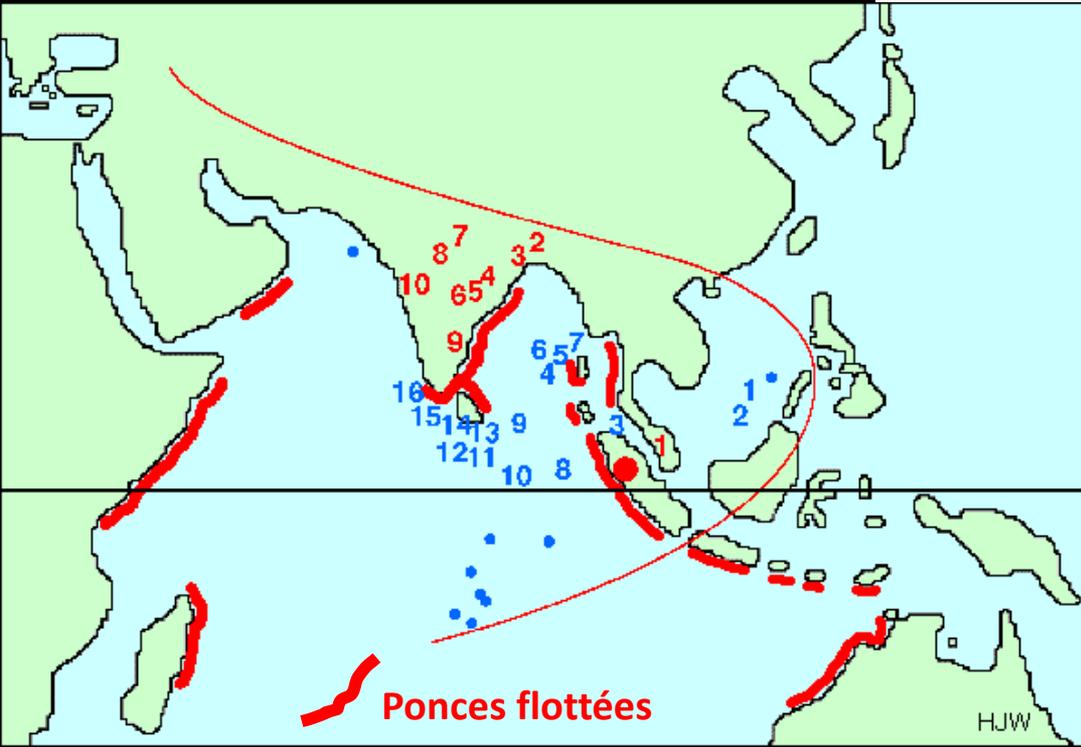
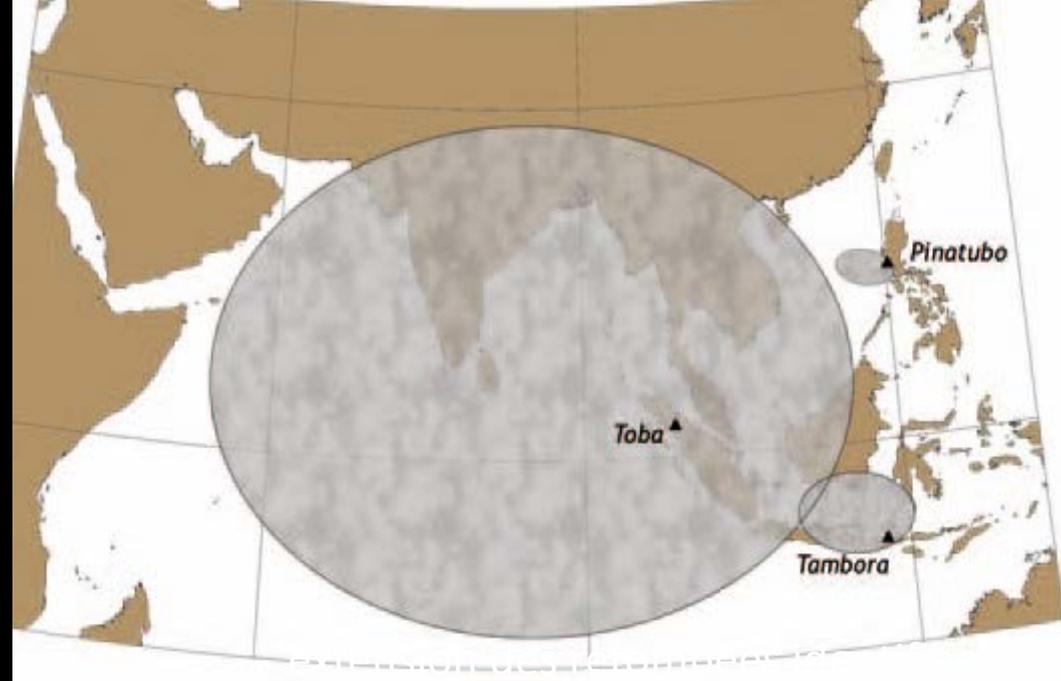
La super-éruption de Toba (73 000 ans): 2800 km³



**Ignimbrites: dans la caldeira: 1000 km³ (2500 km², 400m d'épaisseur)
hors caldeira: 1000 km³ (25000 km², 50-150 m d'épaisseur)**

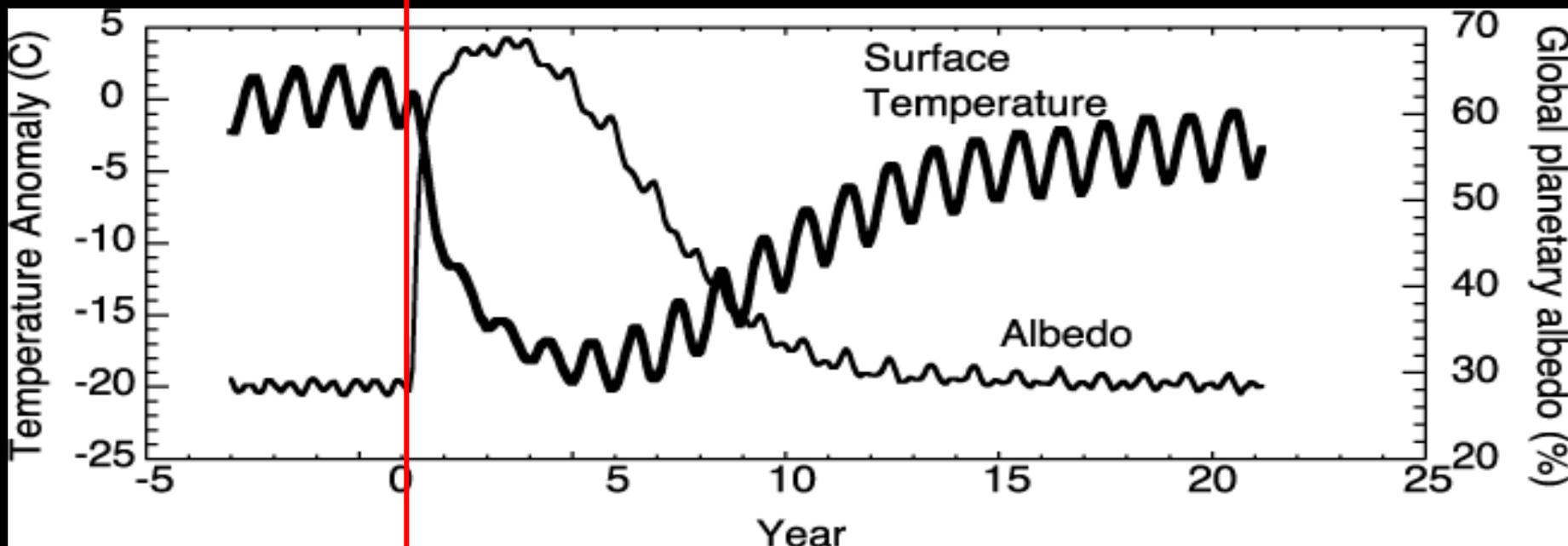
plus ...

... plus 800 km³ de cendres
partis au loin,
avec 10¹⁰ tonnes de H₂SO₄



Eruption brève
(~ 9-14 jours)
→ 8. 10⁶ tonnes /seconde

Si on simule les effets climatiques de l'éruption de Toba de - 73 000 ans, les résultats sont « terrifiants ».



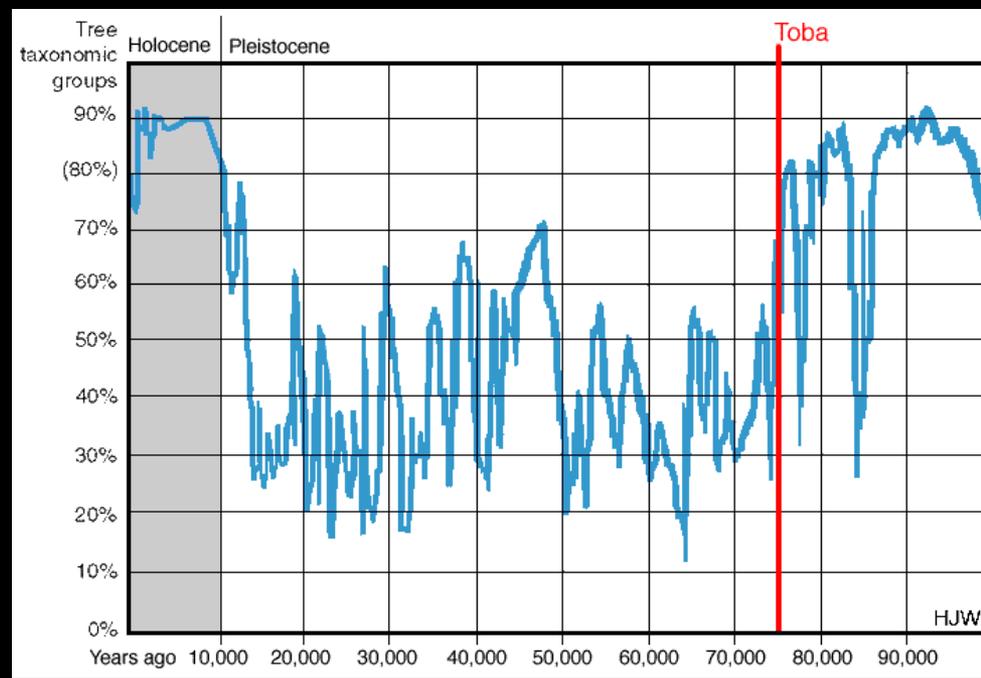
éruption

Modèle GISS (NASA Goddard Institute for Space Studies)

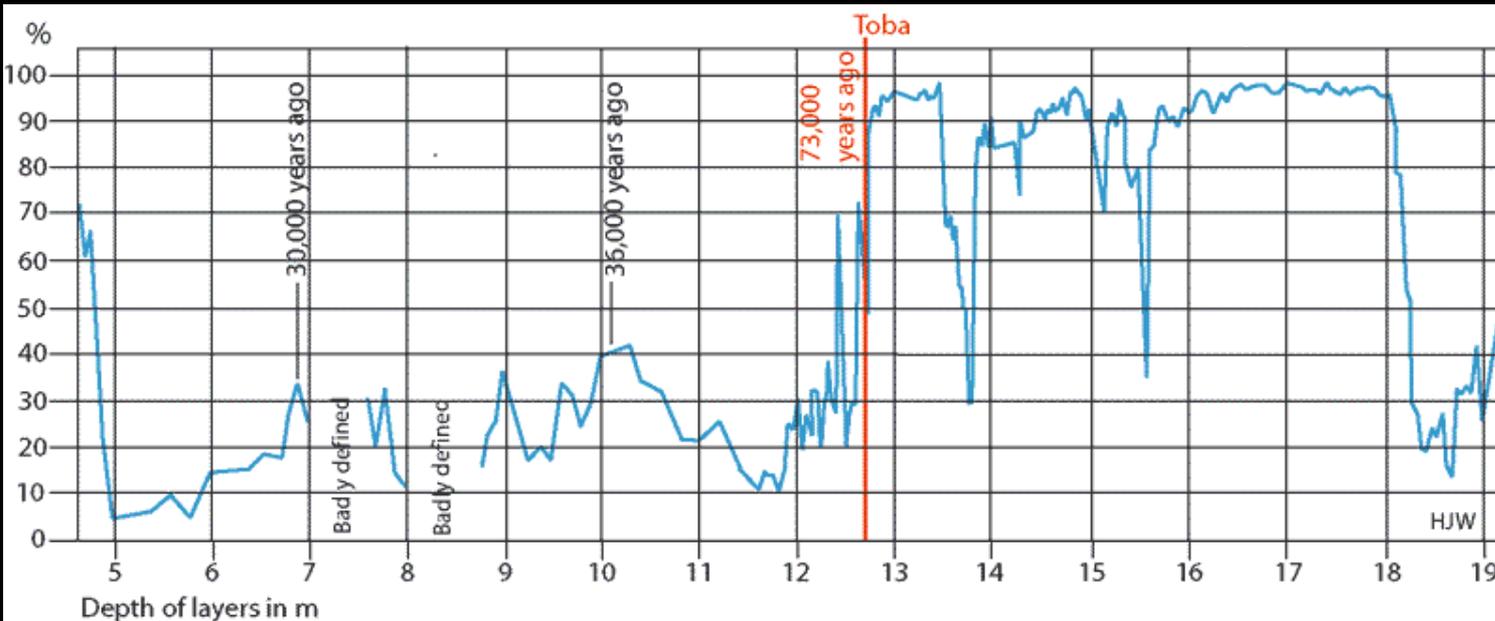
C'est pour ça que les éruptions volcaniques majeures sont de bons « candidats » pour expliquer certaines perturbations de la biosphère.

Mais quelle a été la réalité pour l'éruption du Toba ?

Effets possibles de l'éruption de Toba sur la biodiversité, qui s'est surimposée au début de la glaciation du Wurm.



Diminution des taxons d'arbres dans le Sud de l'Italie



Diminution des pollens dans une tourbière de Haute Saône



<https://investigationderrierelesecrimes.wordpress.com/2014/04/02/premiere-elucidation-grace-au-profil-genetique/>

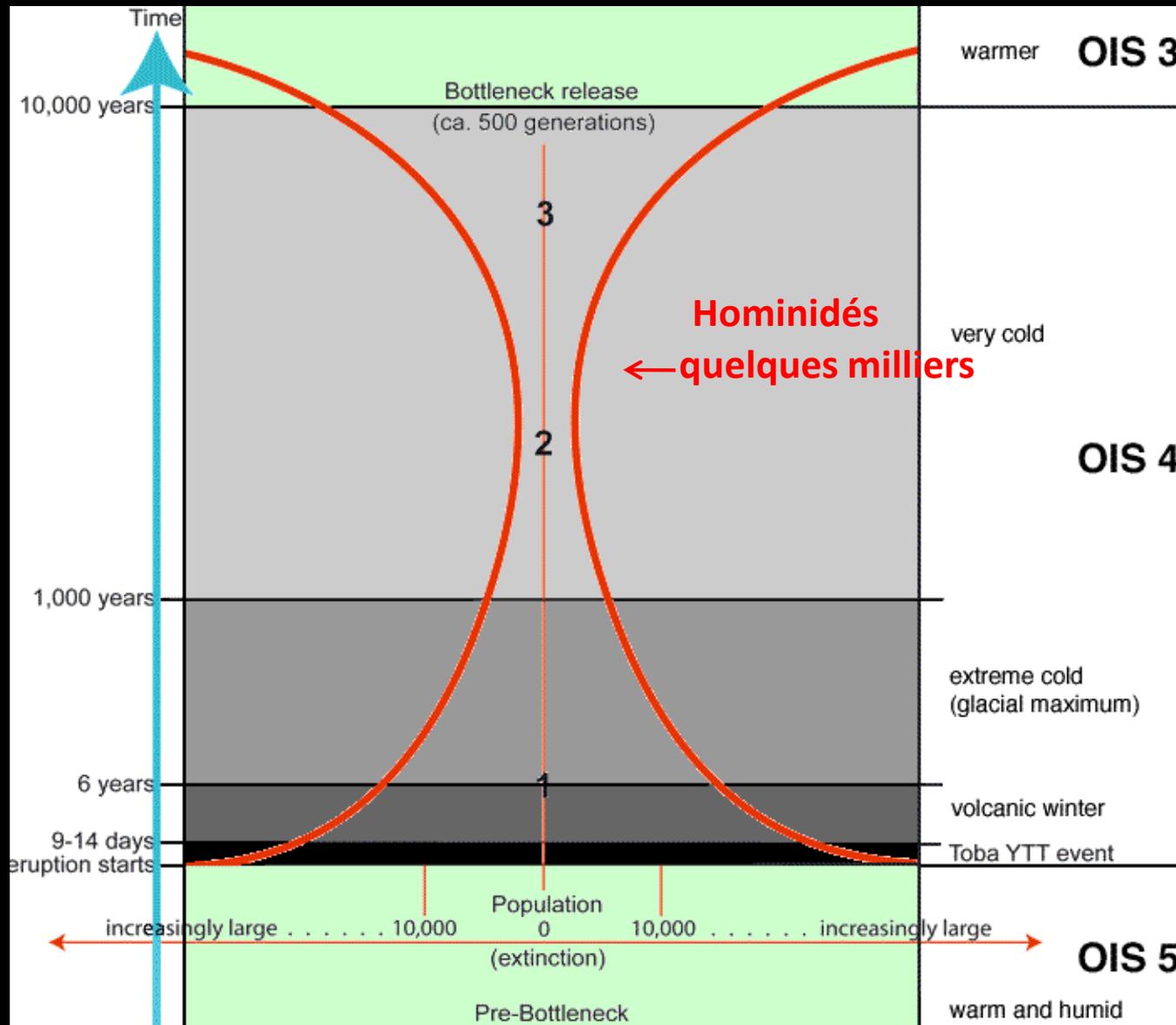


<https://scienctonnante.wordpress.com/2013/07/01/combien-d'enfants-ne-sont-pas-vraiment-de-leur-pere/>

Encore plus fort :

Les généticiens, en analysant l'ADN des différentes populations humaines actuelles arrivent à estimer le nombre d'Homo sapiens vivant à une époque donnée et qui ont eu des descendants encore vivants. Vers – 80 000 ans, la population mondiale d'Homo sapiens aurait été de 100 000 à 1 000 000.

Toba: l'éruption a-t-elle faillit faire disparaître l'humanité ? C'est la théorie dite de la « catastrophe de Toba »



de Toba »

63 000 ans

Hominidés
← quelques milliers

OIS 4

La dernière éruption de TOBA tuff 73 000 ans

130 000 ans



http://www.reddit.com/r/EarthPorn/comments/2t3bu6/volcanic_sunset_view_of_a_new_lava_flow_in

www.ErezMarom.com

En plus des explosions géantes des super-volcans (par définition explosifs), existe-t-il des super-coulées de lave ? (Bardarbunga, 31 août 2014 – 27 février 2015, 1,4 km³)

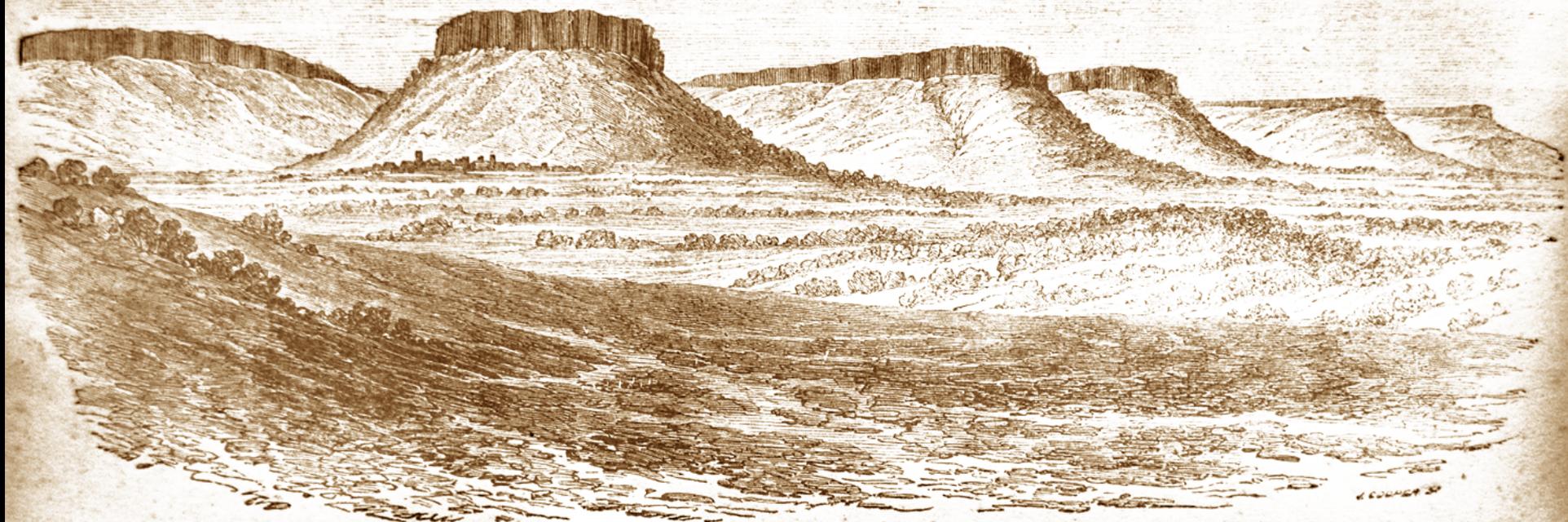


A 120 km au Sud de Lyon (près de Montélimar), le village de Mirabel, sur le rebord Sud-Ouest du plateau des Coirons



Crédit : Rlesoan

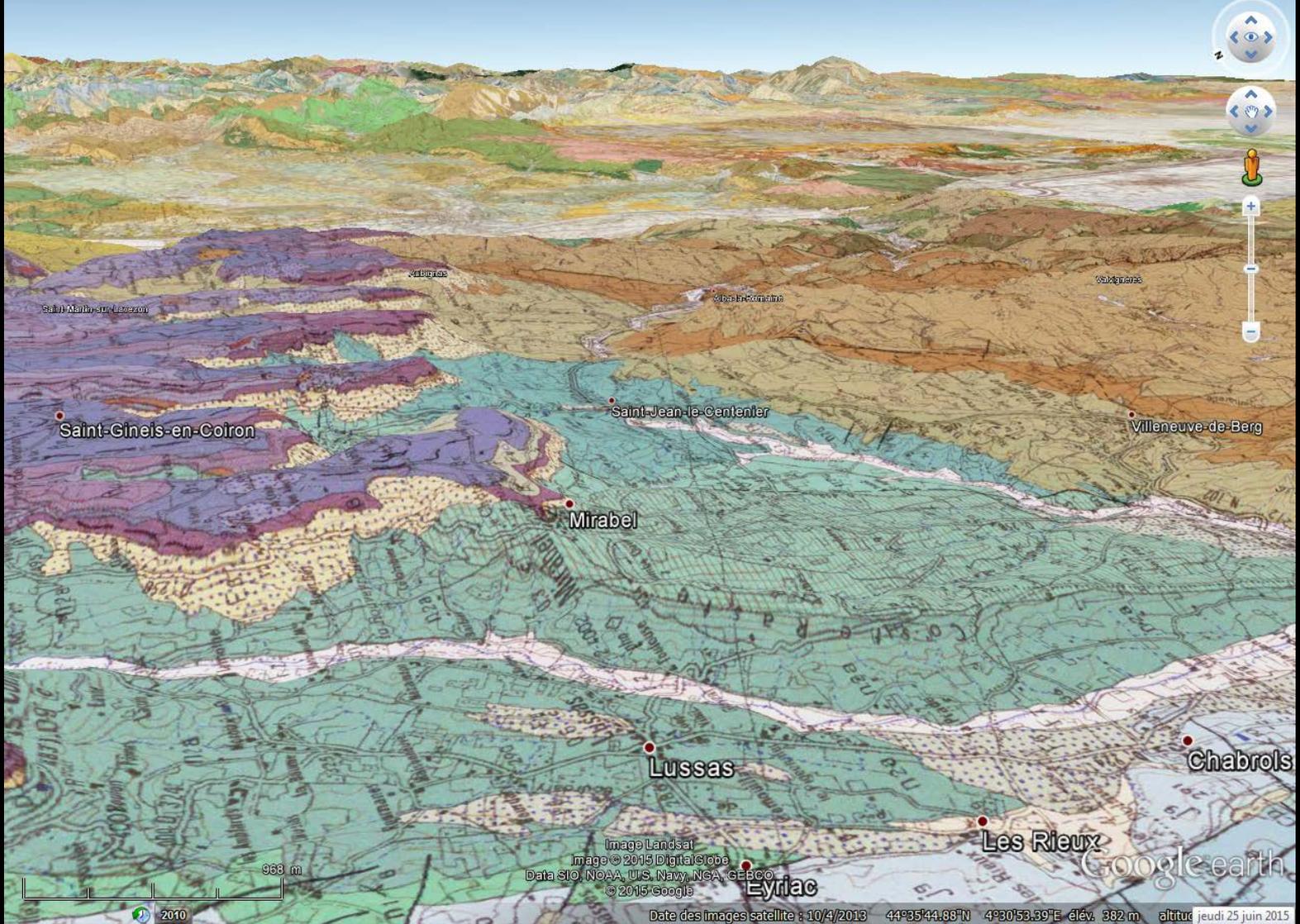
Plateau fait de coulées basaltiques âgées de 7 Ma



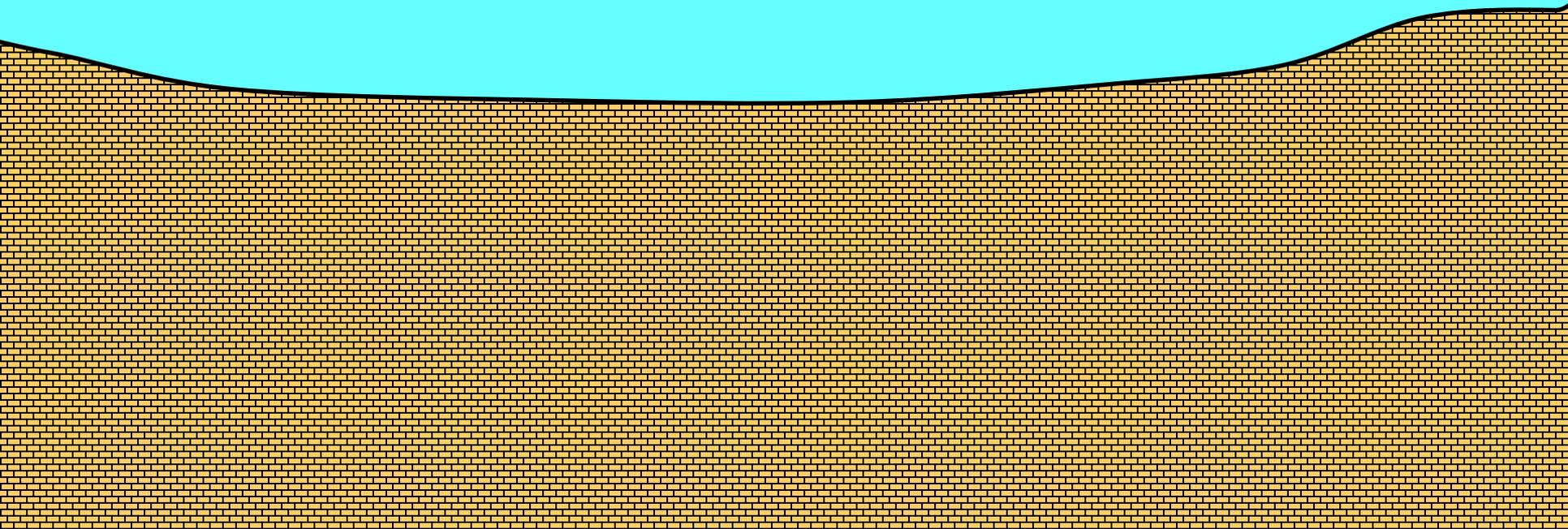
▼ Village de Saint-Jean-le-Noir.

