

# Les météorites.

## I\ Introduction.

### A\ Définitions.

- Météorites : pierre tombée du ciel. Météorite  $\neq$  météore qui est un phénomène lumineux dû à la chaleur de ralentissement de l'atmosphère.
- Patine noire : croûte de fusion de 0 à 1mm d'épaisseur.
- Vitesse d'entrée dans l'atmosphère : 54 000km/h.

### B\ Importance.

- 100 000 météorites de poids supérieur à 1kg tombent chaque année. Une centaine a un poids supérieur à 100kg.
  - Une météorite de diamètre supérieur à 10km tombe en moyenne tous les 10 millions d'années et provoque une crise biologique.
- La masse de la Terre augmente de 200 000 tonnes par an, soit 500 000 milliards de tonnes tombées sur Terre en 4,6 milliards d'années. Ces météorites formeraient une couche uniforme de 40cm d'épaisseur.
- Sur Terre, les 2/3 des météorites sont perdues (chute dans les océans).
  - En France, depuis 1492 (Ensisheim), est réalisé un inventaire des météorites tombées (68).

On observe ces météorites là où il n'y a pas de couverture végétale : sur un désert (Sahara) et en antarctique mais la glace va drainer les météorites pour les concentrer sur des verrous rocheux.

### C\ Origines proches.

- Etoiles filantes (poussières).
- Ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter (voyage entre 1 million et 2 milliards d'années).
- Planètes telluriques (Mars, la Lune). Mars a donné 11 météorites et la Lune 15. Ces météorites sont de type météorites basaltiques hydratées. Leur âge est compris entre 1,3 et 1,5 milliards d'années.

## II\ Diversité de météorites.

On distingue deux classes de météorites : les chondrites (85% du total) et les achondrites (15%). Elles ont un intérêt pour reconstituer la genèse du système solaire.

### A\ Les chondrites (allure pierreuse, aérolithes).

#### 1\ Caractéristiques.

Présence de chondres (granules ou nodules) dans 80% de la roche, de globules vitreux ou microgrenus dont le diamètre va de 0,1mm à quelques millimètres.

La composition des chondrites :

- 75% de silicates (olivine + pyroxène) riches en éléments réfractaires (Ca, Al, ...)
  - 25% de fer, nickel (alliage natif) sous forme de petits cristaux dans les chondres.
  - Idem pour la matrice mais elle est plus riche en éléments volatils
- Ce sont des péridotites ferreuses (différentes des péridotites mantelliques pauvres en fer).

Le métamorphisme périphérique provoque la recristallisation interne sans eau : thermogenèse sans eau et brêchification en cas de chocs.

## 2\ Composition chimique.

Les chondrites ont la même composition chimique que la totalité de la Terre :

- Péridotites pauvres en fer : manteau.
- Fe, Ni : Noyau.
- Aluminosilicates : croûte.

La Terre est-elle une chondrite énorme qui se serait différenciée ?

Les chondrites ont la même composition que le « soleil cristallisé » aux éléments volatils près, soit à 99,8%

## 3\ Classification.

- Les chondrites carbonées (5%).

Elles ont une teneur non négligeable en matières carbonées abiotiques : CI, CH, CO, CN, CK, CR.

Exemple : Orgueil (Montauban, Allende).

Le carbone sert à la formation de :

- 70 acides aminés dont sept seulement sont connus dans les protéines.
- Hydrocarbures.
- Polymères insolubles (mononucléus de carbone).
- Composés azotés (adénine, guanine, uracile) → Rôle biomajeur pour le codage de l'ADN.

→ Ces composés carbonés sont riches en deutérium (connu dans les molécules des composés carbonés interstellaires). Ces composés subissent aussi une altération hydrothermale.

On peut voir que le pourcentage de carbone dans les comètes est 10 fois supérieur à celui des chondrites mais son origine est différente. Les chondrites sont aussi riches en iridium.

- Les chondrites ordinaires (93%).

LL, L et H. Exemple : l'Aigle.

- Les chondrites à enstatite (2%).

EL, EH. L'olivine est remplacée par de l'enstatite.

→ Les chondrites sont considérées comme des horloges géologiques.

## 4\ Age des chondrites (horloges géologiques).

L'âge de la recristallisation des chondrites est de 4,6 milliards d'années. En fait, il est plutôt compris entre 4,48 et 4,58 milliards d'années.

→ L'âge des chondrites est à peu près le même que celui de la Terre et de la Lune.

Les chondrites ont 50 millions d'années de plus que les achondrites.

## 5\ Genèse.

[C] = Terre, Soleil, et chondrites appartiennent à la même pâte.

Les chondrites sont les témoins d'une nébuleuse pré-solaire puis des disques proto-planétaires.

La température très forte au centre du soleil a provoqué l'évaporation des grains interstellaires alors que la plus faible température en périphérie a préservé les grains pré-solaires que l'on retrouve maintenant entre Mars et Jupiter.

Condensation progressive par refroidissement : éléments réfractaires, éléments volatils.

Les chocs ont accru la température et donc, provoqué une fusion avant l'accrétion dans les corps parents.

## **B\ Les achondrites : météorites différenciées.**

Les achondrites sont dépourvues de chondres.

### **1\ Les achondrites pierreuses, basaltes (8%).**

Plagioclases (baguette) + pyroxène (gros cristaux) = structure doléritique (micro-gabbros).

- Eucrite (3%) → pigeonite (clinopyroxène à Fe, Mg, Ca).
- Howardite (2,5%) → hyperstène (orthopyroxène ferromagnésien).

### **2\ Les achondrites pauvres en Ca : roches grenues (84%).**

- Aubrites (1%) → 100% d'enstatite (pyroxène Mg).
- Diogénite (1%) → 100% d'hyperstène (FeMg).
- Urélites (0,5%) → olivine + pyroxène pigeonite.

### **3\ Les sidérites ou météorites de fer (7%).**

Les sidérites sont composées d'un alliage de fer-nickel (plus un peu de soufre) et leur densité est proche de 8.

- Taenite : 30/50% de Ni.
- Kanacite : 5/7% de Ni.
- Octaédrites : 6/13% de Ni. Elles sont inconnues sur Terre et présentent la figure de Widmanstätten.

Avec les octaédrites, on trouve les hexaédrites (5/7% de Ni, = Kanacite) et les ataxites (35% de Ni, Taenite prédominante).

### **4\ Les lithosidérites (1%).**

Les lithosidérites sont composées d'un alliage mixte (silicates + métalliques). Parmi elles, on trouve :

- Les Pallasites : beaux cristaux d'olivine.
- Les Mésosidérites : pyroxènes et plagioclases.
- Elles ont une composition proche de celle de l'interface manteau/noyau.

### **5\ Caractéristiques et genèse.**

On distingue quatre caractéristiques majeures :