PLATEAU BASALTIQUE DU COIRON (ARDÈCHE), VU DU SUD.

Le rebord du plateau des Coirons dessiné au début du 19^{ème} siècle

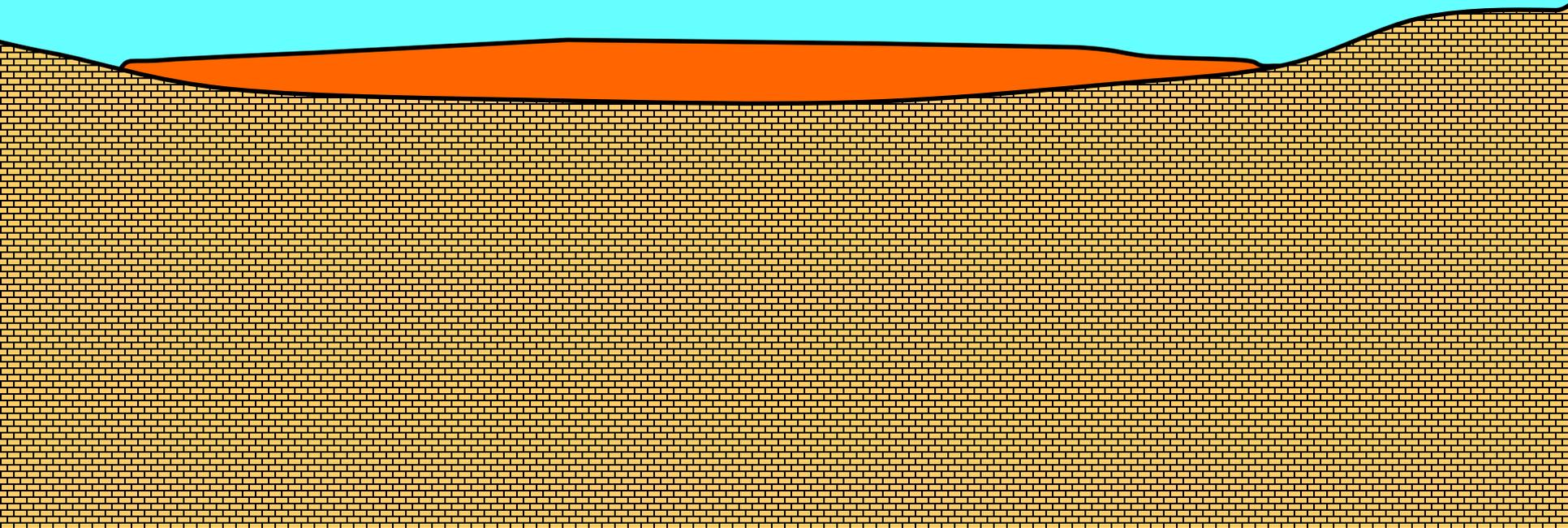


Il s'agit d'un empilement de coulées basaltiques qui ont rempli une vallée large et qui sont maintenant perchées du fait de l'érosion. Voilà le mécanisme :



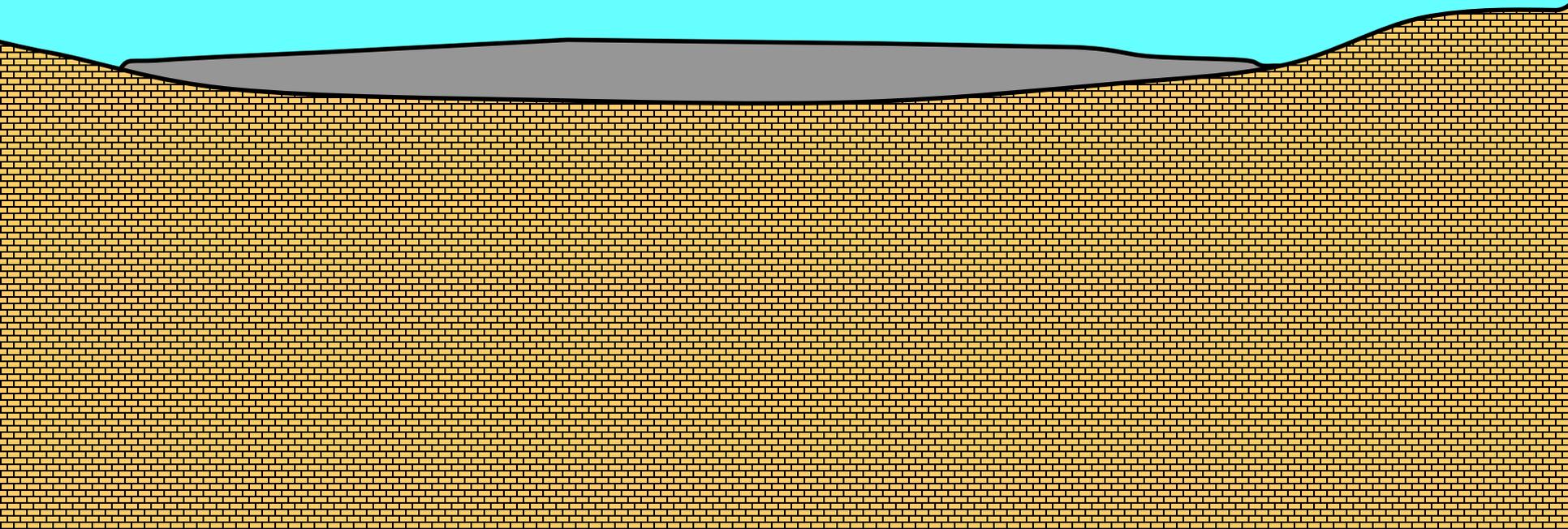
La genèse d'une telle disposition :

Etape 1 : une plaine avec une ample et large vallée



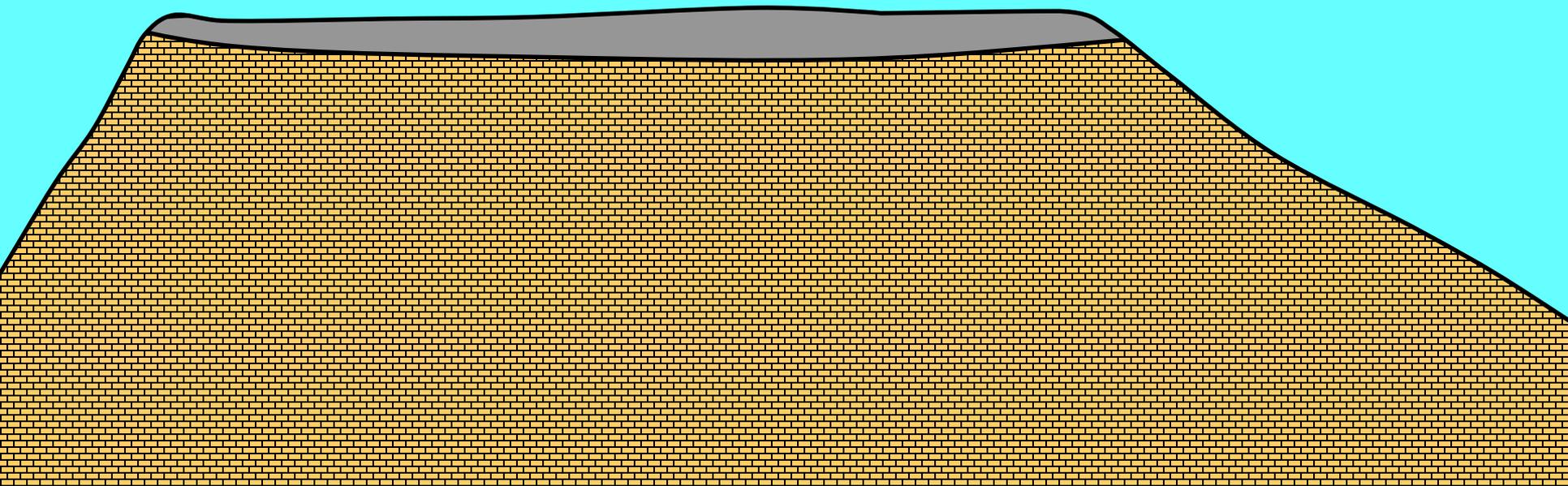
La genèse d'une telle disposition :

Etape 2 : une coulée de lave envahit cette large vallée

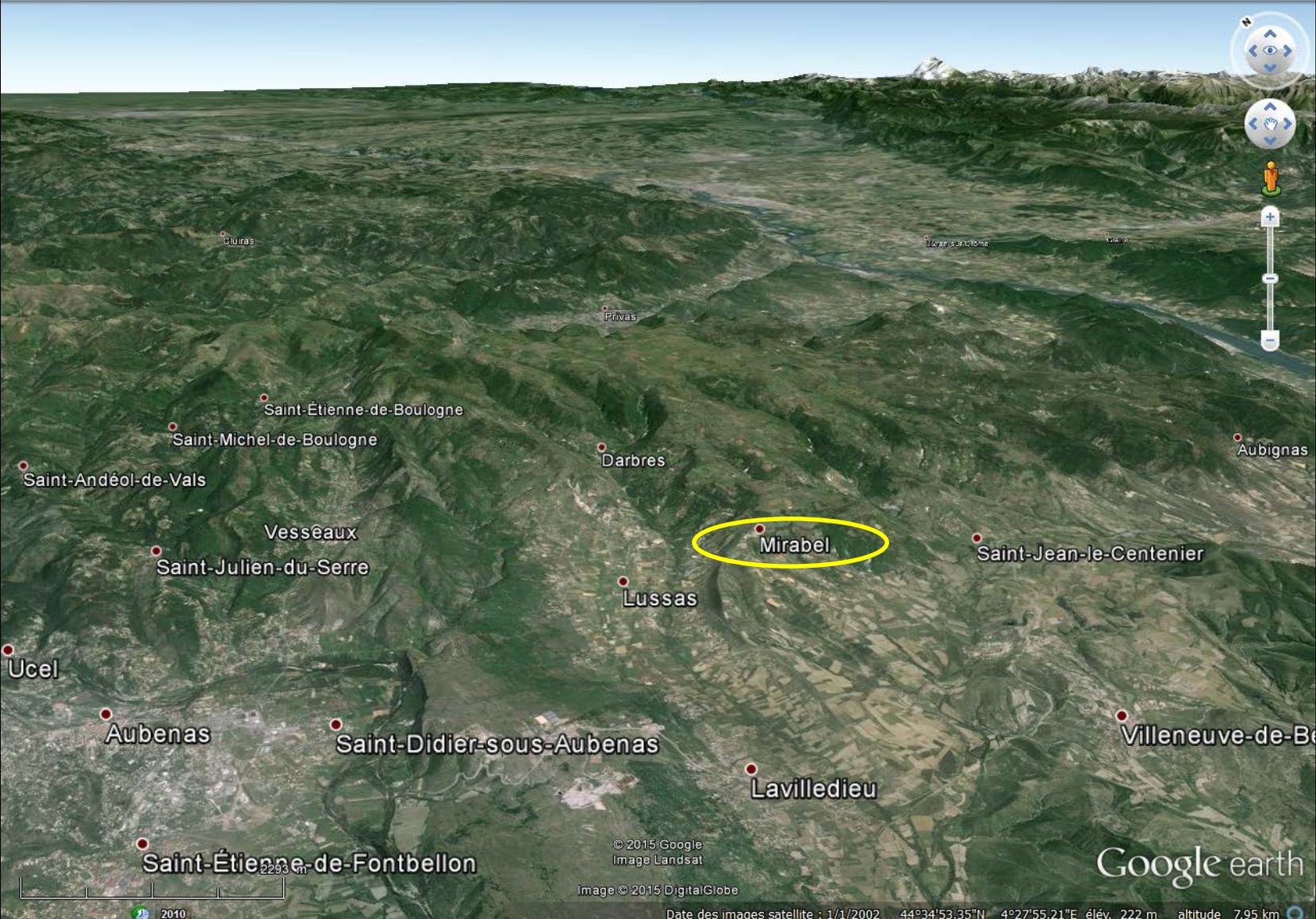


La genèse d'une telle disposition :

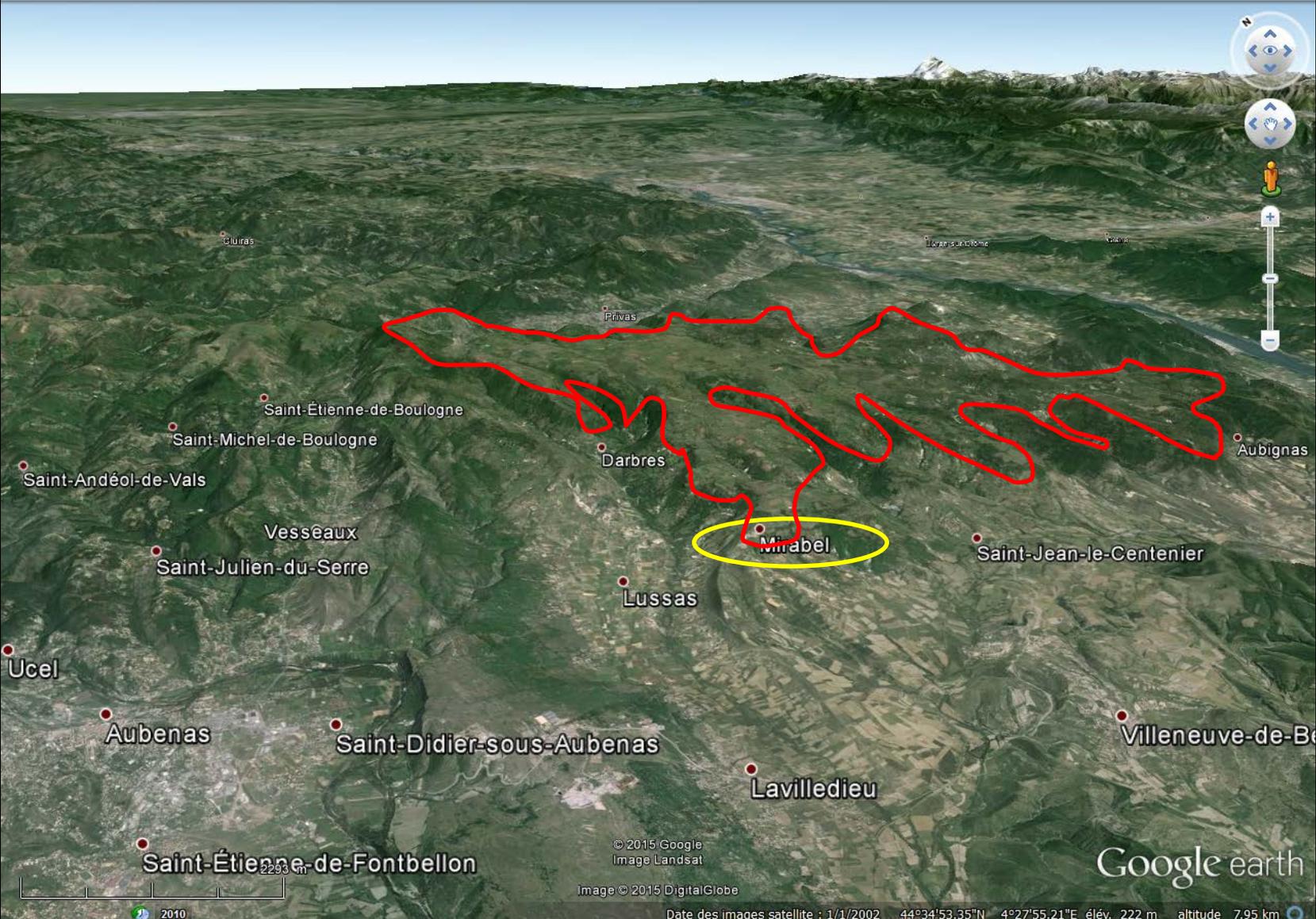
Etape 3 : la lave se refroidit



Etape 4 : L'érosion fait son travail. L'ancienne coulée de basalte, résistante, protège son substratum de l'érosion. L'ancienne vallée se retrouve « perchée »



On peut estimer le volume émis entre 5 et 10 km³. Mais on ne sait pas en combien de fois (plusieurs, c'est sûr) et en combien de temps (50 000 ou 1 000 000 d'années ?)



On peut estimer le volume émis entre 5 et 10 km³. Mais on ne sait pas en combien de fois (plusieurs, c'est sûr) et en combien de temps (50 000 ou 1 000 000 d'années ?)



La même chose en Patagonie, mais 3 fois plus long, trois fois plus large et 3 fois plus épais (150 et 300 km³).



La même chose en Patagonie, mais 3 fois plus long, trois fois plus large et 3 fois plus épais (150 à 300 km³).



Photographie : Pierre Thomas

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/img422-2013-05-06.xml>

**Vue sur le rebord de ce plateau basaltique, appelé
« *Meseta del Lago Buenos Aire* ».**

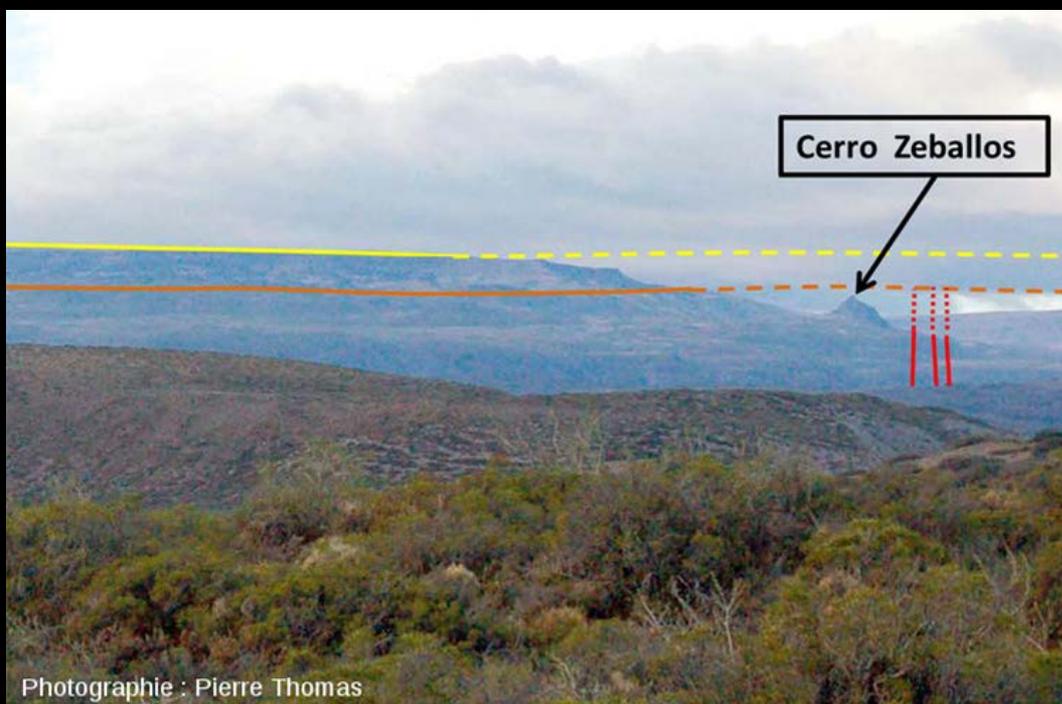


Photographie : Pierre Thomas

Pour apprécier la taille de cette « *Meseta del Lago Buenos Aire* ».



Photographie : Pierre Thomas



Photographie : Pierre Thomas

La végétation est « peu fournie » ; ça affleure bien, mieux qu'en Ardèche.

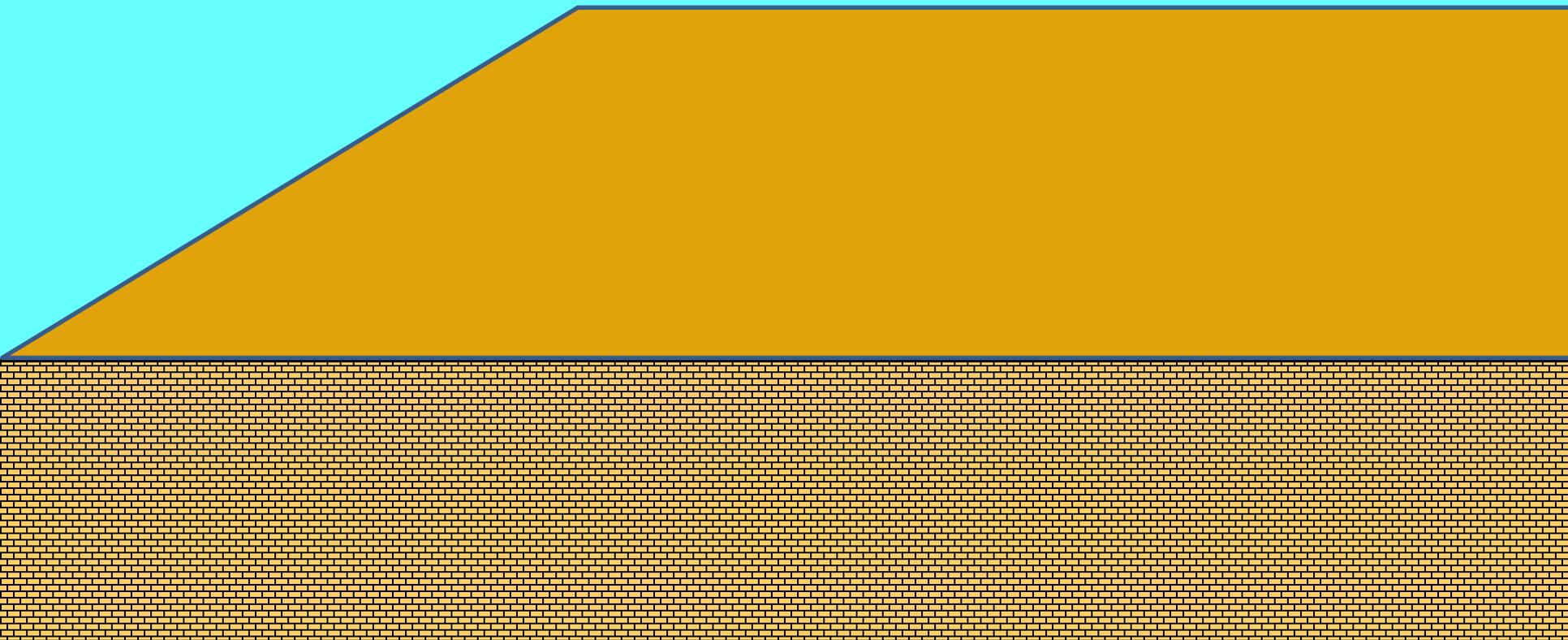
Allons au pied du Cerro Zeballo, là où l'érosion a enlevé les coulées. En fait, on va sous les coulées, voir d'où viennent ces km³ de basalte



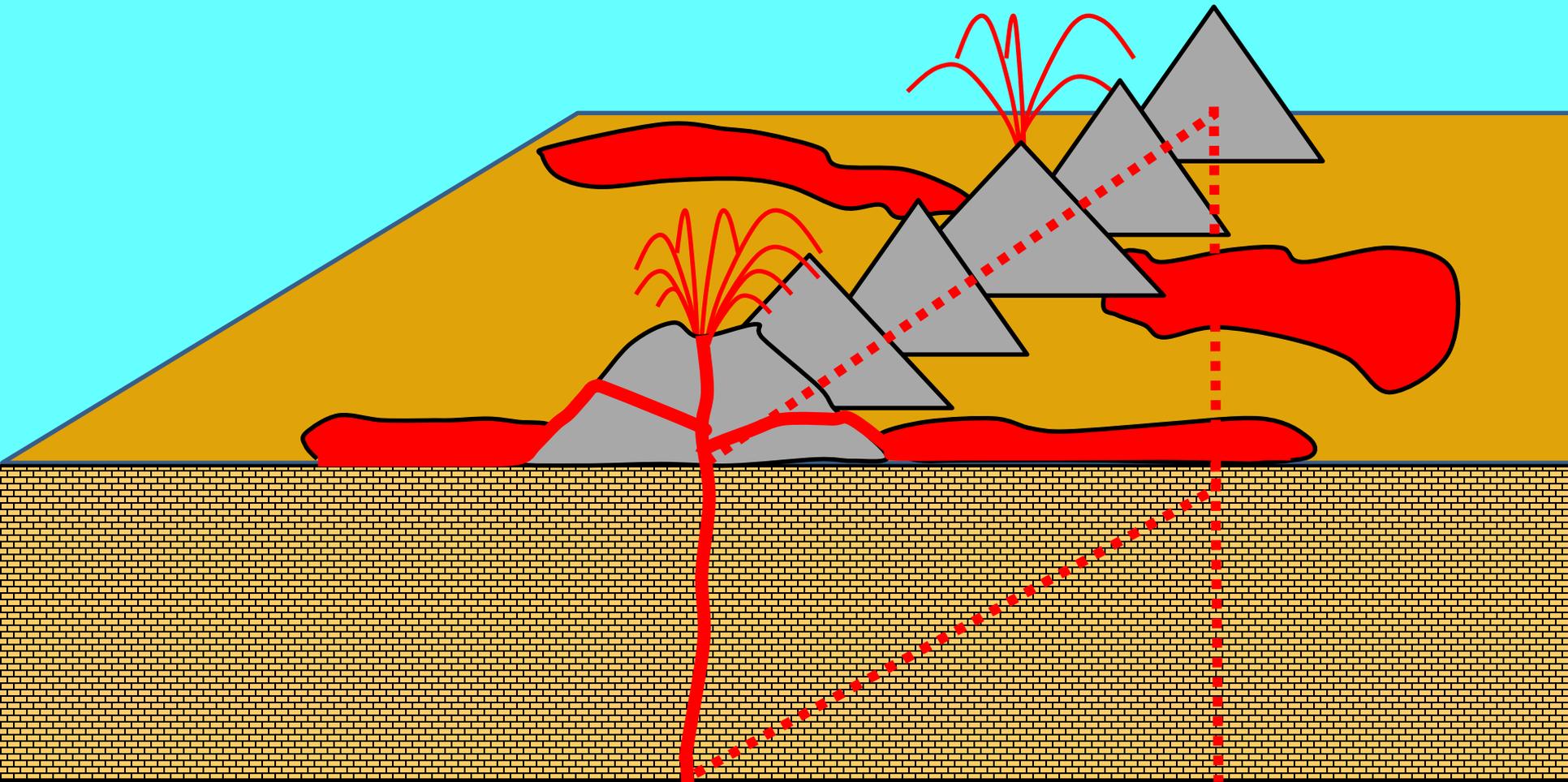
Ce basalte arrive près de la surface par des dykes, fissures remplies de basalte et maintenant dégagées par l'érosion.



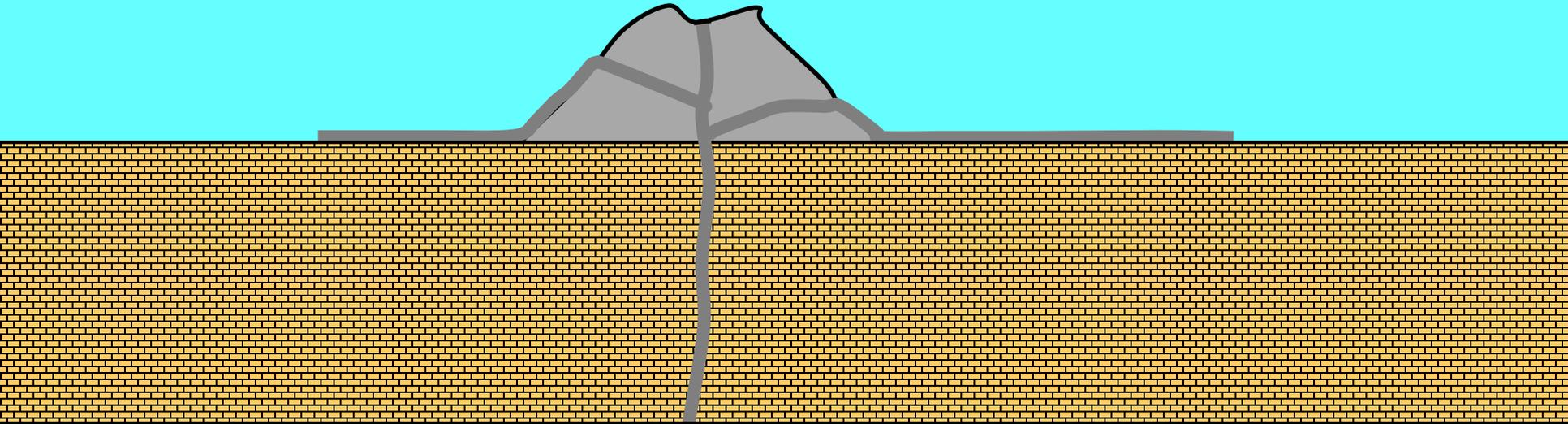
Photographie : Pierre Thomas



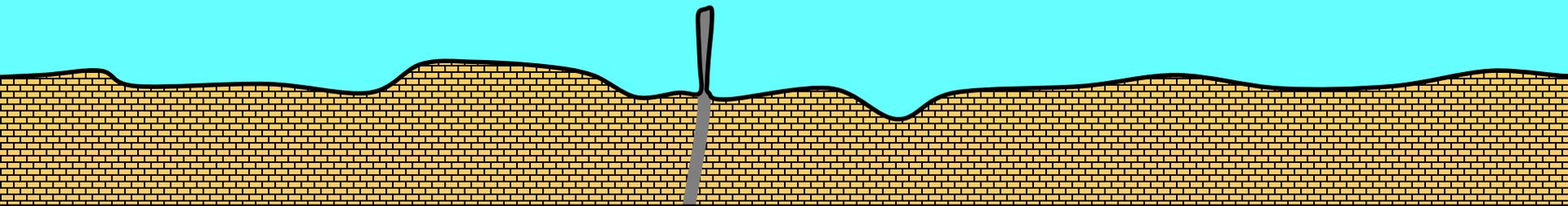
Etape 1 : une plaine ou un plateau



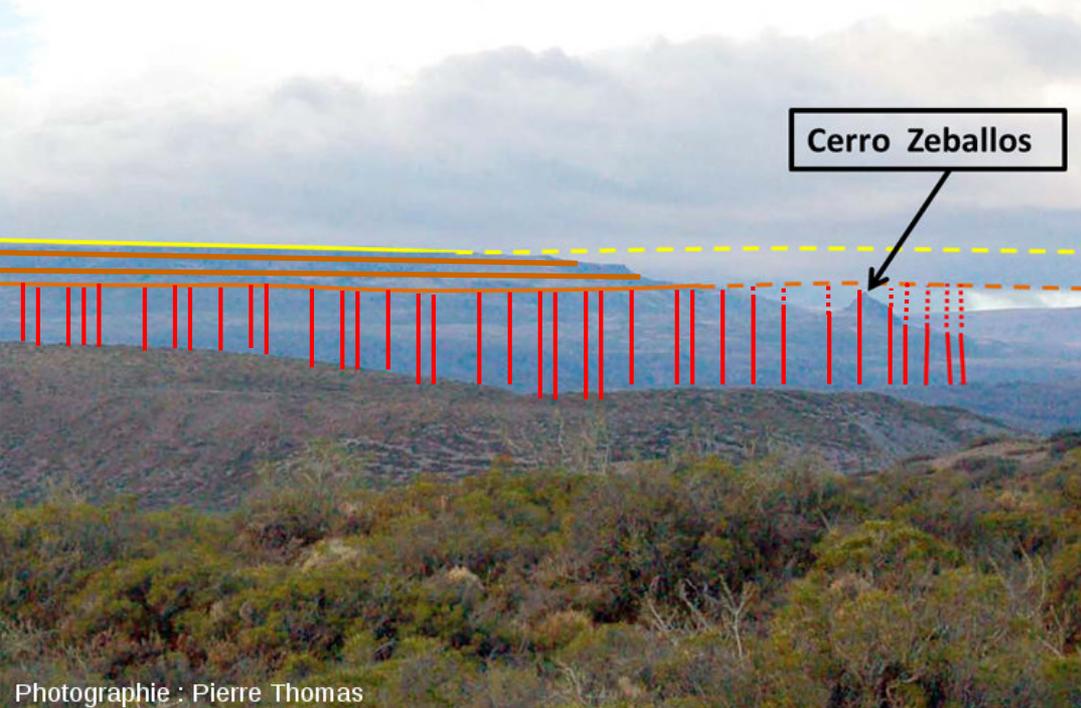
Etape 2 : Naissance d'une chaîne de volcans. La lave monte par une fissure qui alimente des volcans et des coulées de lave qui recouvrent de vastes surfaces. Au fil des éruptions, toute la région est recouverte de lave.



Etape 2 : Naissance d'une chaîne de volcans. La lave monte par une fissure qui alimente des volcans et des coulées de lave qui recouvrent de vastes surfaces. Les volcans s'arrêtent ; la lave refroidit



Etape 4 :Erosion. La fissure remplie de lave refroidie est plus résistante et résiste à l'érosion. Elle se retrouve en relief, et forme un dyke (très bon mot pour le scable) !



En fait, ces centaines de km³ de laves ont été émis par des centaines de fissures, chacune ayant plusieurs km de long. On est loin de la « cheminée » des images d'Epinal !





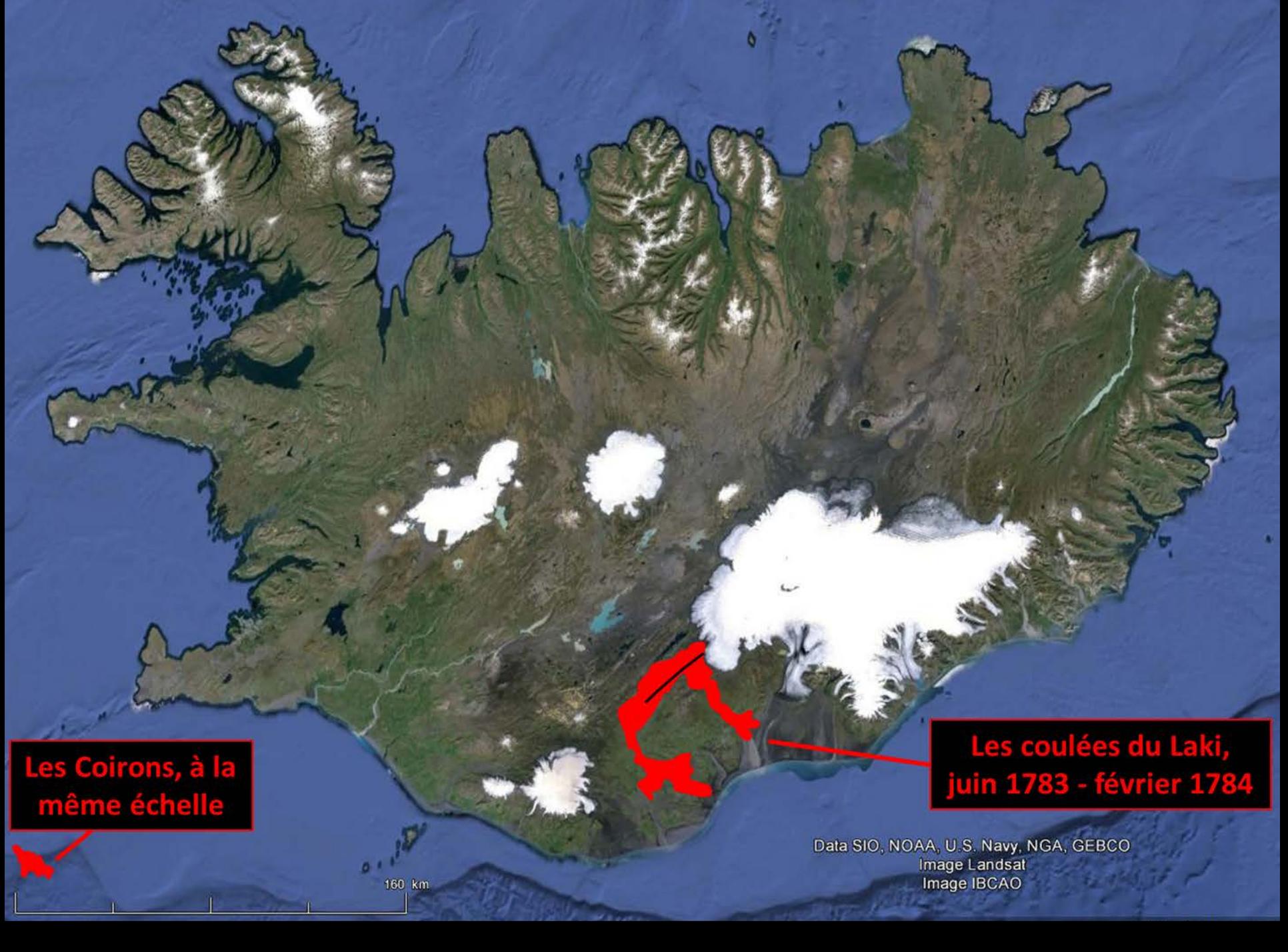
Photographie Pierre-Thomas



Des dykes, il y en a bien sur aussi dans les Coirons. Allez vous y promener quand vous irez visiter la Grotte Chauvet (son fac similé)

Connait-on dans le monde des éruptions moins vieilles, voire historiques, qui ont fournis quelque chose d'à peu près la même taille que les Coirons ou la Meseta del Lago Buenos Aire (entre 5 et 300 km³ de lave) ?
Oui, l'éruption du Laki qui a produit 14 km³ de basalte, et on sait en combien de temps : en 7 mois, entre le 8 juin 1783 et le 7 février 1784.





Les Coirons, à la même échelle

Les coulées du Laki, juin 1783 - février 1784

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat
Image IBCAO

160 km

On va regarder à quoi ressemblent (1) la surface des coulées et (2) les fissures émissives, 230 ans plus tard.





Photographie : Pierre Thomas

La surface de la coulée, complètement colonisée par des lichens



La « source » de ces coulées : 115 « petits » cônes alignés sur une fissure de 27 km de long



<http://www.thetimes.com/uk/news/Environment/article1404267.asp>

Aucun témoin n'a dessiné ce qui se passait près de la fissure émissive du Laki en 1783. Ca devait ressembler à l'éruption du Krafla, un « modèle réduit » du Laki : 0,1 km³ de lave émis du 4 au 18 septembre 1984 (débit de lave 10 fois plus faible qu'au Laki, pendant 20 fois moins de temps).

Laki 1783 : la plus importante et la plus meurtrière éruption lavique des temps historiques

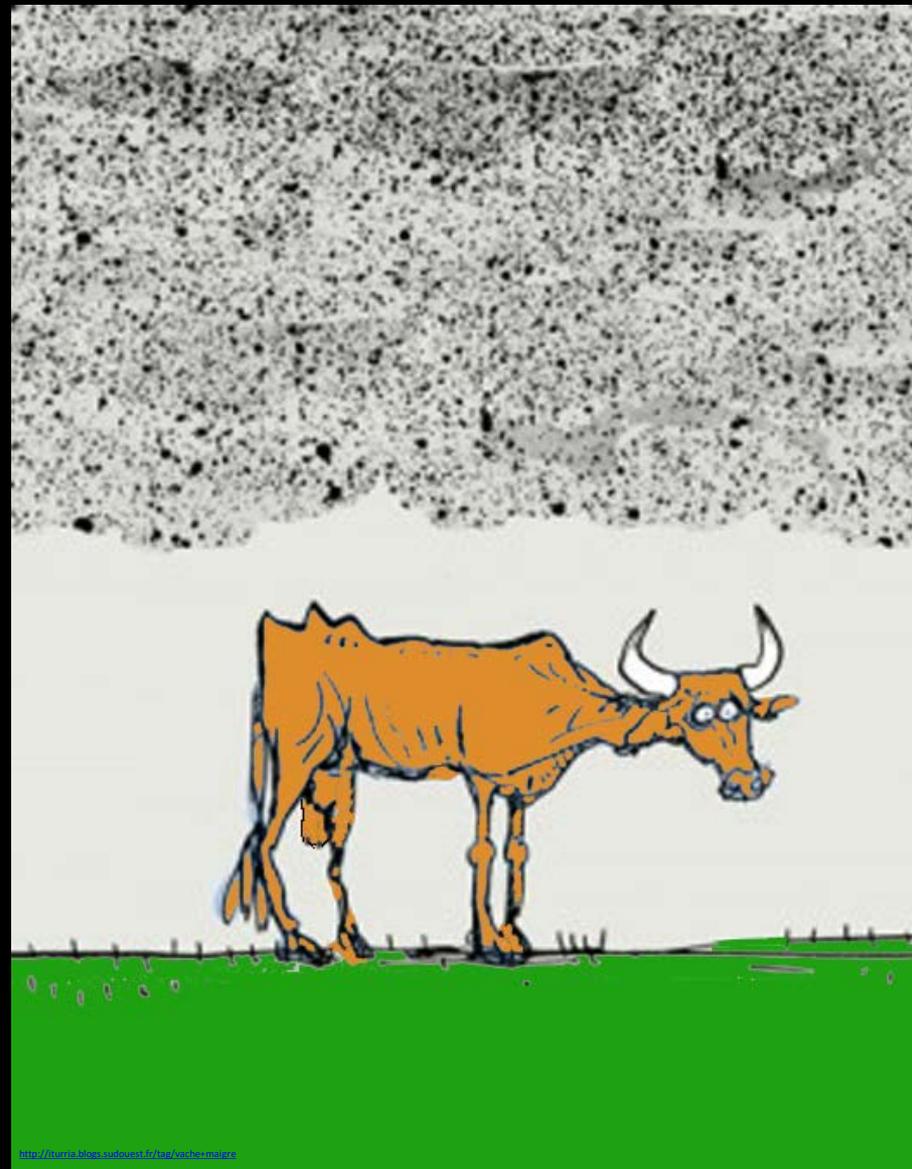
- 14 km³ de laves
- **Milliards de T de particules fines**
- **15 millions de T d'acide fluorhydrique**
- 20 millions de T de CO₂
- 120 millions de T de SO₂

Mortalité en Islande :
1 / 4 de la population

Les Islandais sont morts de faim, à la suite de la forte mortalité du bétail

- bovins: 50%
- moutons: 79%
- chevaux: 76%

C'est surtout le fluor qui a fait mourir le bétail, mais aussi un peu les cheveux de Pelée et autres cendres.





Echantillon & photographie : Pierre Thomas

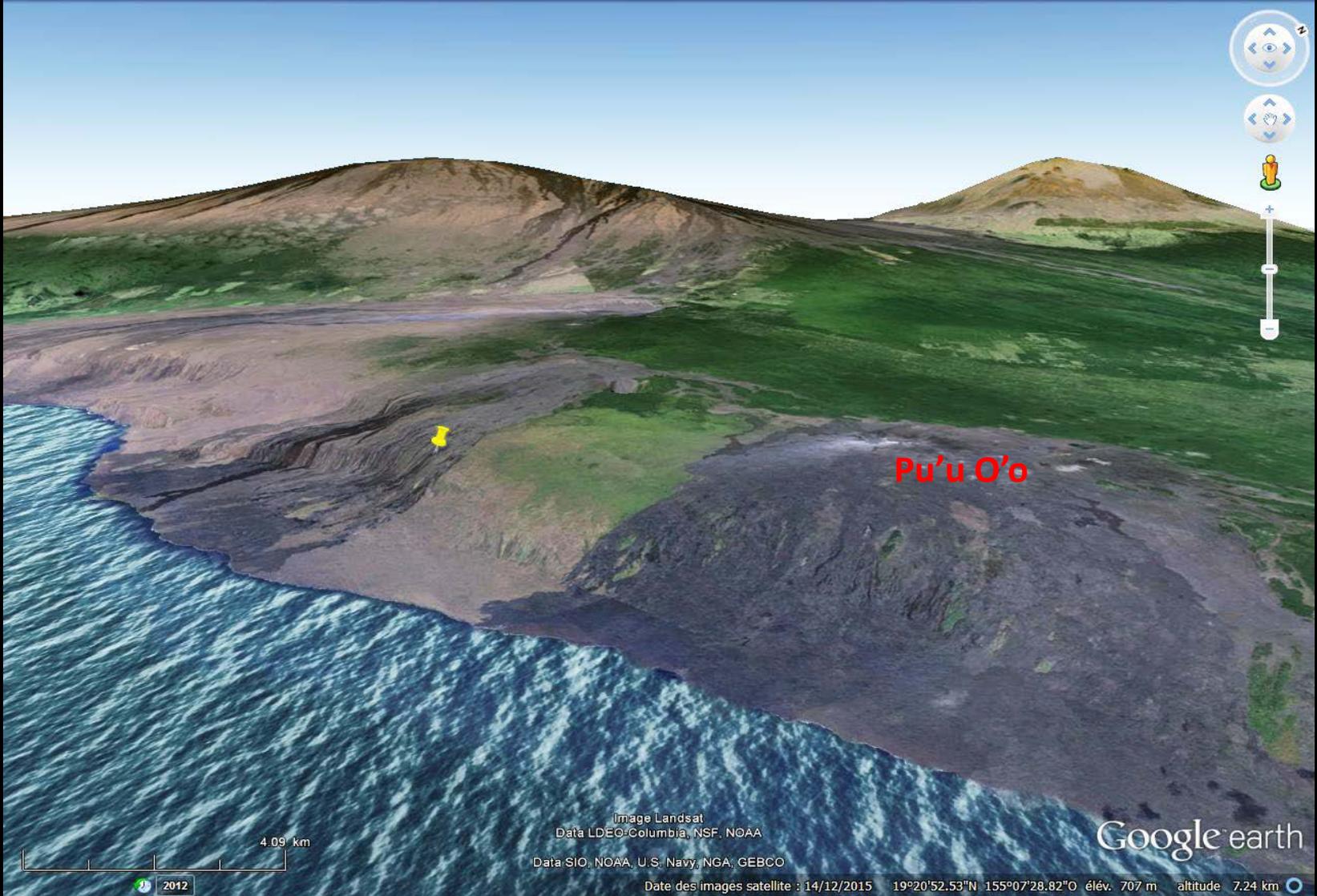


Echantillon & photographie : Pierre THOMAS

Les cheveux de Pelé, qu'est-ce que c'est ?



Au MEB, ça peut être « étonnant » !



**Où étais-je quand j'ai ramassé ces cheveux de Pelé ?
J'étais à Hawaii, en 2007, sur une vieille coulée (30
ans), à 10 km sous le vent du Pu'u O'o, en éruption.**



Le Pu'u O'o, en éruption (en 1986)



Photographie : Pierre Thomas

La surface de la coulée de 30 ans



Photographie : Pierre Thomas

Et dans les anfractuosités à l'abris du vent ...



Photographie : Pierre Thomas

..., des cheveux de Pelé !

Et en dehors d'Islande ? C'est la première fois dans l'histoire qu'on a établi « sérieusement » une relation entre des anomalies météorologiques et une éruption lointaine.

MESSIEURS DE LA SOCIÉTÉ
Royale des Sciences établie à Montpellier, ont envoyé à l'Académie le Mémoire suivant, pour entretenir l'union intime qui doit être entre elles, comme ne faisant qu'un seul Corps; aux termes des Statuts accordés par le Roi, au mois de Février 1706.

RECHERCHES

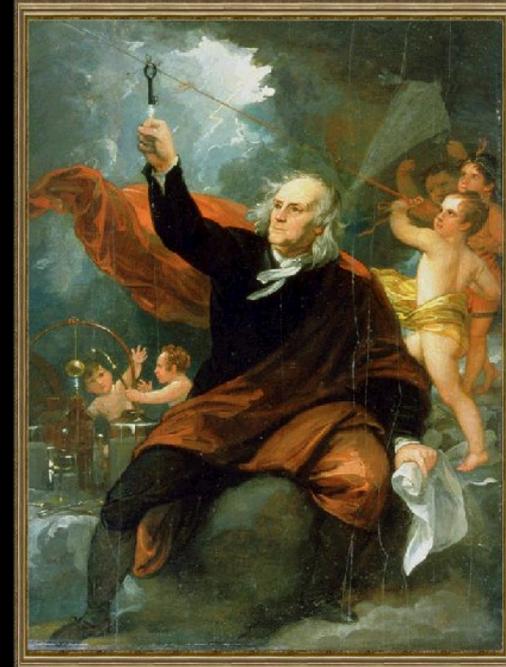
Sur l'origine & sur la nature des Vapeurs qui ont régné dans l'Atmosphère pendant l'été de 1783 (a).

Par M. MOURGUE DE MONTREDON.

UN phénomène rare a frappé d'admiration l'observateur instruit, autant qu'il a porté la surprise & la terreur chez le vulgaire, toujours prompt à s'effrayer à l'aspect des événements de l'atmosphère qui ne lui sont pas familiers.

Après des temps assez inconstans, qui régnèrent pendant les mois de Mai & partie de Juin, on aperçut le 17 Juin, l'atmosphère couverte de vapeurs épaisses, semblables aux brouillards qu'on voit pendant l'hiver. Comme c'étoit au moment où les blés approchent de la maturité, le cultivateur

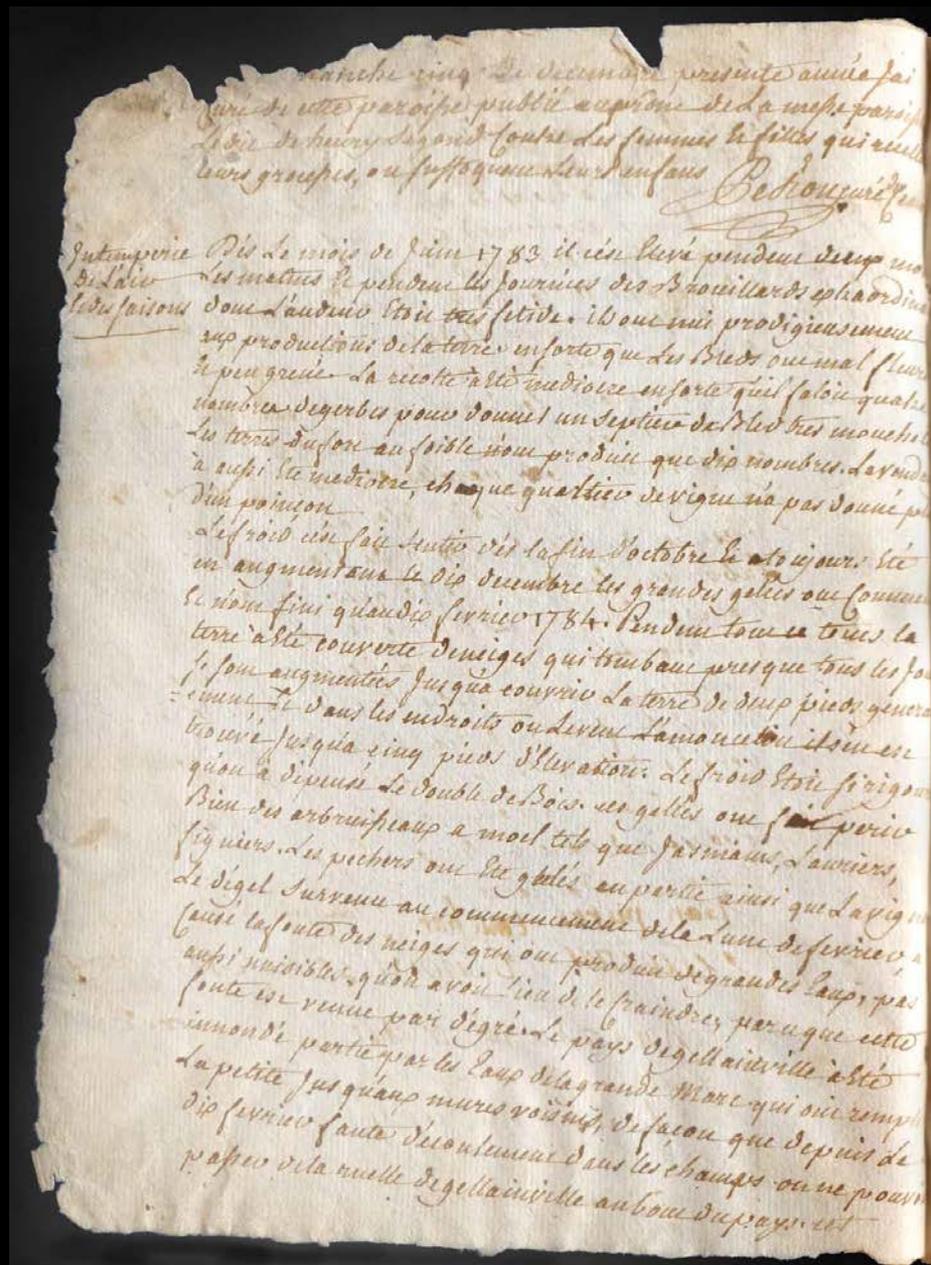
(a) Ces Recherches furent présentées à la Société royale des Sciences de Montpellier, dès le 7 Août 1783, comme il est prouvé par l'extrait des Registres de cette Société.



Mourgue de Montredon (août 1783)

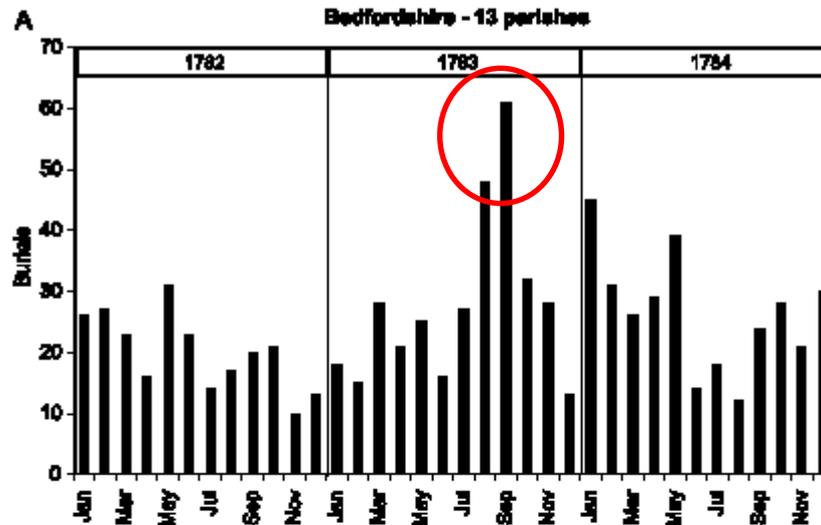
Benjamin Franklin (mai 1784)

- Intempéries de l'air et des saisons
- Dès le mois de juin 1783 il s'est levé pendant deux mois les matins et pendant les journées des brouillards extraordinaires dont l'auteur étoit très fétide. Ils ont nui prodigieusement aux productions de la terre en sorte que les bleds ont mal fleuri et peu grené. La récolte a été médiocre en sorte qu'il a fallu quatre nombres de gerbes pour donner un septier de bled très moucheté. Les terres du fort au faible n'ont produit que dix nombres. La vendange a aussi été médiocre chaque quartier de vignes n'a pas donné plus d'un poinçon.
- Le froid s'est fait sentir dès la fin d'octobre et a toujours été en augmentant. Le dix décembre les grandes gelées ont commencé et n'ont fini qu'au dix février 1784. Pendant tout ce temps la terre a été couverte de neiges qui tombant presque tous les jours se sont augmentées jusqu'à couvrir la terre de deux pieds généralement et dans les endroits où le vent l'amoncelait, il s'en est trouvé jusqu'à cinq pieds d'élévation. Pétion, curé.

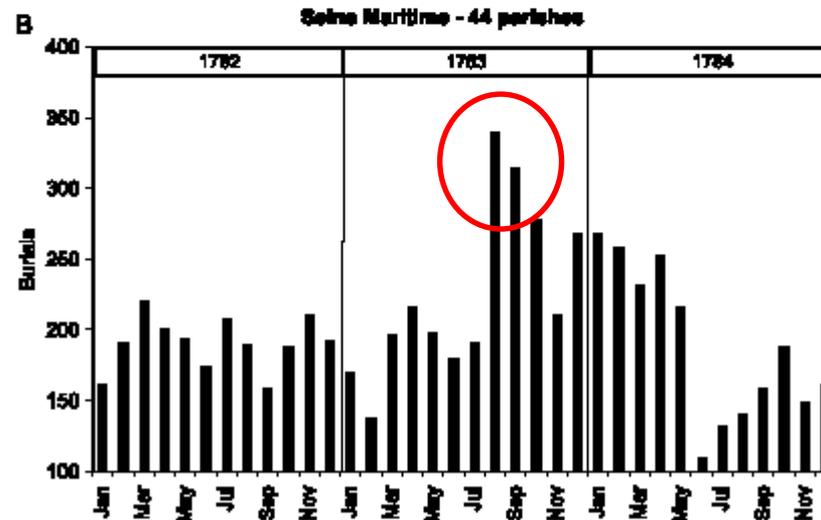


ETE 1783: PIC DE MORTALITE en août et septembre 1883 (archives paroissiales)

... en Angleterre



... en France



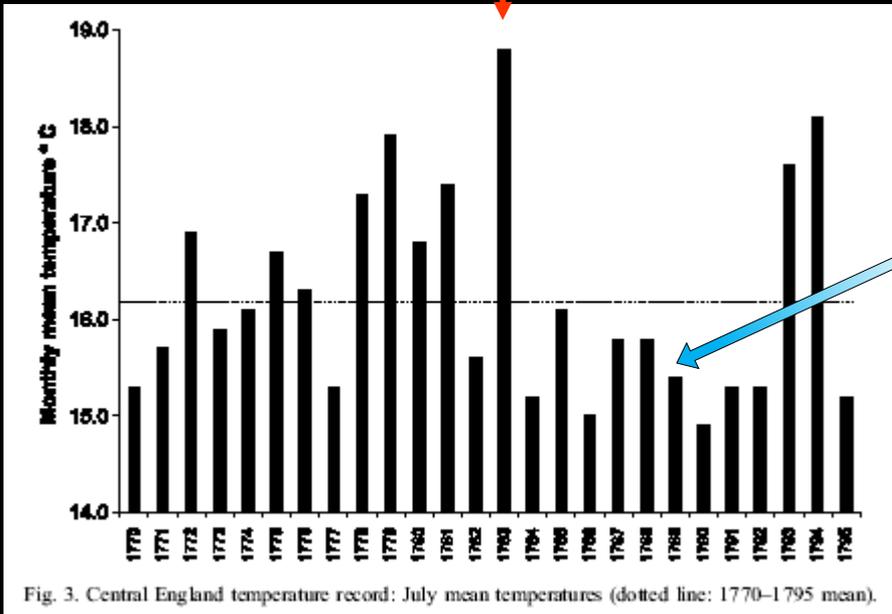


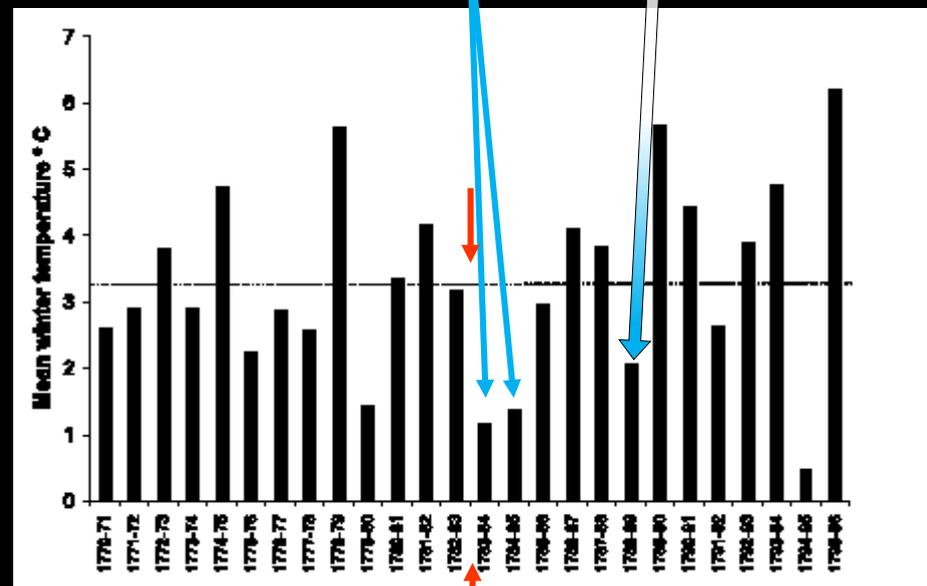
Fig. 3. Central England temperature record: July mean temperatures (dotted line: 1770-1795 mean).

Un été 1783 chaud ..., puis 10 ans d'été « pourris ».

...observations consignées par B. Franklin et de Montredon...



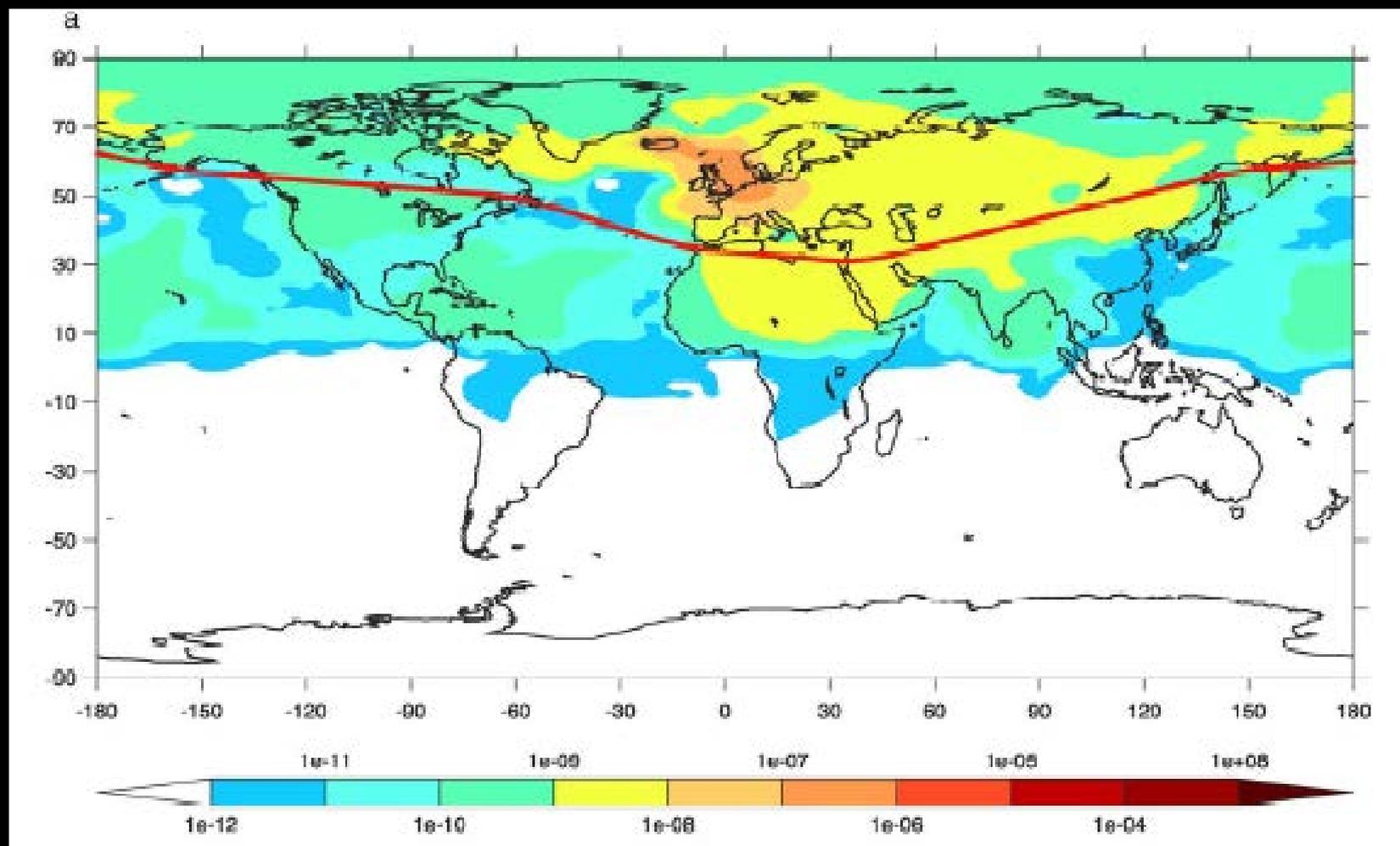
... puis deux hivers 1783-84 et 1784-85 rigoureux



Central England temperature record: Winter (Dec-Feb) mean temperatures (dotted line: 1770-1795 mean).

Modélisation de la répartition de l'aérosol du Laki (près de la surface), fin juin 1783.

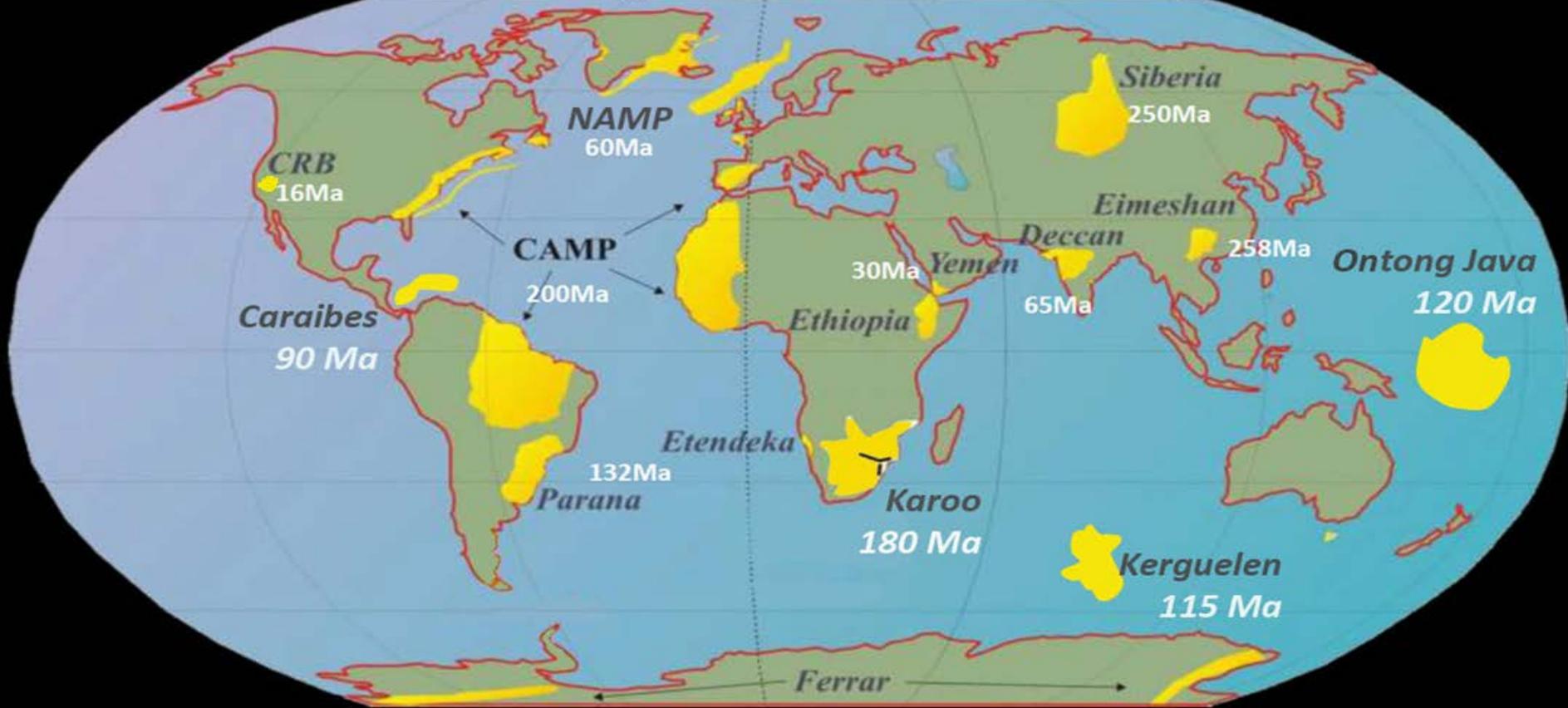
Ces modélisations expliquent bien la « petite » crise climatique de l'hémisphère Nord.



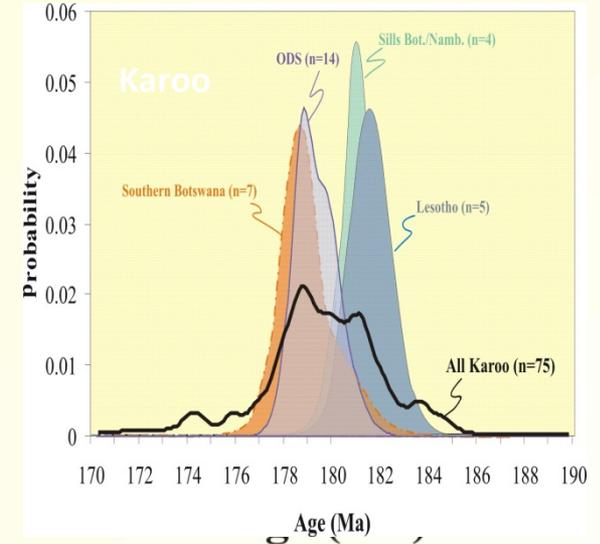
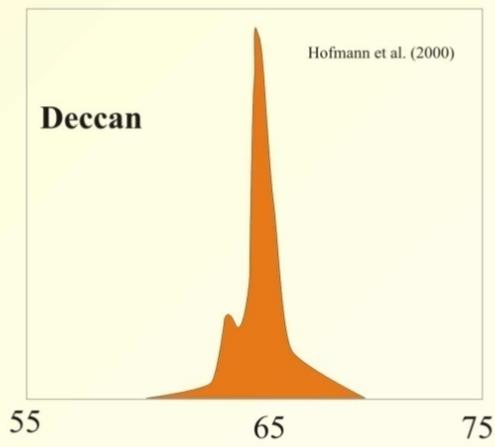
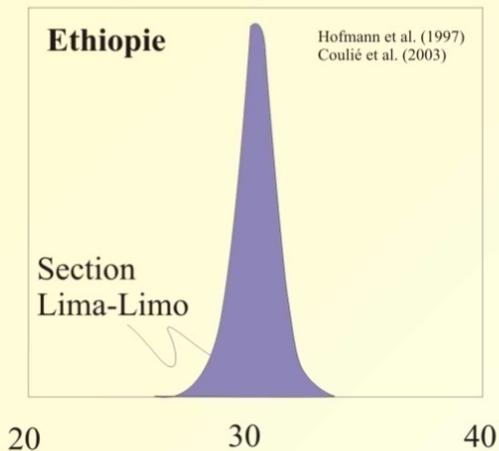
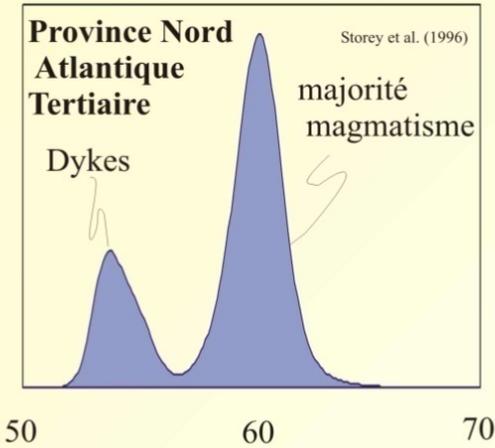
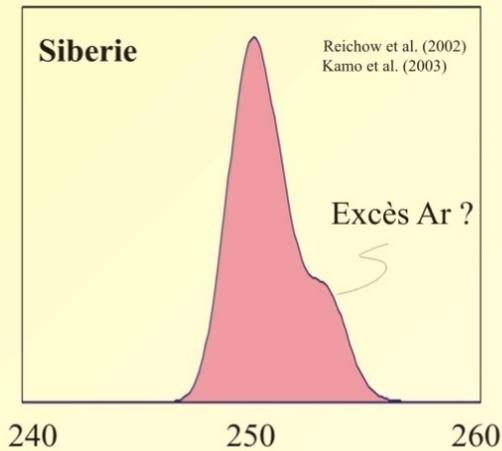
*Des petits
volcans, des gros volcans,
des super-volcans...
Vous n'auriez rien de
plus terrible en
magasin.*

*Il y a les
trapps,
qu'on pourrait
appeler des
hyper-volcans saviques.
Vous allez aimer,
sauf si vous êtes
un dinosaure !*





Les principales provinces magmatiques géantes (LIP en anglais) plus jeunes que 300 Ma. Caractéristiques communes : essentiellement du basalte, très grand volume, émis pendant un temps (géologiquement) très bref. Des giga-Laki/Coirons/Meseta del Lago Buenos Aire en quelque sorte.



La grande majorité du volume (> 1 million km³) est émise généralement en moins d'1 million d'années (temps très bref, géologiquement parlant).



Les deux plus connues : les trapps du Deccan (Inde) ...

Trappa (mot suédois) = escalier



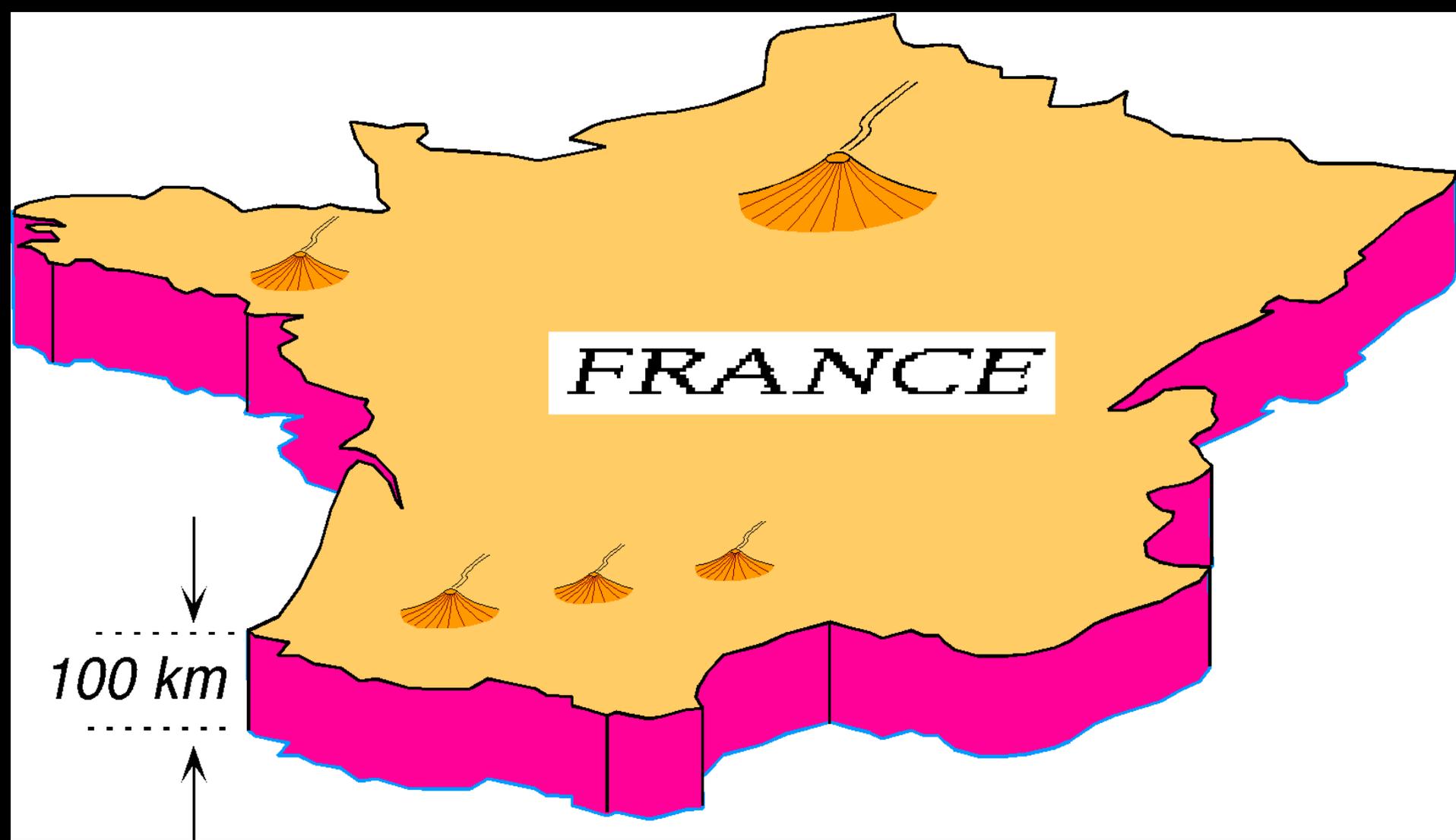
**Les deux plus connues : les trapps du Deccan (Inde),
65 Ma, et ...**



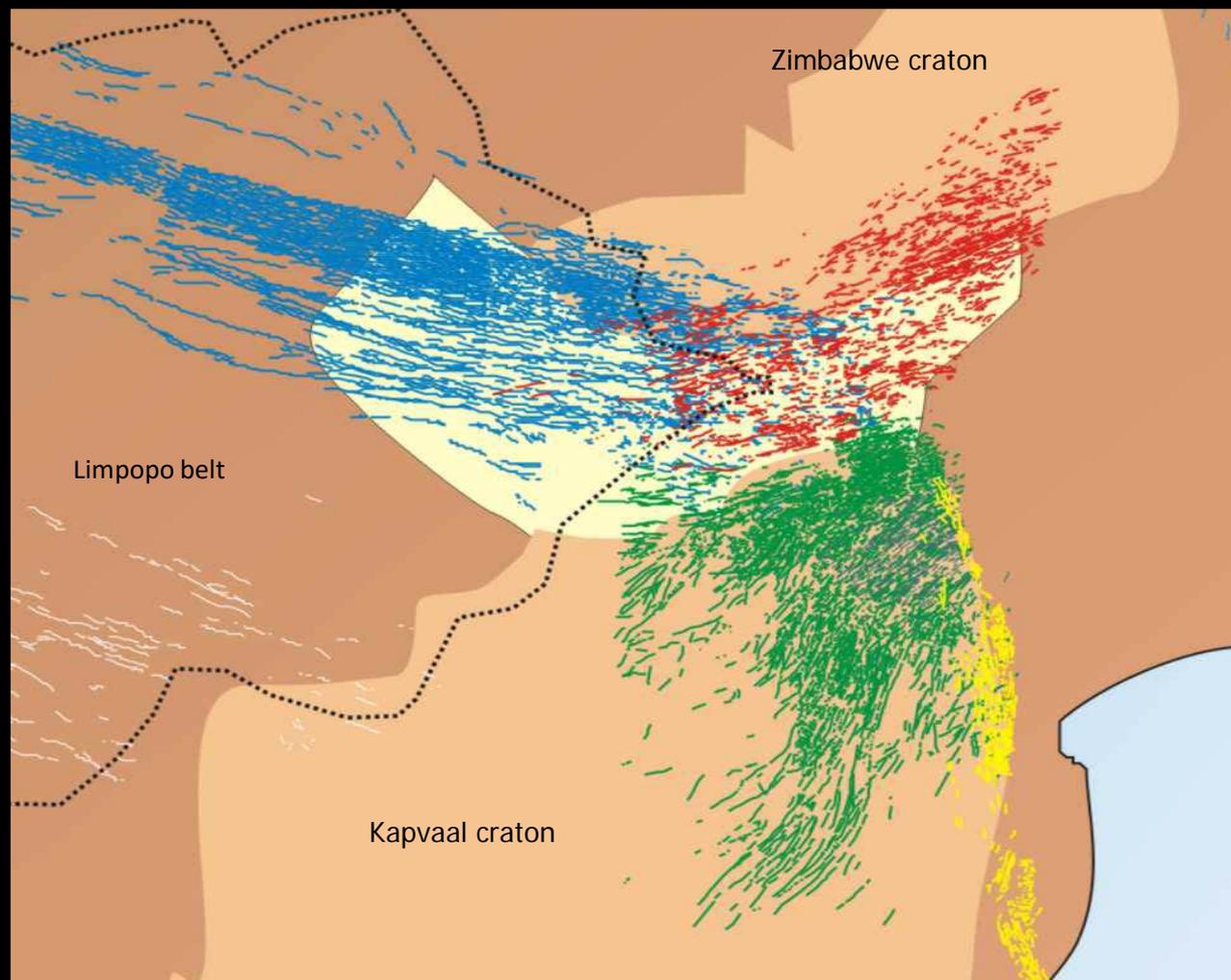
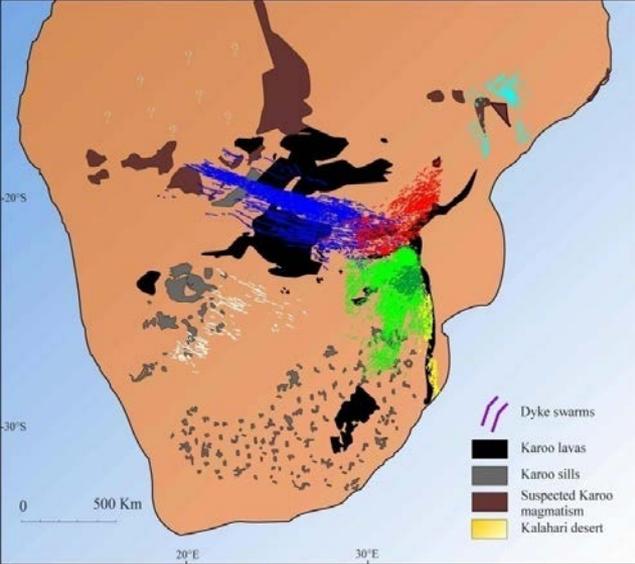
... et ceux de Sibérie (250 Ma). Des centaines de milliers de km² (1 à 3 fois la France) recouverts de centaines de coulées, ce qui fait une épaisseur totale de 1 à 4 km de basalte !



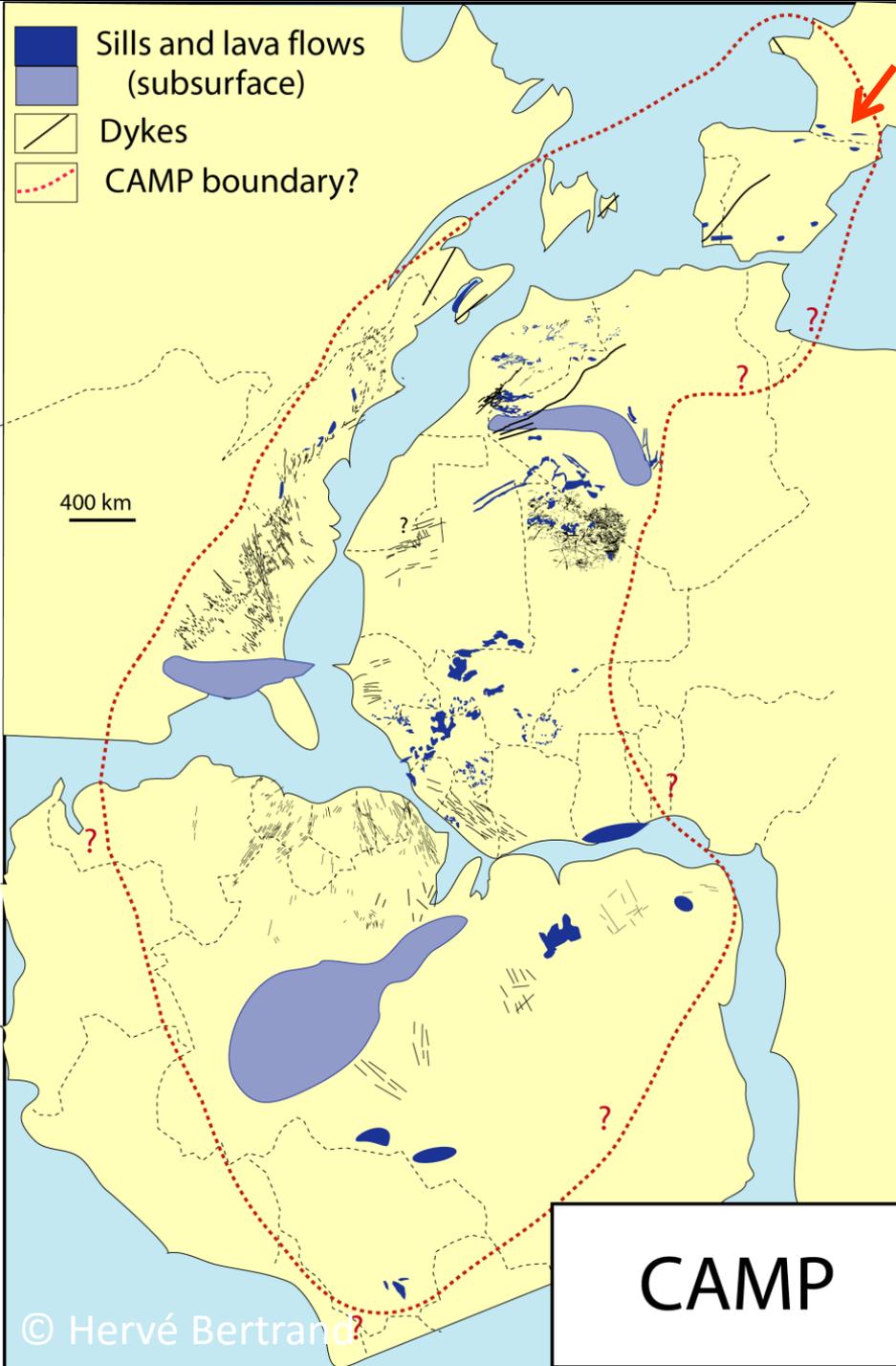
**La plus
volumineuse,
mais bien
cachée :
Ontong Java,
sous le
Pacifique.
Volume de 20
à 50 millions
de km³**



Si les éruptions d'Ontong Java avaient eu lieu en France, cela l'aurait recouverte 40 à 100 km de basalte. Pourvu que ça n'arrive pas demain !



Ces provinces magmatiques géantes sont alimentées par des essaims géants de dykes. Ici, les dykes du Karoo (180 Ma).



La Province Magmatique De l'Atlantique Central (CAMP en anglais), 200 Ma

La plus étendue des provinces magmatiques sur Terre, mais bien érodée

$7-10 \cdot 10^6 \text{ km}^2$

$3 \cdot 10^6 \text{ km}^3$

Eclatée aujourd'hui sur 4 continents

Coulées

Sills

Dykes

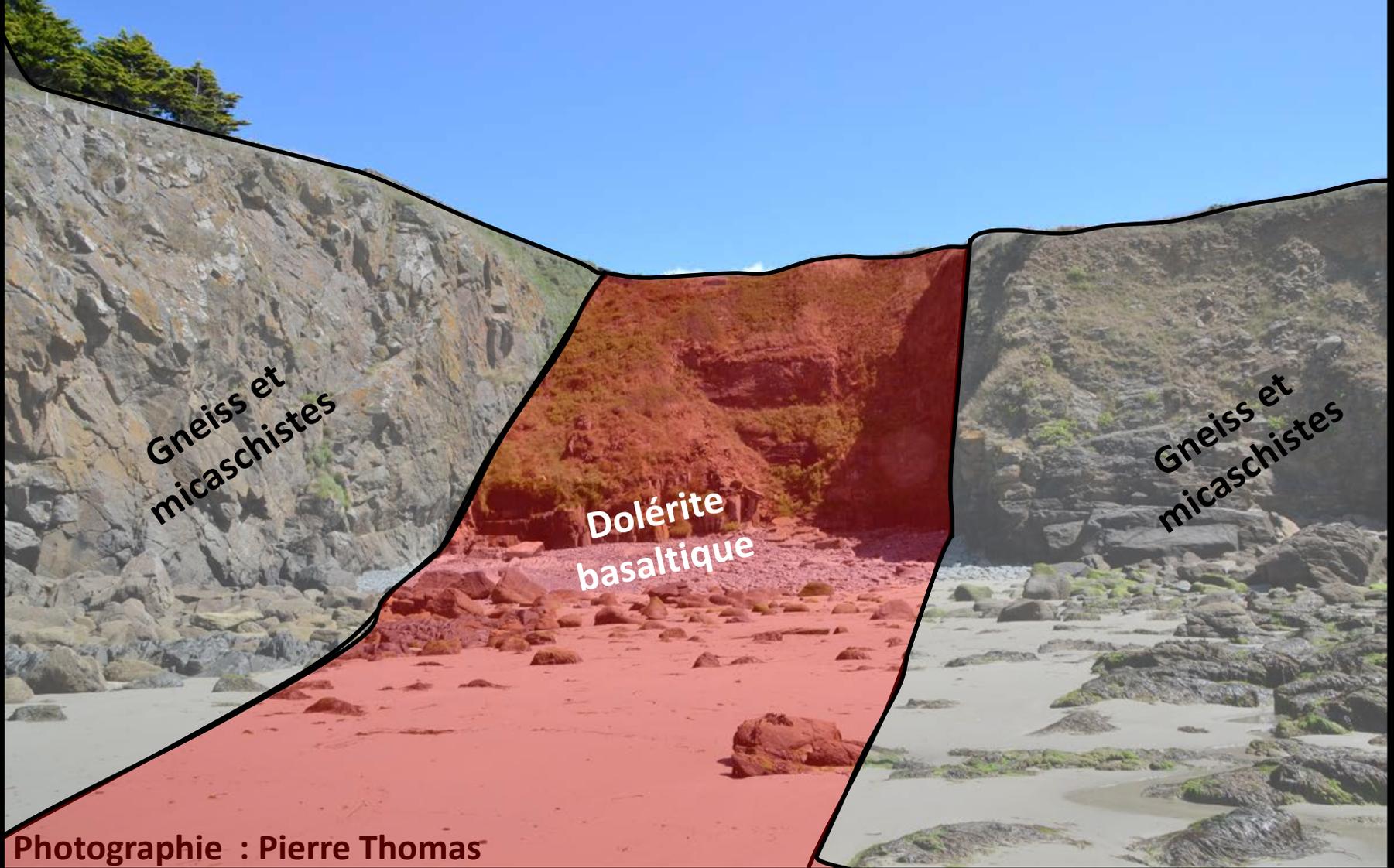
Intrusions litées

200 Ma



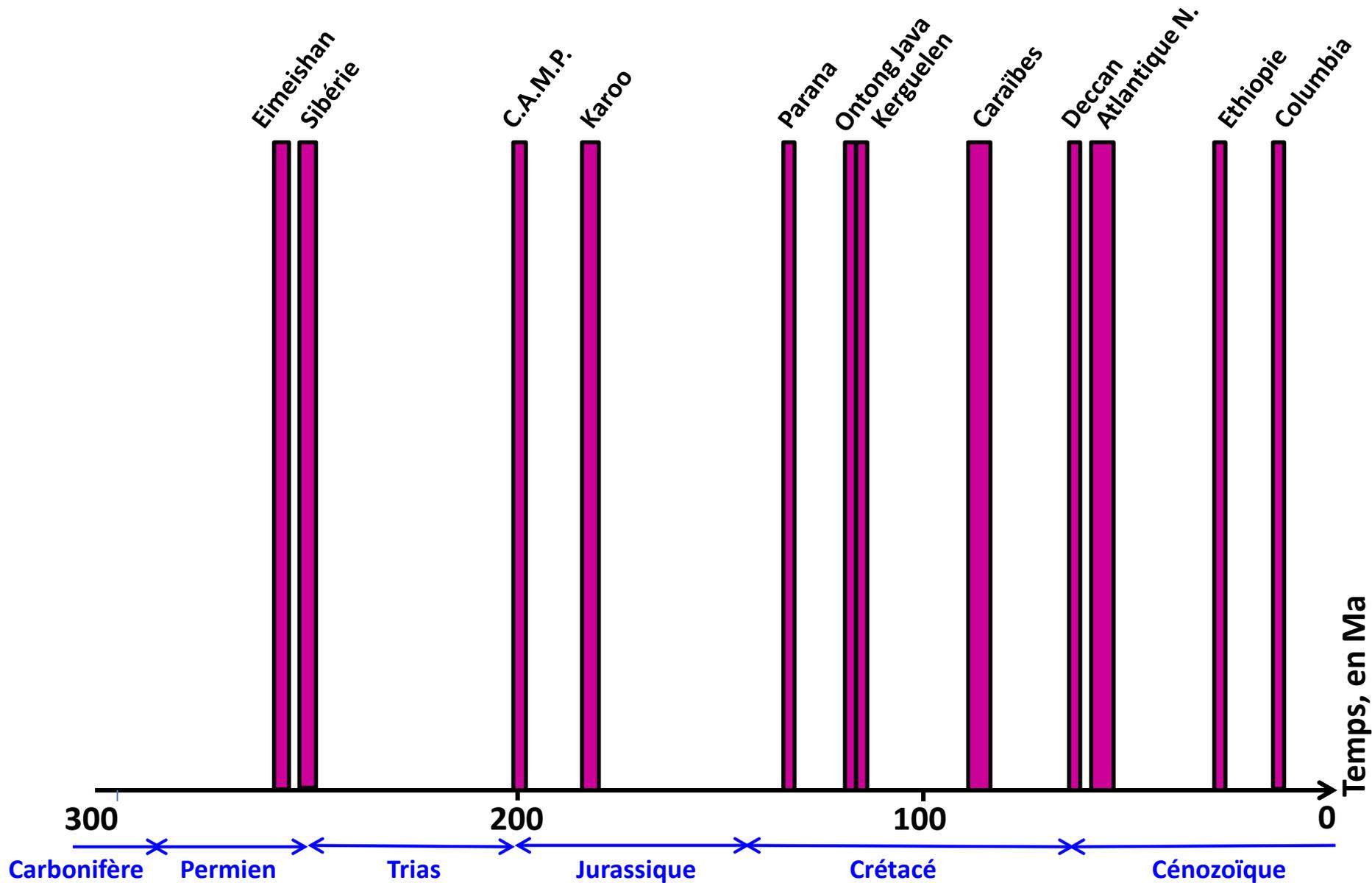
Photographie : Pierre Thomas

La seule province magmatique géante qui affleure en France, surtout en Guyane, un peu dans les Pyrénées (les « ophites »), et ici en Bretagne.



Photographie : Pierre Thomas

La seule province magmatique géante qui affleure en France, surtout en Guyane, un peu dans les Pyrénées (les « ophites »), et ici en Bretagne.

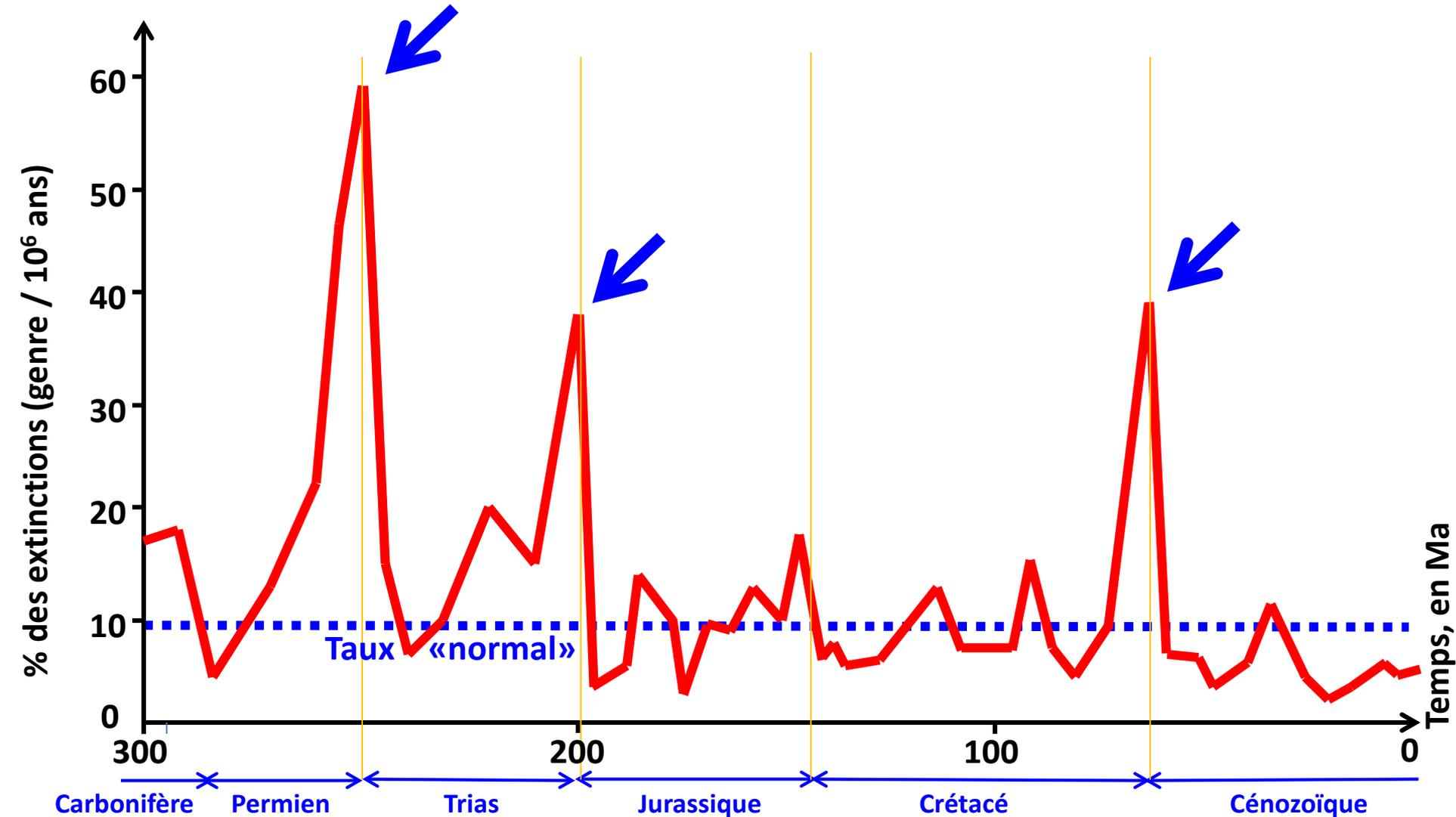


Les principales provinces magmatiques géantes (trapps, essaims de dykes et plateaux océaniques) depuis 300 Ma

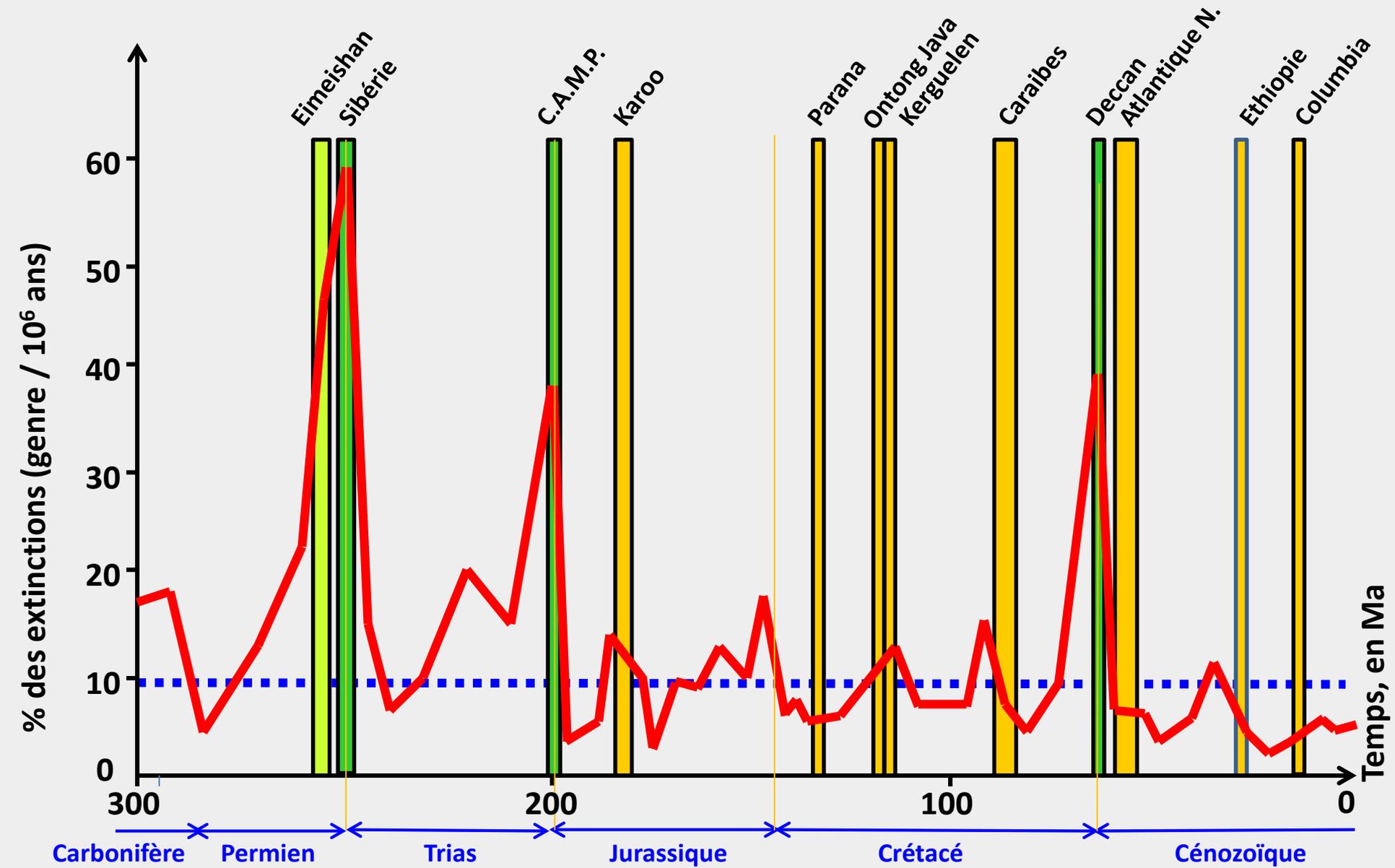
Grâce aux fossiles, on sait depuis au moins 250 ans que des êtres vivants anciens ont aujourd'hui disparu.



Ces disparitions se font elles régulièrement ?

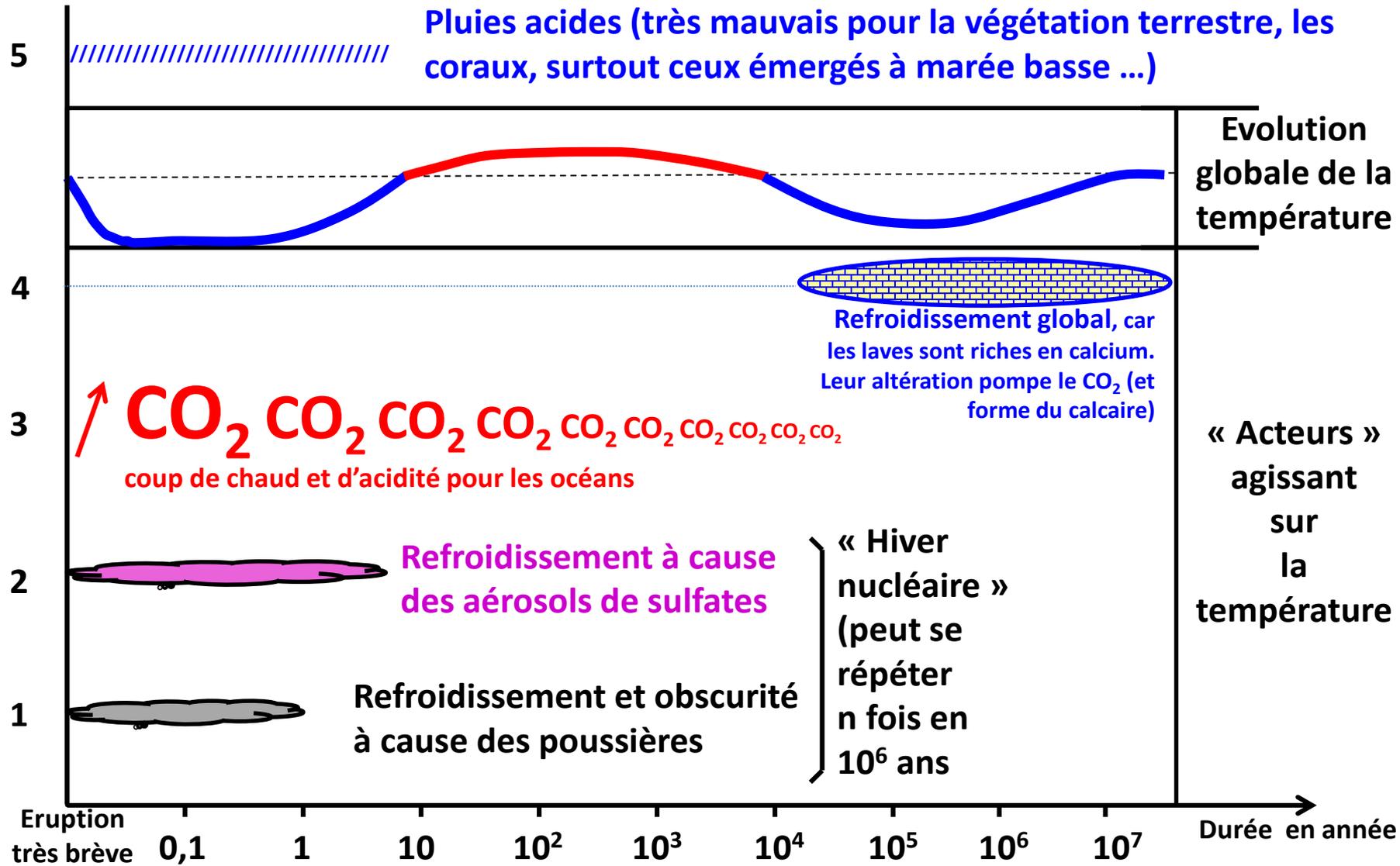


Non ! Ca se fait souvent avec des « crises ».
Voici les trois principales extinctions depuis 300 Ma.

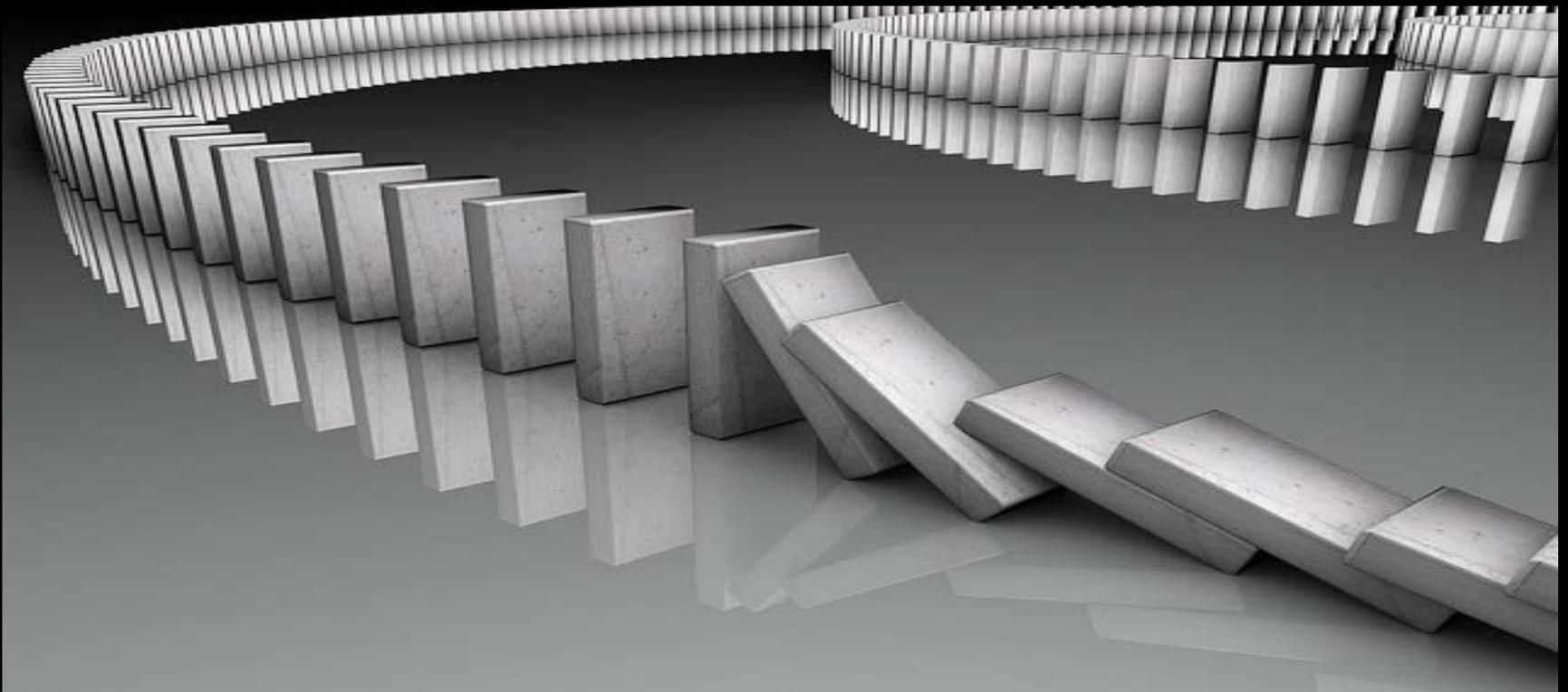


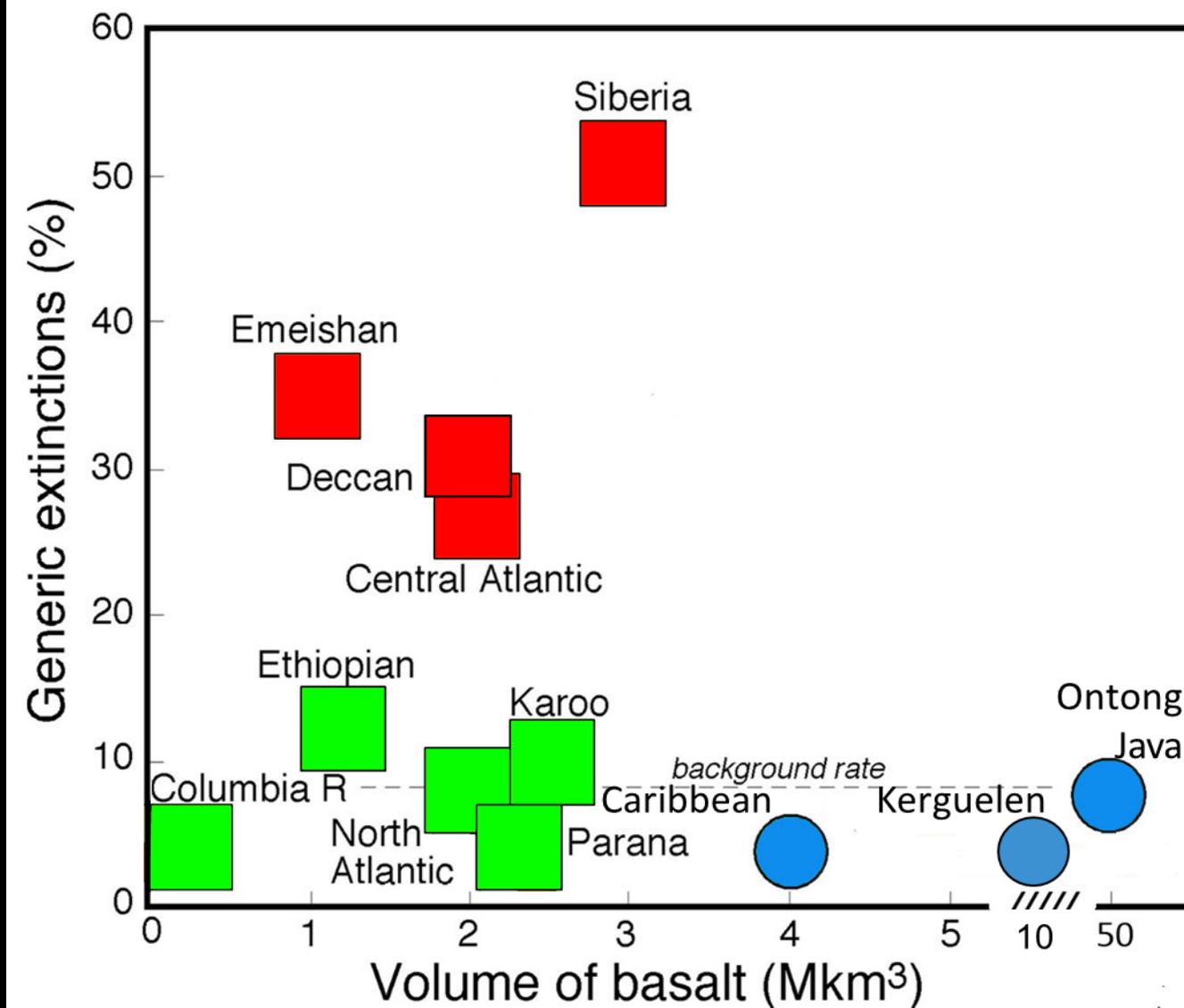
Les corrélations entre les provinces magmatiques géantes et les extinctions. Ca «colle» 3-4 fois, pour les 3 grandes crises !

Pourquoi une crise volcanique majeure perturberait-elle la biodiversité ? Il y a les effets directs ...



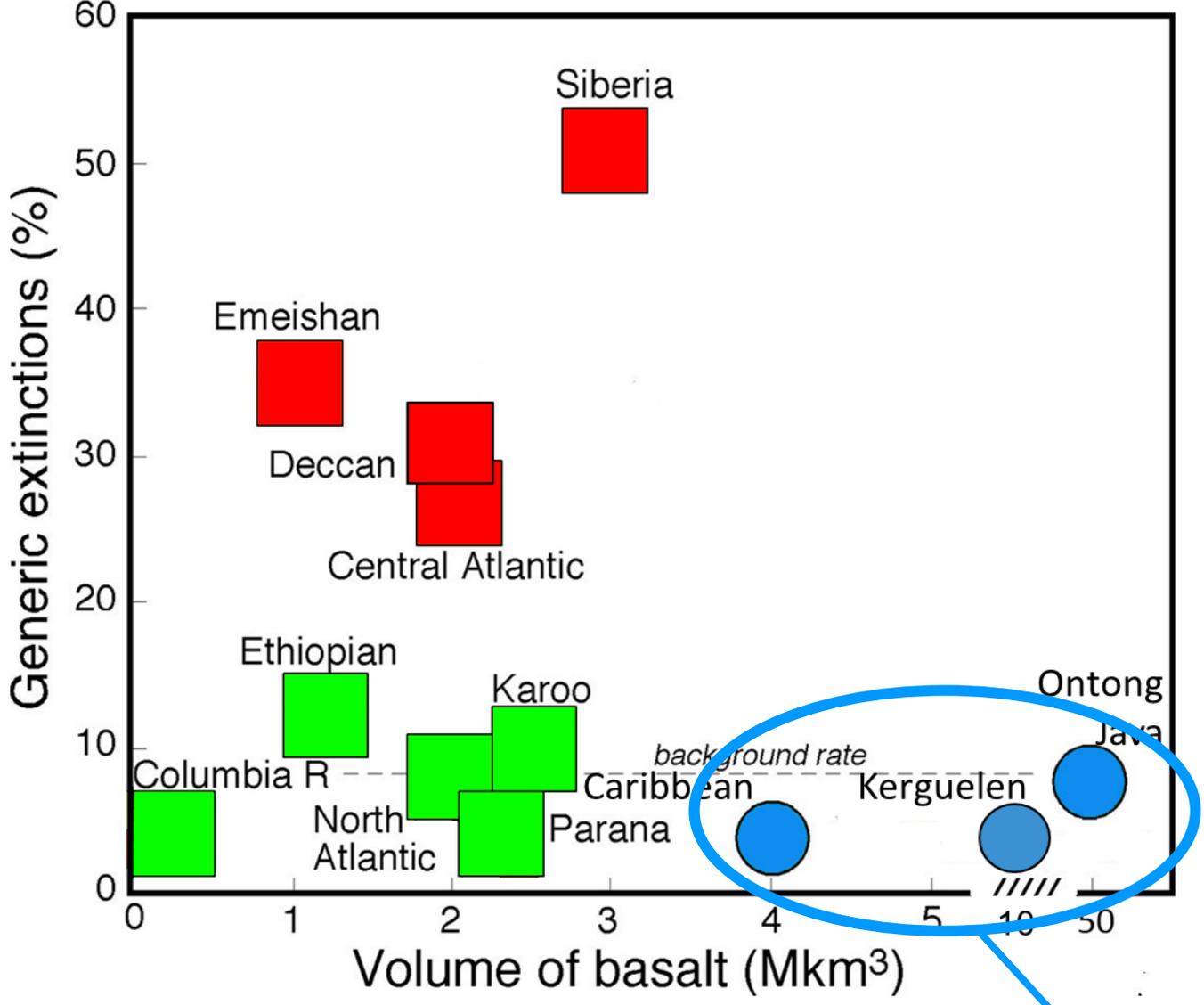
... et en plus de ces 5 causes directes, il peut y avoir des conséquences indirectes sur la circulation et/ou la stratification océaniques, sur la déstabilisation des clathrates ... Les extinctions sont sans doute multifactorielles avec pleins de réactions en chaîne, avec le volcanisme au départ, mais qui, souvent, ne fait rien !



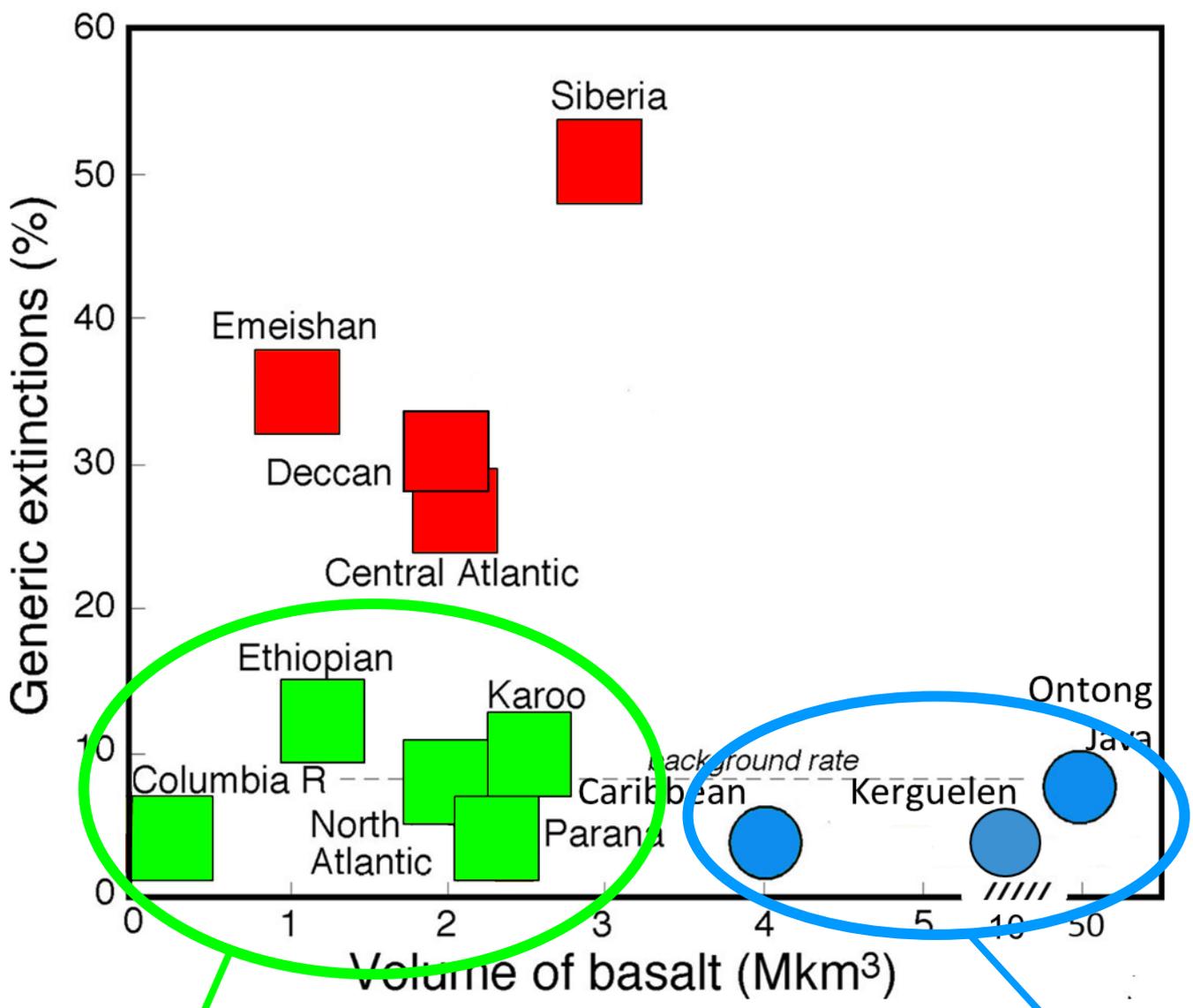


On voit qu'il n'y a pas de relation entre le volume des provinces magmatiques géantes et l'importance des extinctions. Pourquoi ces différences ?

Voici quelques propositions d'explications, explications (partielles) encore sujettes à discussions.

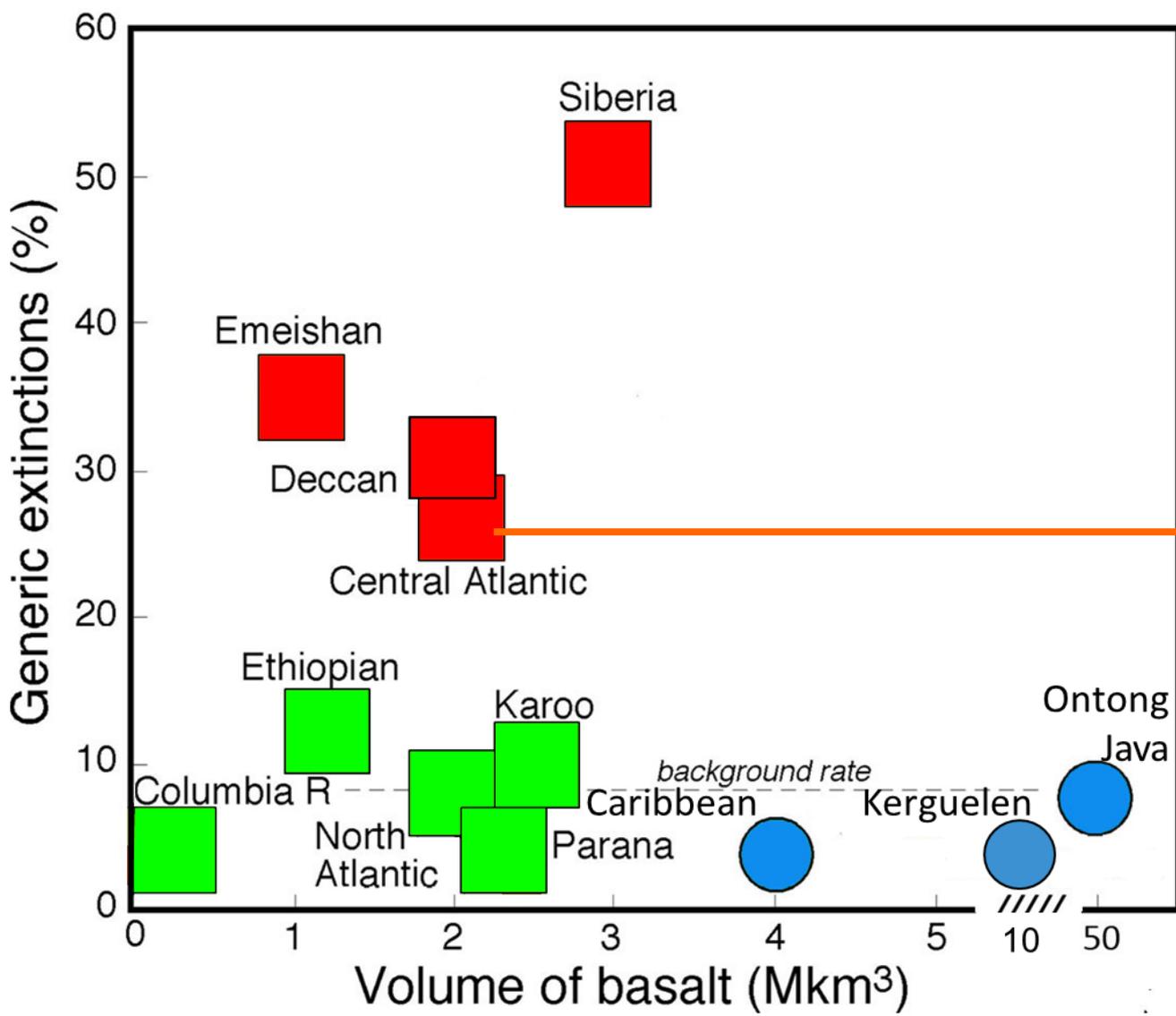


Les éruptions sous-marines n'ont pas d'effets notables, même pas le géant du genre !



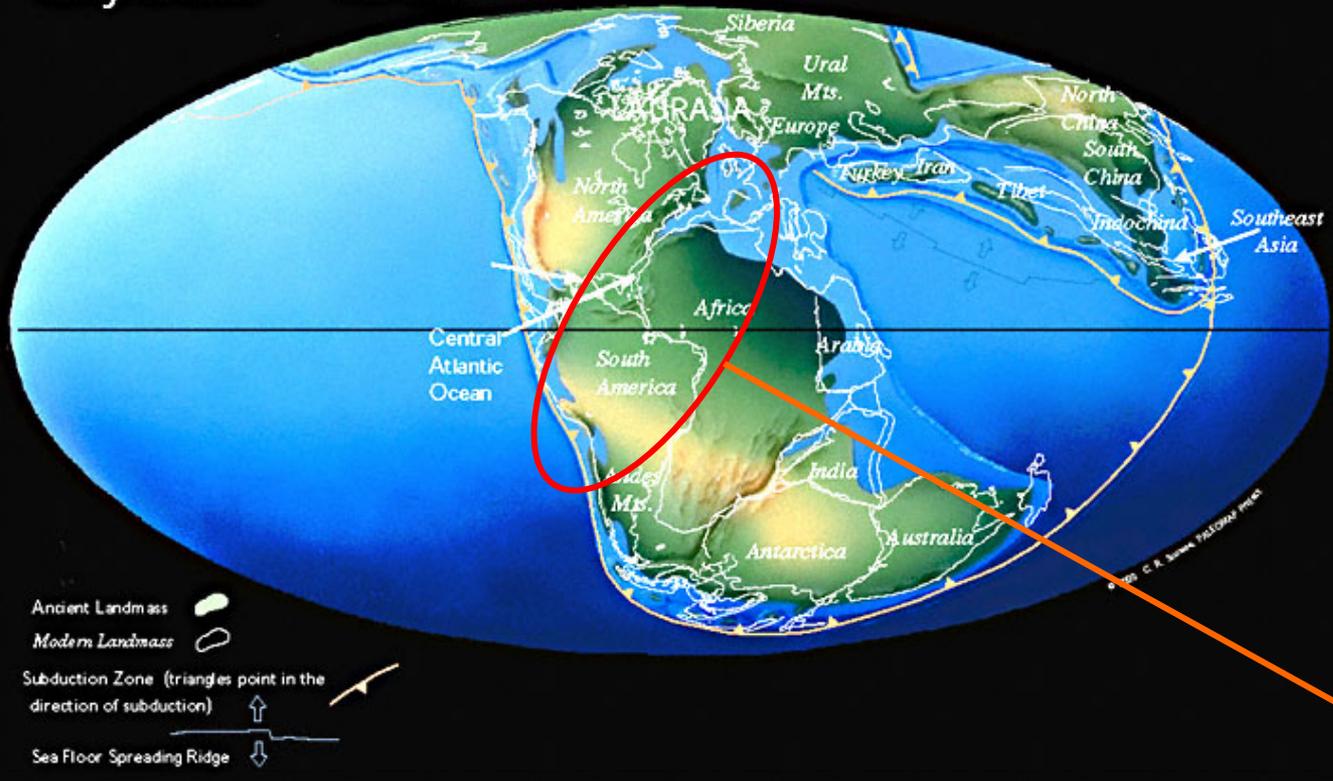
Les éruptions sous-marines n'ont pas d'effets notables, même pas le géant du genre !

Trop « petits » pour avoir un a eux seuls un effet notable ?

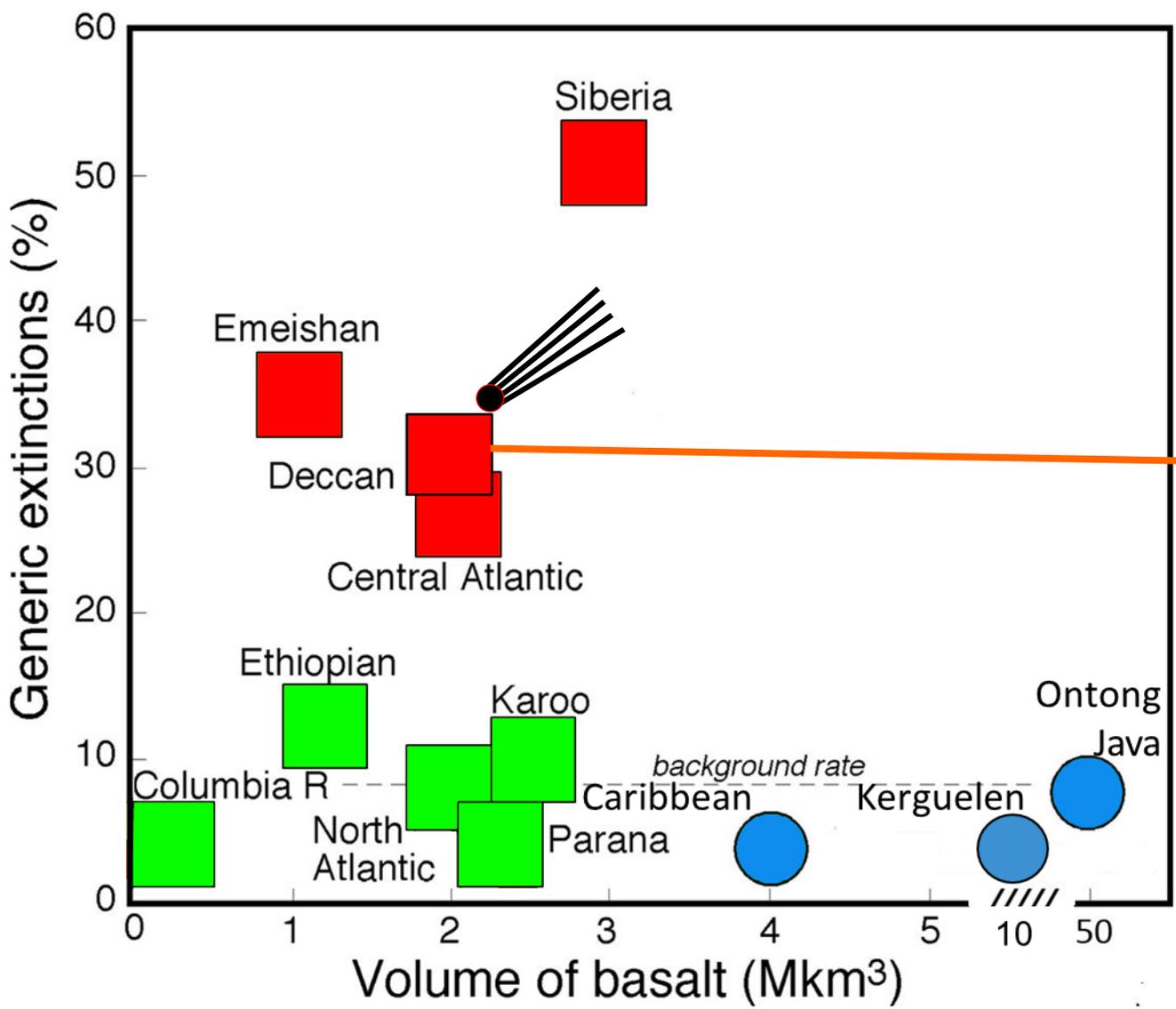


Si ce n'est pas le plus volumineux, c'est celui qui occupe la plus grande surface (de la Bretagne à la Bolivie) !

Early Jurassic 195 Ma

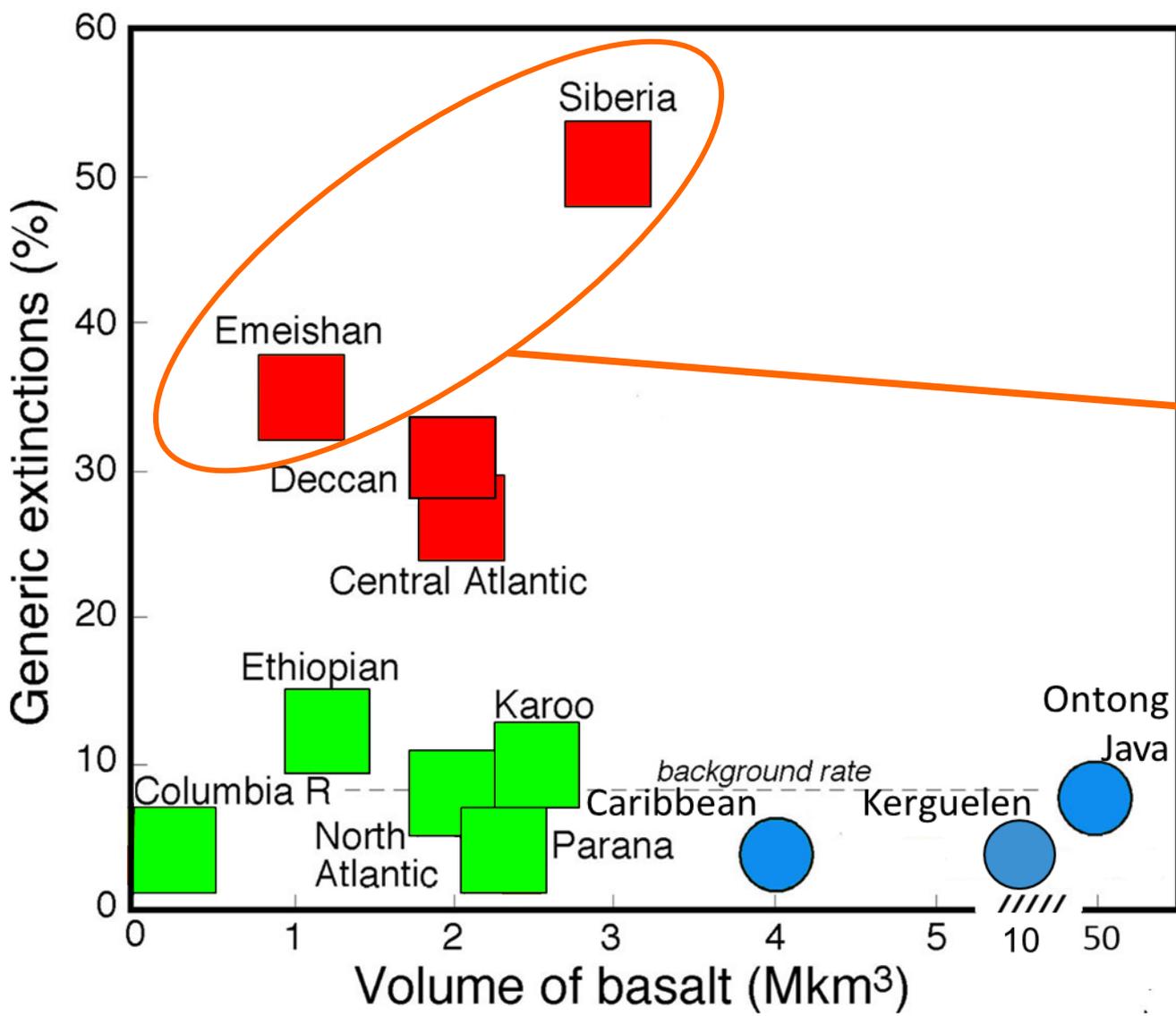


Si ce n'est pas le plus volumineux, c'est celui qui occupe la plus grande surface (de la Bretagne à la Bolivie !), à cheval sur les deux hémisphères (perturbation globale).

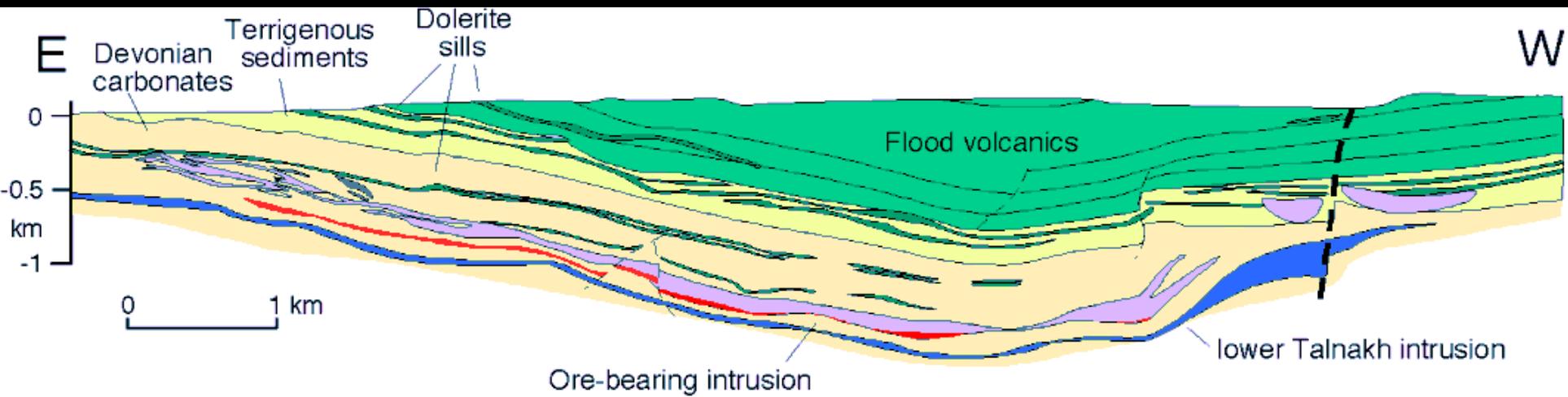


Une énorme météorite est tombée pendant la phase éruptive majeure, une espèce de coup de grâce !

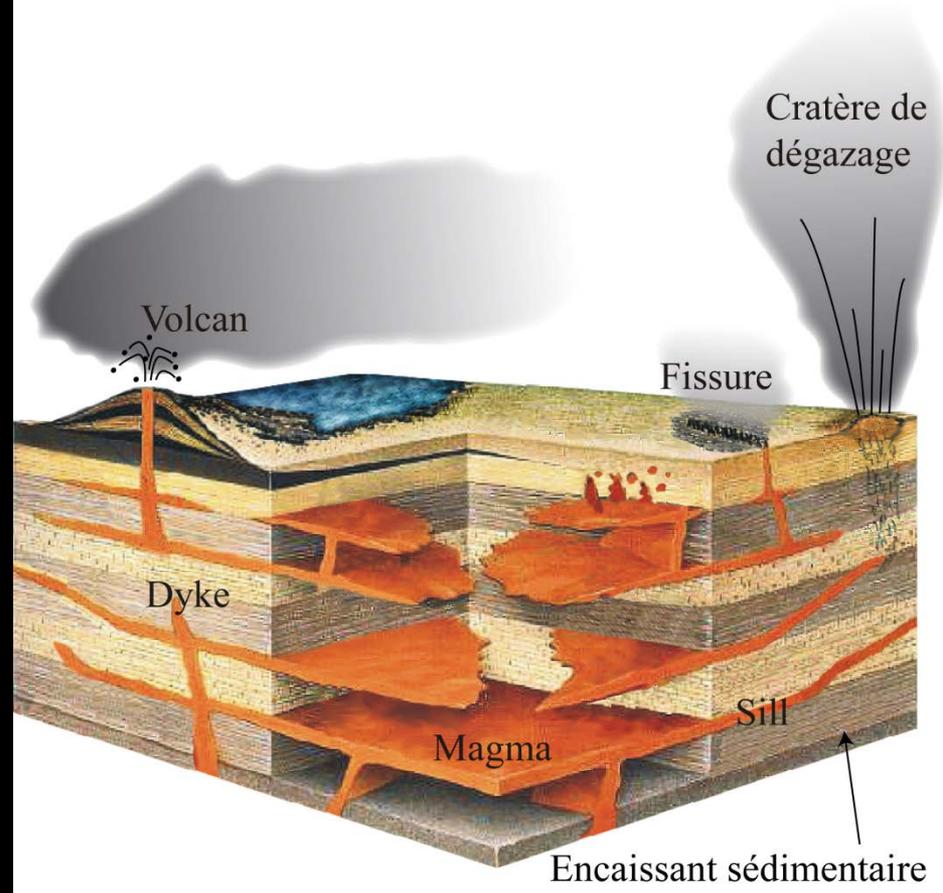


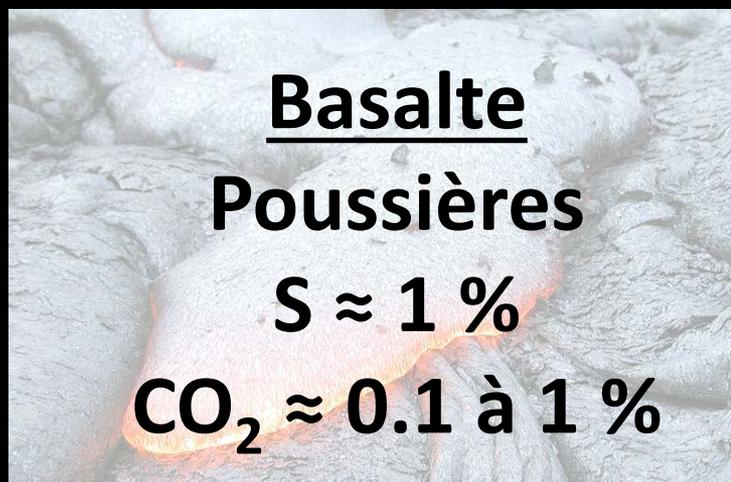


Mais qu'est-ce qu'ils ont ces deux là, à part d'être presque simultanés (à quelques millions d'années près) ?



**Mais comme chacun sait,
 il n'y a pas que la taille qui
 compte.
 Dans notre cas, il y a aussi,
 voire surtout, l'interaction
 du magma avec les roches
 qu'il traverse et/ou
 recouvre !**



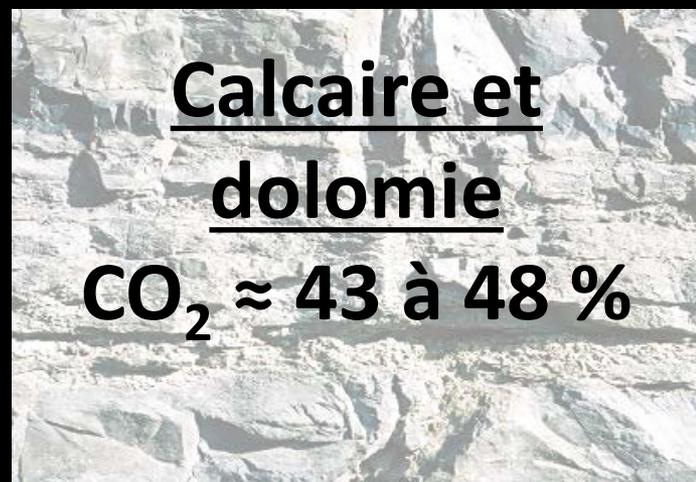


Basalte

Poussières

S \approx 1 %

CO₂ \approx 0.1 à 1 %



Calcaire et dolomie

CO₂ \approx 43 à 48 %



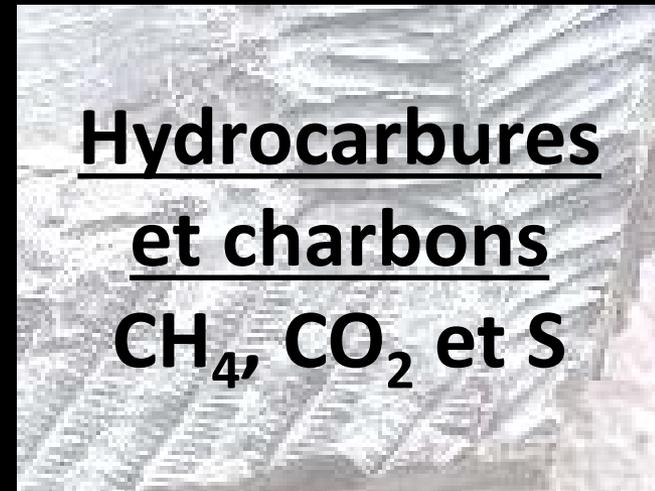
évaporites

SO₂ \approx 47 wt%

dans l'anhydrite

Cl \approx 61 wt%

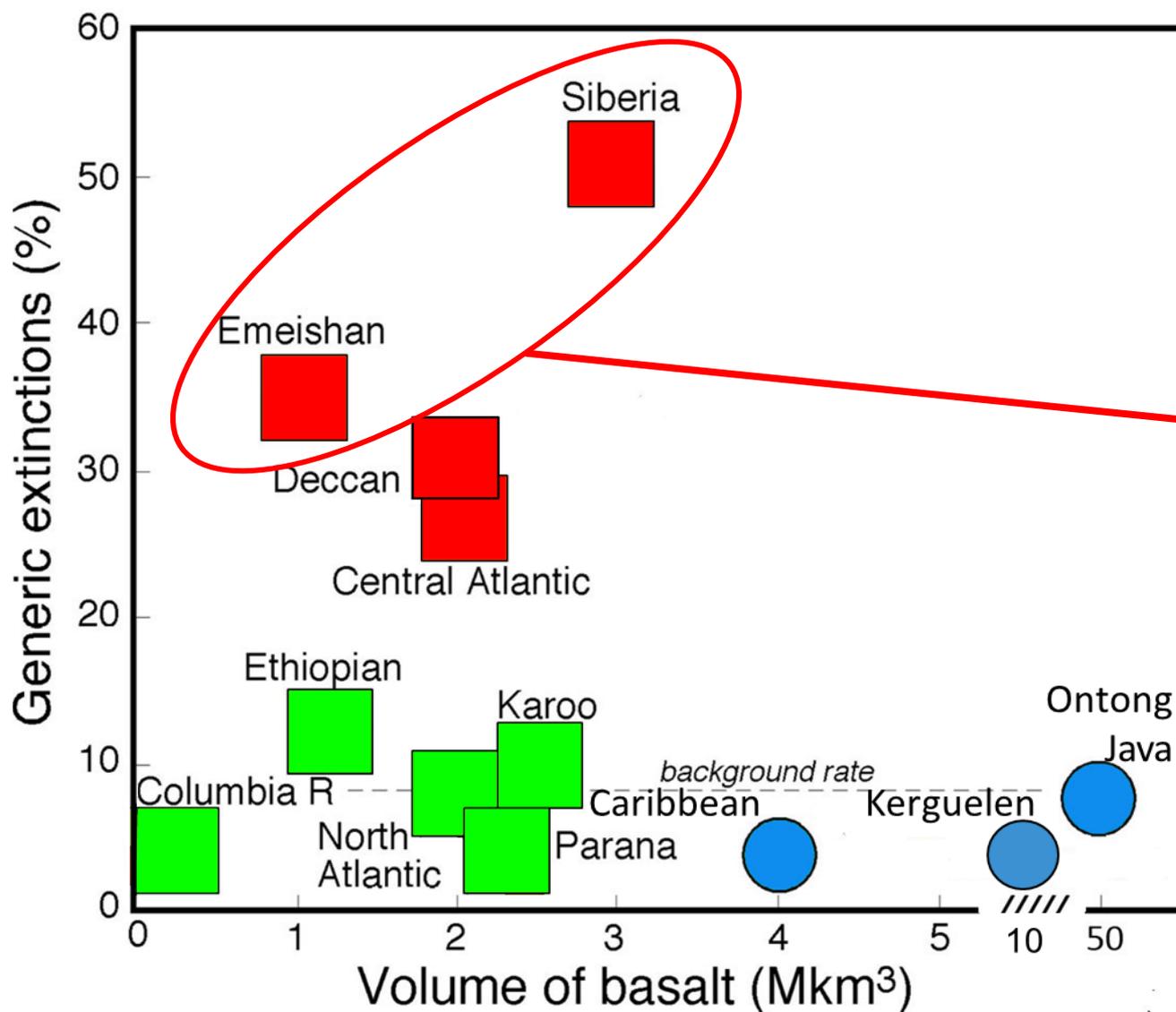
dans le sel



Hydrocarbures et charbons

CH₄, CO₂ et S

Si le basalte n'émet « qu'un peu » de Soufre, de CO₂ et de poussières, s'il traverse des calcaires, des évaporites, du charbon ... cela va émettre beaucoup de soufre, chlore, méthane, CO₂, composés très perturbateurs pour le climat



Or, les terrains d'Emeishan contiennent beaucoup de dolomie, et ceux de Sibérie contiennent charbons, calcaires, dolomies et évaporites.

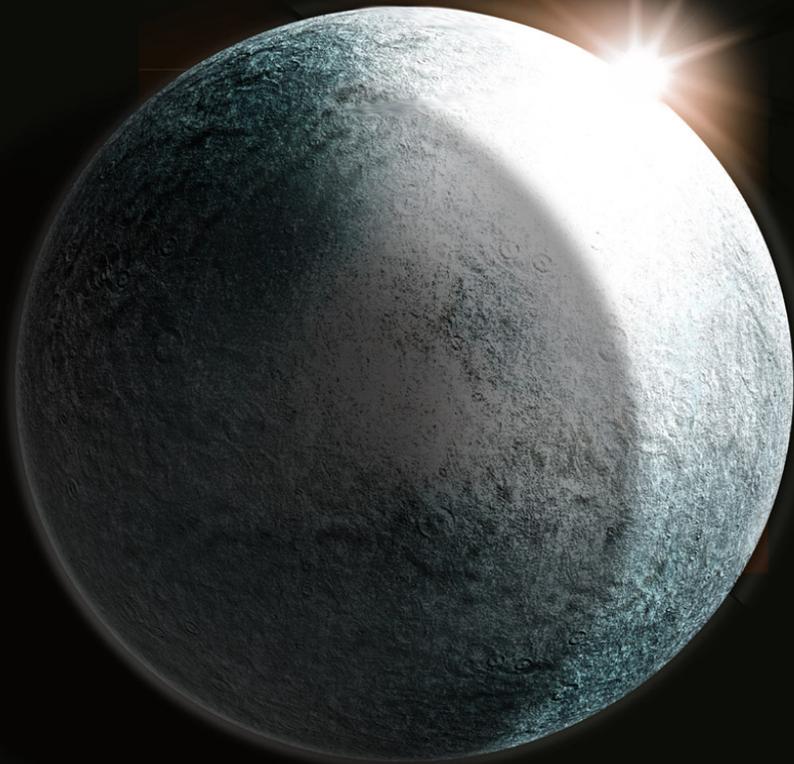
Un cocktail potentiellement mortel qui a, sans doute, participé à la plus grande crise de la biosphère !



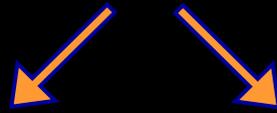
Mais la vie, comme le Phoenix, renaît souvent de ses cendres, des dégâts causés par le volcanisme. On connaît l'essor des gymnospermes après et crises PT et TJ. On connaît mieux l'essor des mammifères après la crise KT. Mais il y a bien mieux !

Dernier point développé si j'ai le temps dans cette causerie sur les relations volcanisme / climat / biodiversité : des évènements particuliers, les épisodes « Boule de neige » dont 3 sont « bien » documentées (Sturtienne, 750 Ma, Marinoéenne/Varanger, 600 Ma et Gaskiers, 580 Ma).

Les données :



Des indices de glaciations vers – 750 Ma et vers –600/-580 Ma

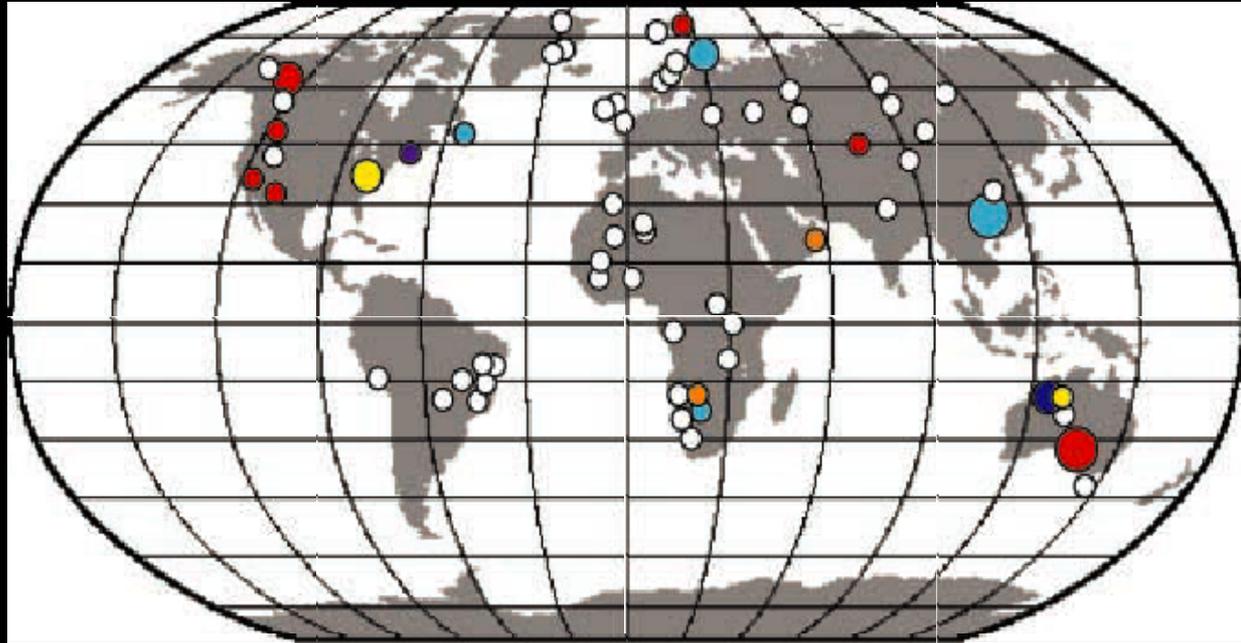


Surfaces striées – Sédiments sans granoclassement avec des clastes de taille diverse (moraines) = mouvement de glaces sur les continents



Lamines du sédiment marin déformées par la chute d'un galet (dropstone) = calottes glaciaires au niveau de la mer libérant des icebergs abondants

On trouve partout ces indices de glaciations, sur toutes les latitudes actuelles, et sur toutes les latitudes anciennes quand on remet les continents dans leur position de l'époque



**Présence des formations glaciaires
Néoprotérozoïque
Sur tous les continents**

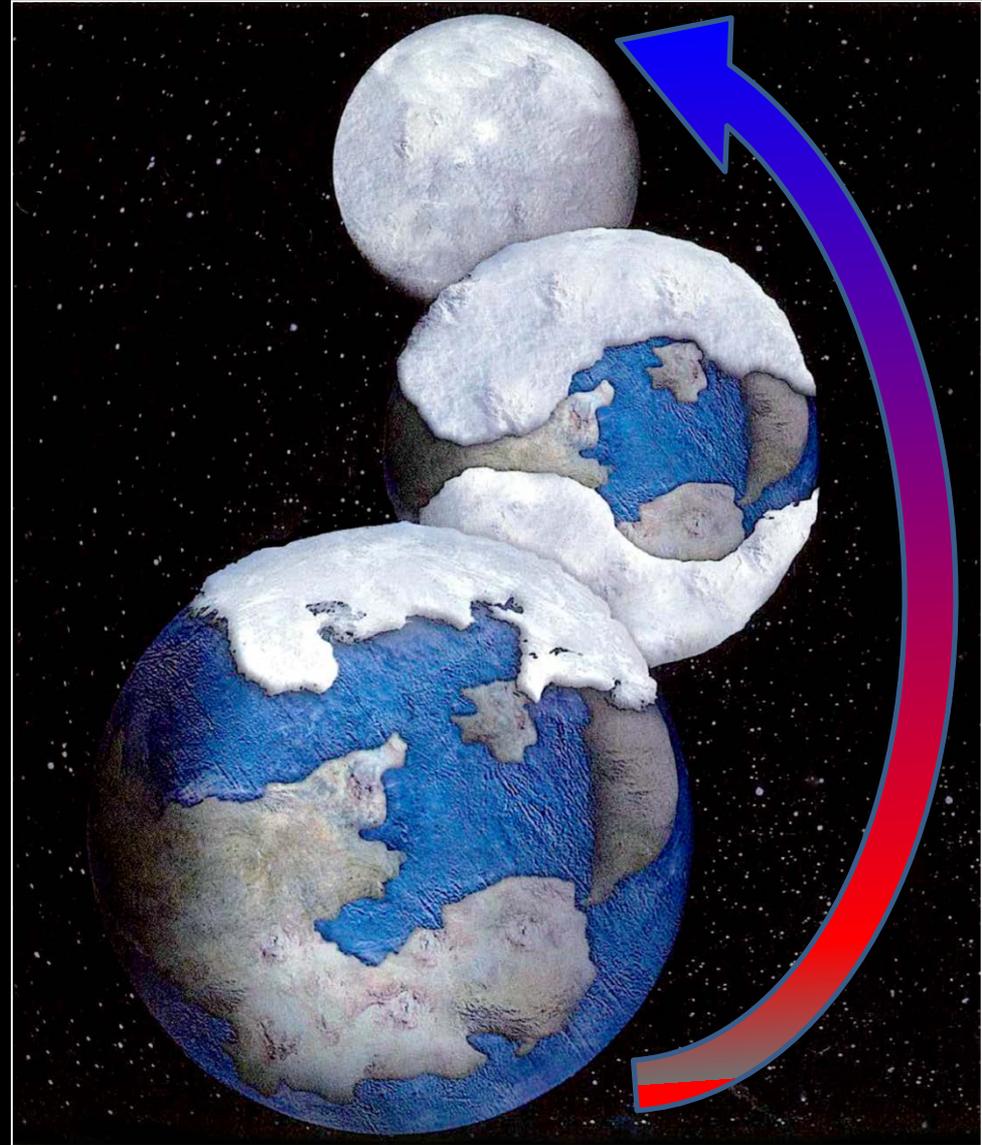
A photograph of two geologists standing on a steep rock face. The rock face shows distinct horizontal sedimentary layers. The geologist on the left is wearing a light blue shirt, a tan vest, and blue gaiters. The geologist on the right is wearing a white tank top, a white cap, and blue shorts. Both are pointing towards the rock layers. The text 'Carbonates (calcaires et dolomies)' is written in white at the top, and 'Dépôts glaciaires' is written in white in the middle of the rock face.

Carbonates (calcaires et dolomies)

Dépôts glaciaires

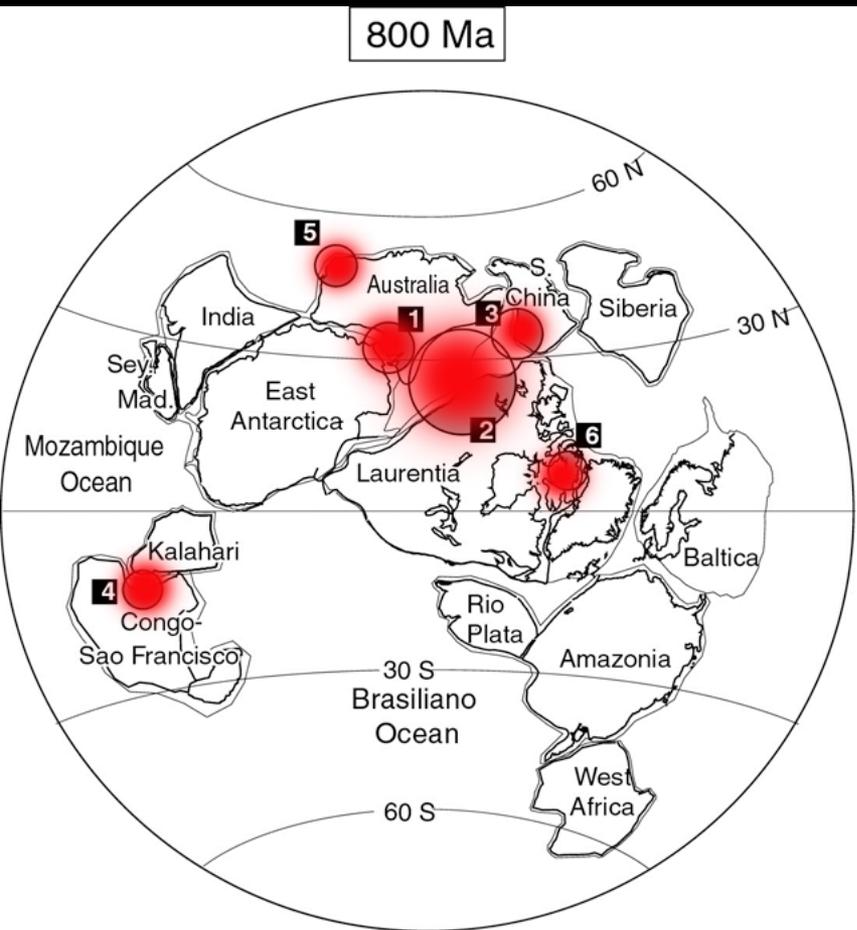
Ces sédiments glaciaires sont très souvent surmontés d'un épais niveau de carbonates (cap carbonates)

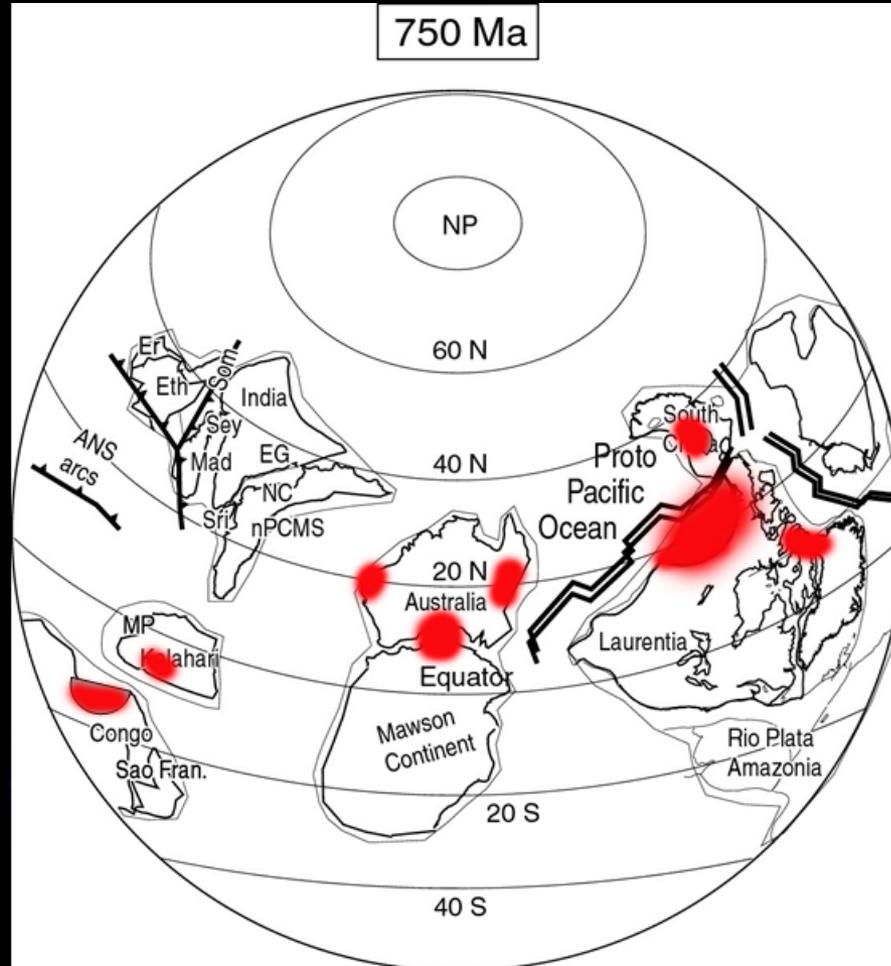
**D'ou l'idée d'épisodes
pendants lesquels (presque)
tous les continents étaient
recouverts de calottes et
(presque) tous les océans
de banquise : les épisodes
« boules de neige »
(snowball earth). Il y a un
relatif consensus pour une
glaciation générale à -750
Ma, moins pour la
généralité des deux autres,
qui restent néanmoins très
« sévères ».**



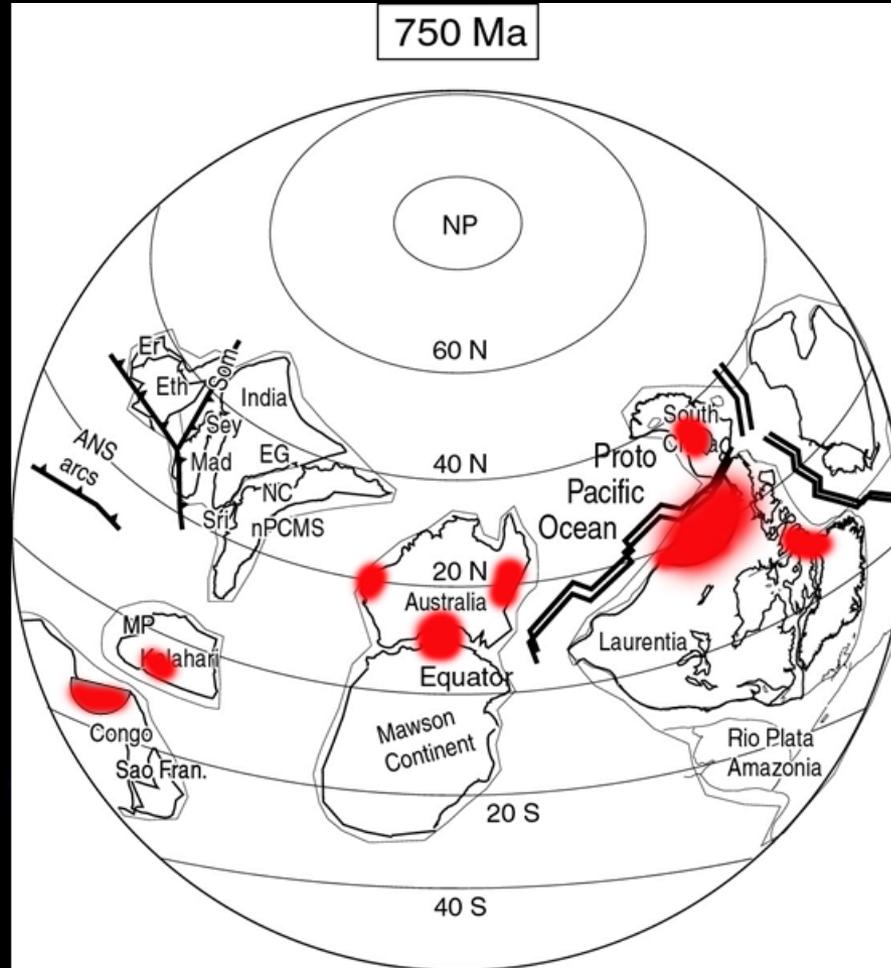
Une proposition de modèle explicatif

Il y a ≈ 800 Ma, les continents étaient tous regroupés en un continent unique, la Rodinia (comme il y a 250 Ma). La vie, marine surtout, un peu continentale, était constituée quasi-exclusivement d'unicellulaires. Des gigas trapps se mettent en place, surtout au centre du continent, là où le climat était très sec. Ça a du faire une méga-crise de biodiversité chez les unicellulaires, mais bien peu documentée paléontologiquement parlant.

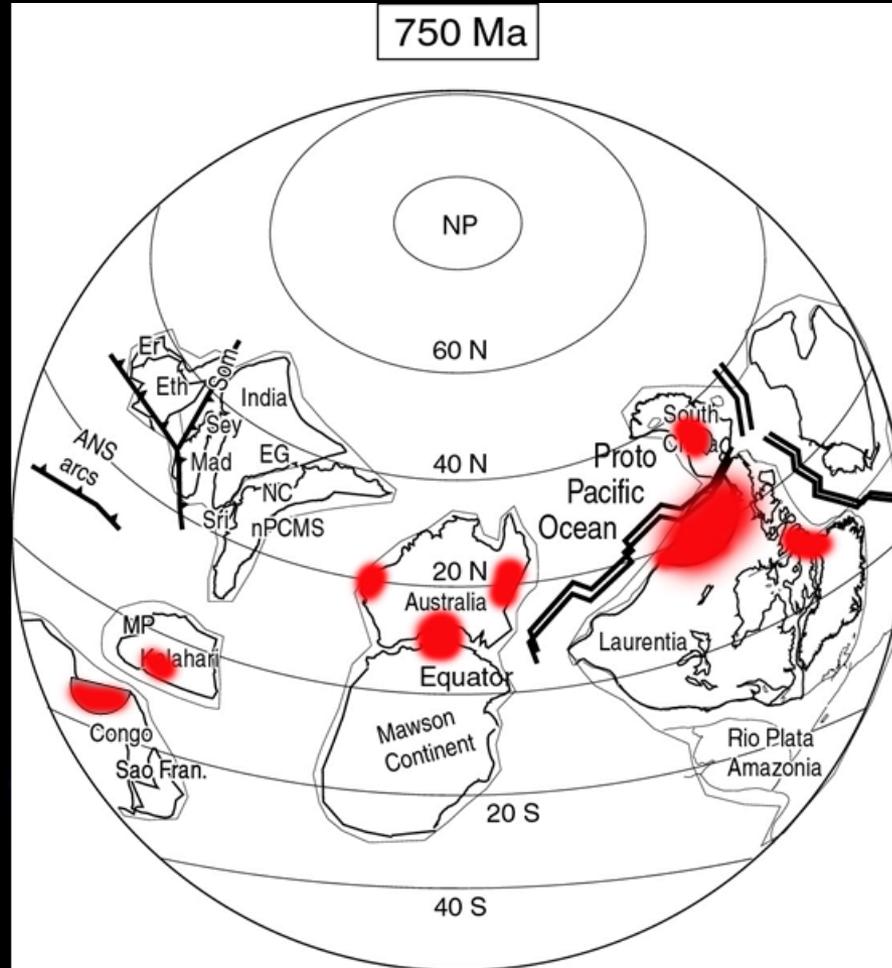




Vers -750 Ma, cette Rodinia se disloque. Les vastes affleurements de basaltes se retrouvent « près » de la mer, en climat plus humide. Ils sont la proie de l'altération. Or l'altération des basaltes libère beaucoup de calcium qui fixe le CO_2 pour faire du calcaire (cf. mon fil rouge de demain).

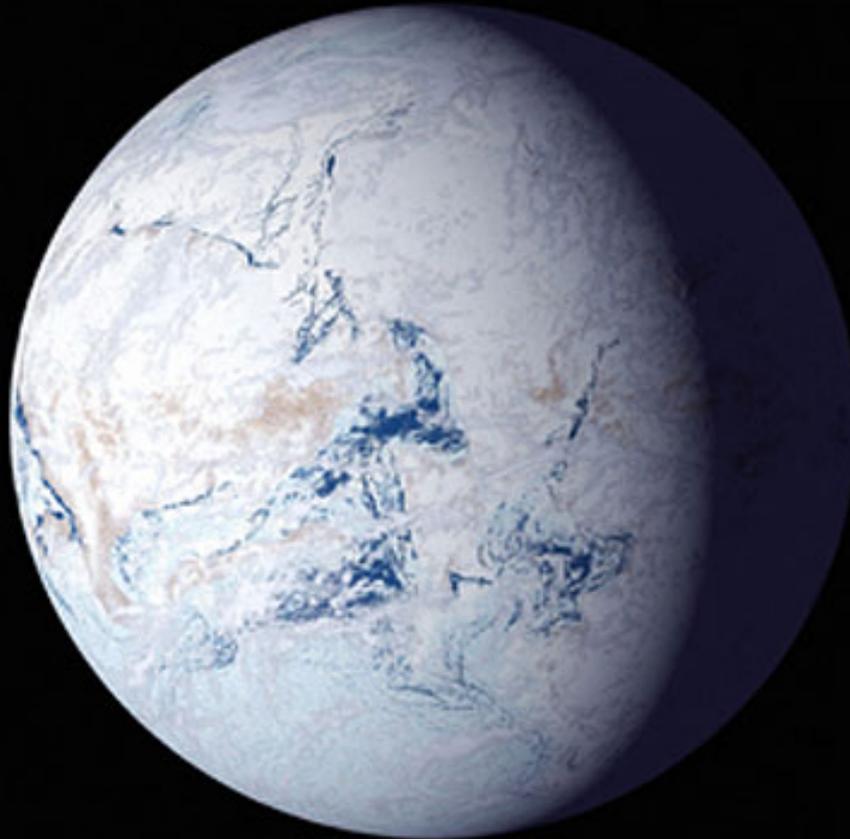


Augmentation de l'altération → augmentation de la pompe à CO₂, baisse du CO₂ atmosphérique, baisse de l'effet de serre et de la température, et le phénomène s'emballe, car une fois que les glaciations ont dépassé une certaine ampleur, l'effet albédo prend le dessus.

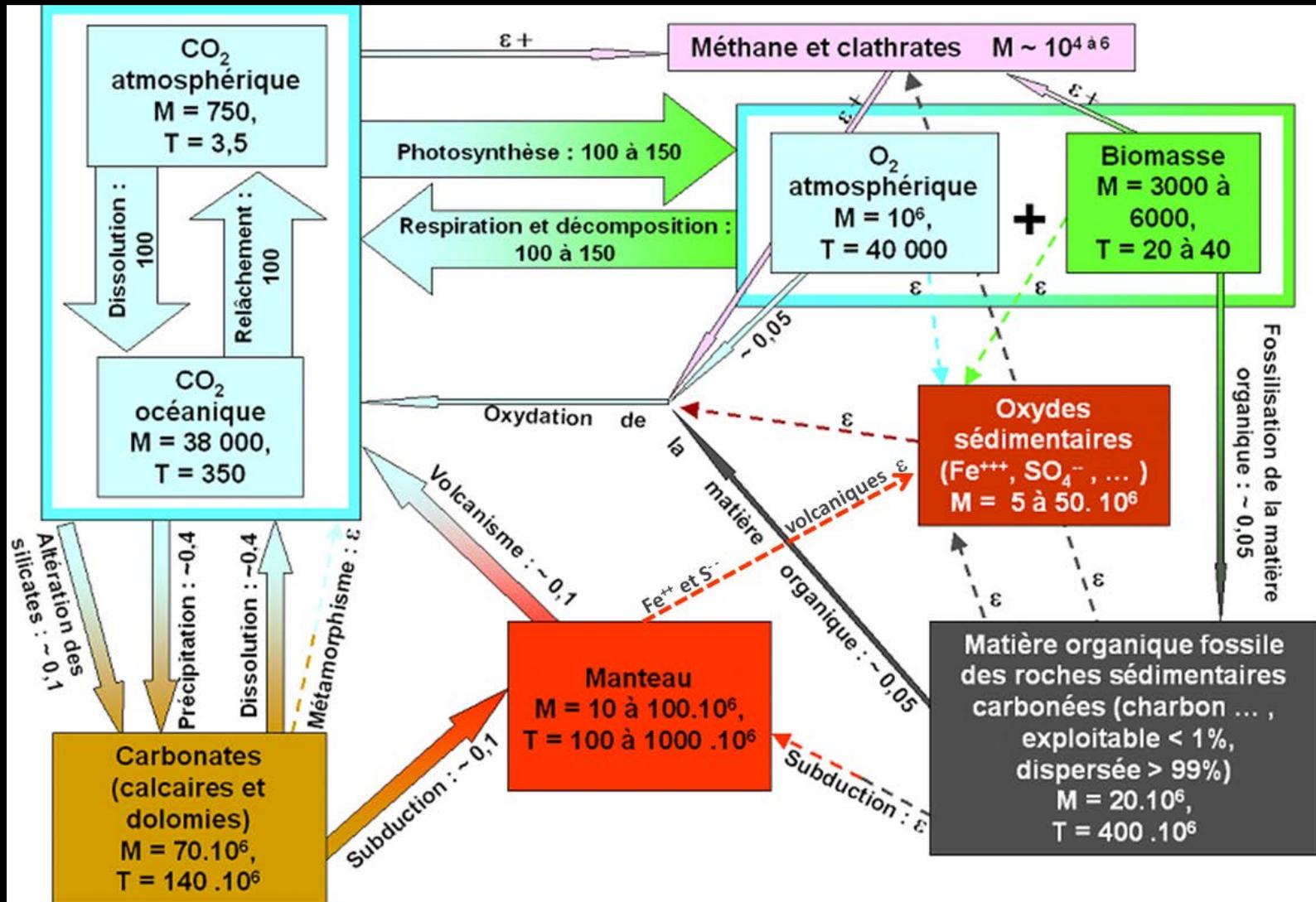


Le volcanisme, cause indirecte de cette mise en glace globale, serait donc une source de mort quasi globale. Une autre crise majeure de la biodiversité (mal documentée), avec sans doute bien peu de survivants

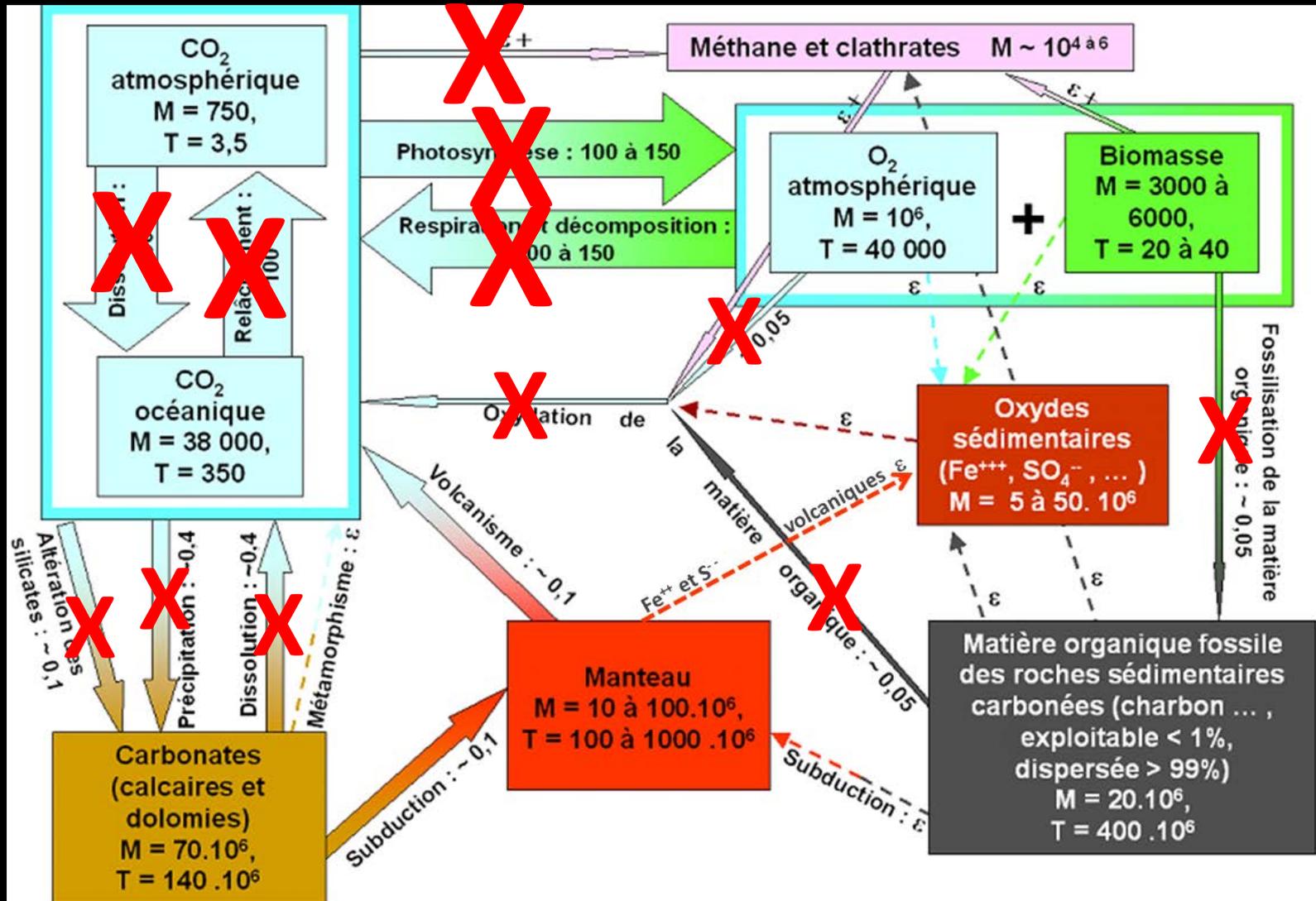
Comment en est-on sorti ? N'importe quel physicien/astronome vous démontrera qu'une Terre d'albédo voisin de 1 (Terre blanche) réfléchit quasiment toute l'énergie solaire, et ne peut donc pas se réchauffer. On devrait encore être gelé !



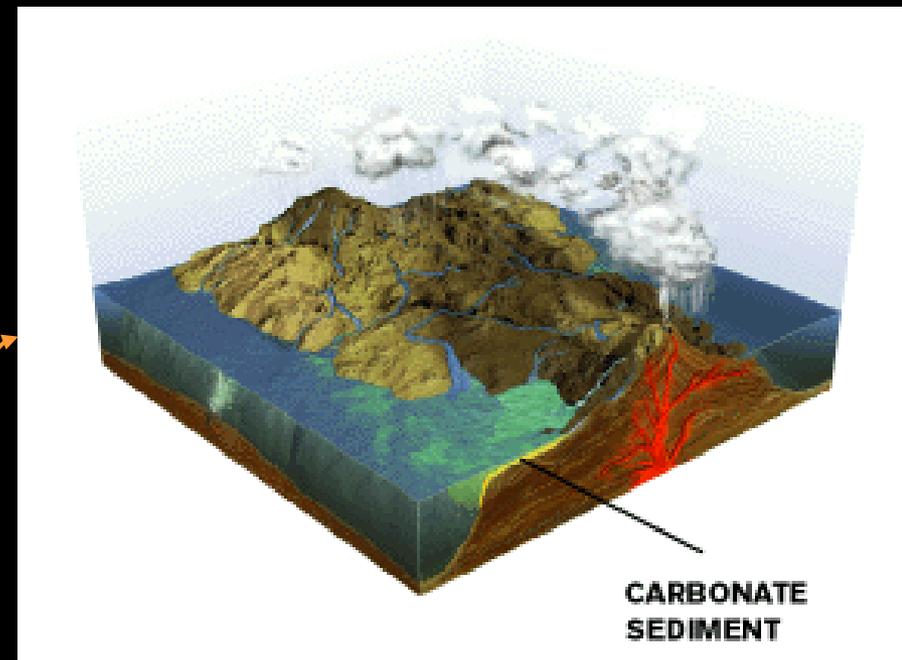
A cette époque, dans le cycle du C (cf. fil rouge de demain), tout était « figés ». Presque toutes les flèches étaient sub-nulles, sauf ...



A cette époque, dans le cycle du C, tout était « figés ». Presque toutes les flèches étaient sub-nulles, sauf ...

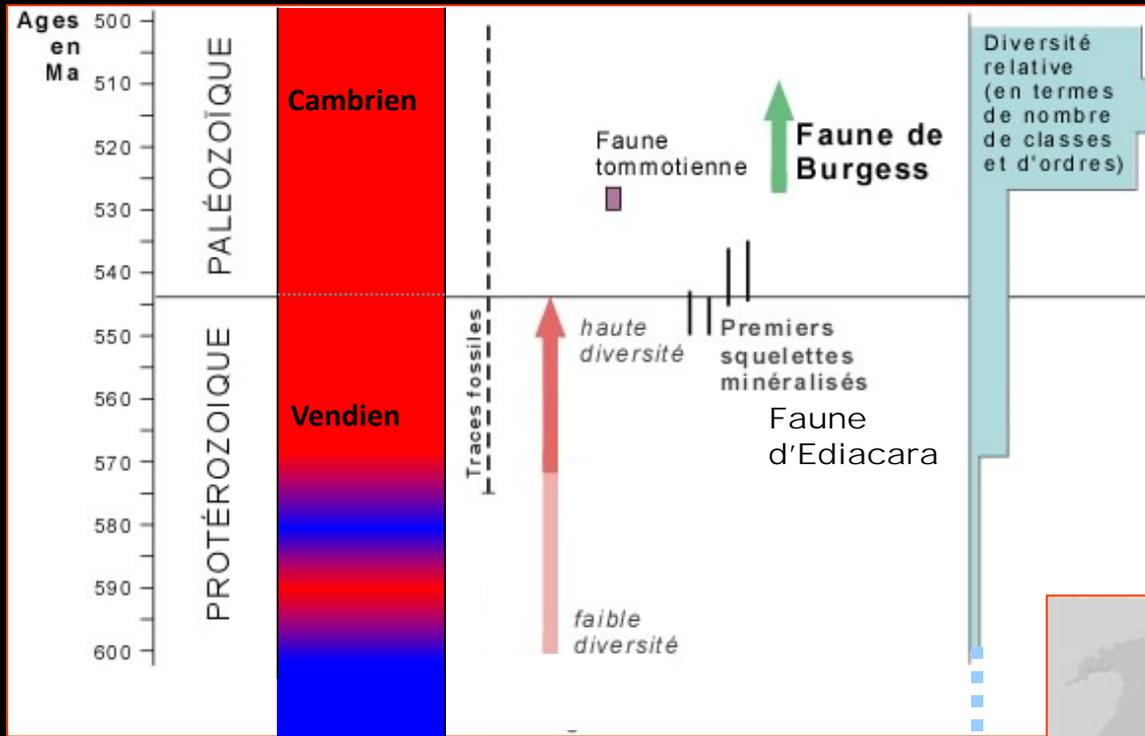


Le CO_2 est monté ; l'effet de serre a augmenté, la température a augmenté, la déglaciation a commencé, des eaux riches en CO_2 ont altérés les continents, qui ont libéré du Ca, qui a précipité sous forme de carbonates, les fameux « cap carbonates »



Or, 580 Ma, la fin de ces épisodes « boule de neige », partout dans le monde, c'est l'explosion de la diversité des métazoaires avec la faune dite

d'Ediacara (à ne pas confondre avec la faune de Burgess)



Dickinsonia



Spriggina



Mawsonites (40 cm)



© P.-A. Bourque

© P.-A. Bourque



Helminthopsis



Ediacara

© P.-A. Bourque



Tribrachidium

© P.-A. Bourque



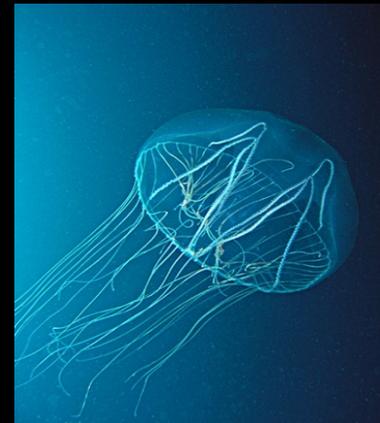
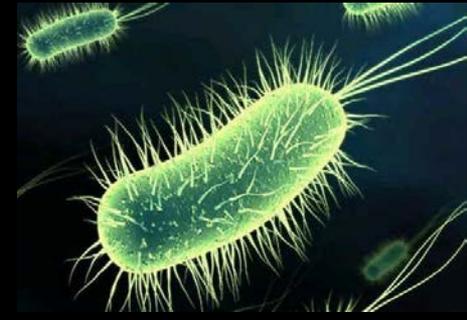
Charnia

Ediacara, le monde des premiers métazoaires complexes (bien qu'énigmatiques). Les cousins de nos ancêtres à tous !



**Sans le volcanisme qui a fait (indirectement) le ménage,
et sans le volcanisme qui nous a fait sortir du réfrigé-
rateur, nous (êtres pluricellulaires) ne serions pas là.
Merci le volcanisme !**

Que conclure de tout ça ? Au bout de 4 milliards d'années d'évolution, la vie terrestre a produit des milliards de formes. Comment en est-on arrivé là ?





Il y a des causes intrinsèques à la vie et à son fonctionnement.

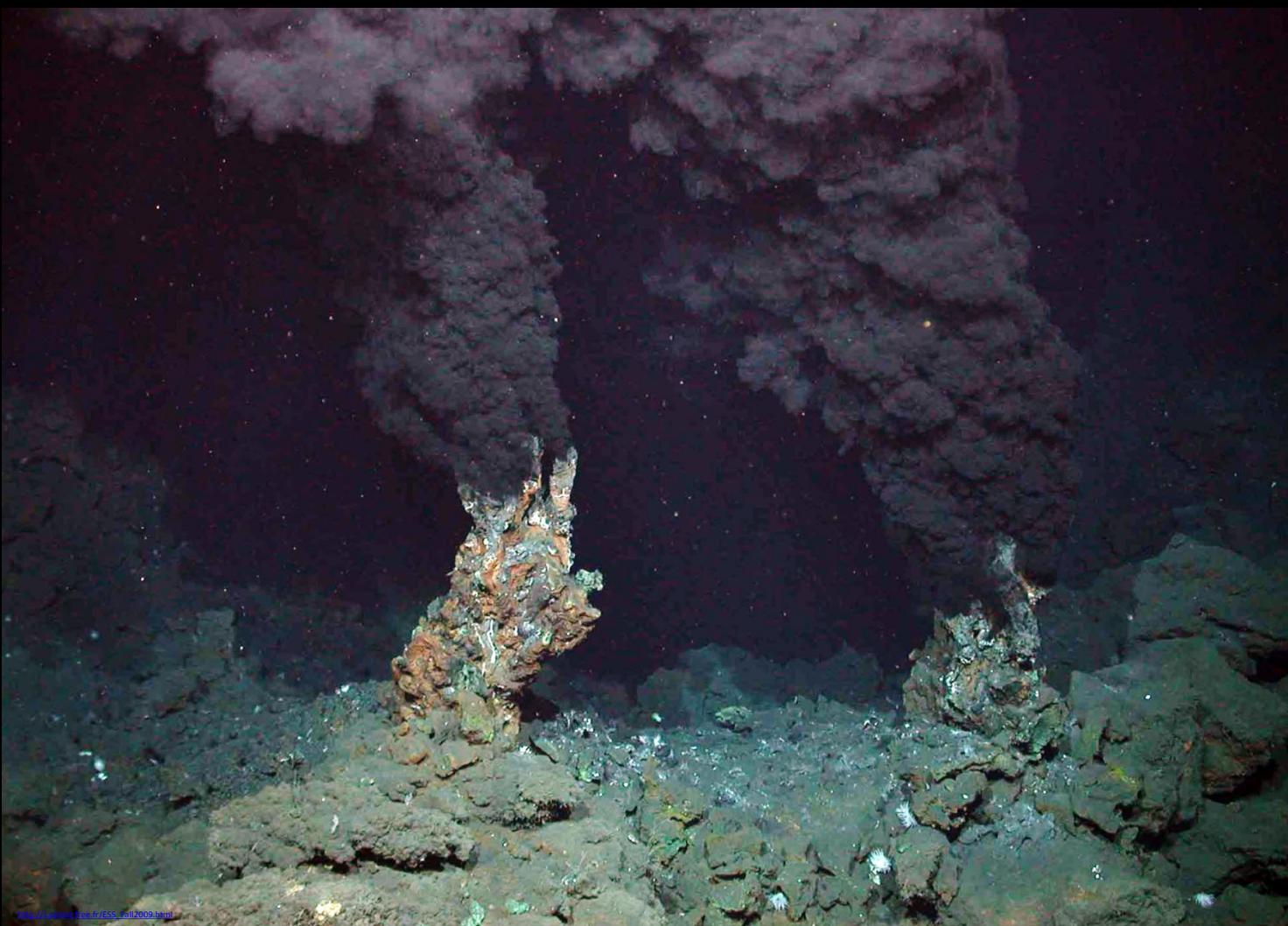


<https://www.flickr.com/photos/41812768@N07/14959619730/in/photostream/>



<http://www.livescience.com/science/meteor/40-damned-les-theories-plausibles/les-deats-provoques.html>

Et il y a des causes extrinsèques à la vie et à son fonctionnement, et liées à son environnement terrestre et extra-terrestre, avec, entre autres, les effets (négatifs souvent, positifs par contrecoup) des épisodes volcaniques géants, parfois aidés par les impacts.



Et en plus d'influencer l'évolution de la vie, le volcanisme a, peut-être, participé à son origine. Mais ça, c'est une autre histoire.



Photographie Pierre Thomas

Pensez à tout-ça en vous promenant sur les sentiers du Massif Central, ce que je ne saurais que trop vous conseiller de faire !



**Merci de votre
attention !**

Photographie Pierre Thomas

**Pensez à tout-ça en vous promenant sur
les sentiers du Massif Central, ce que je ne
saurais que trop vous conseiller de faire !**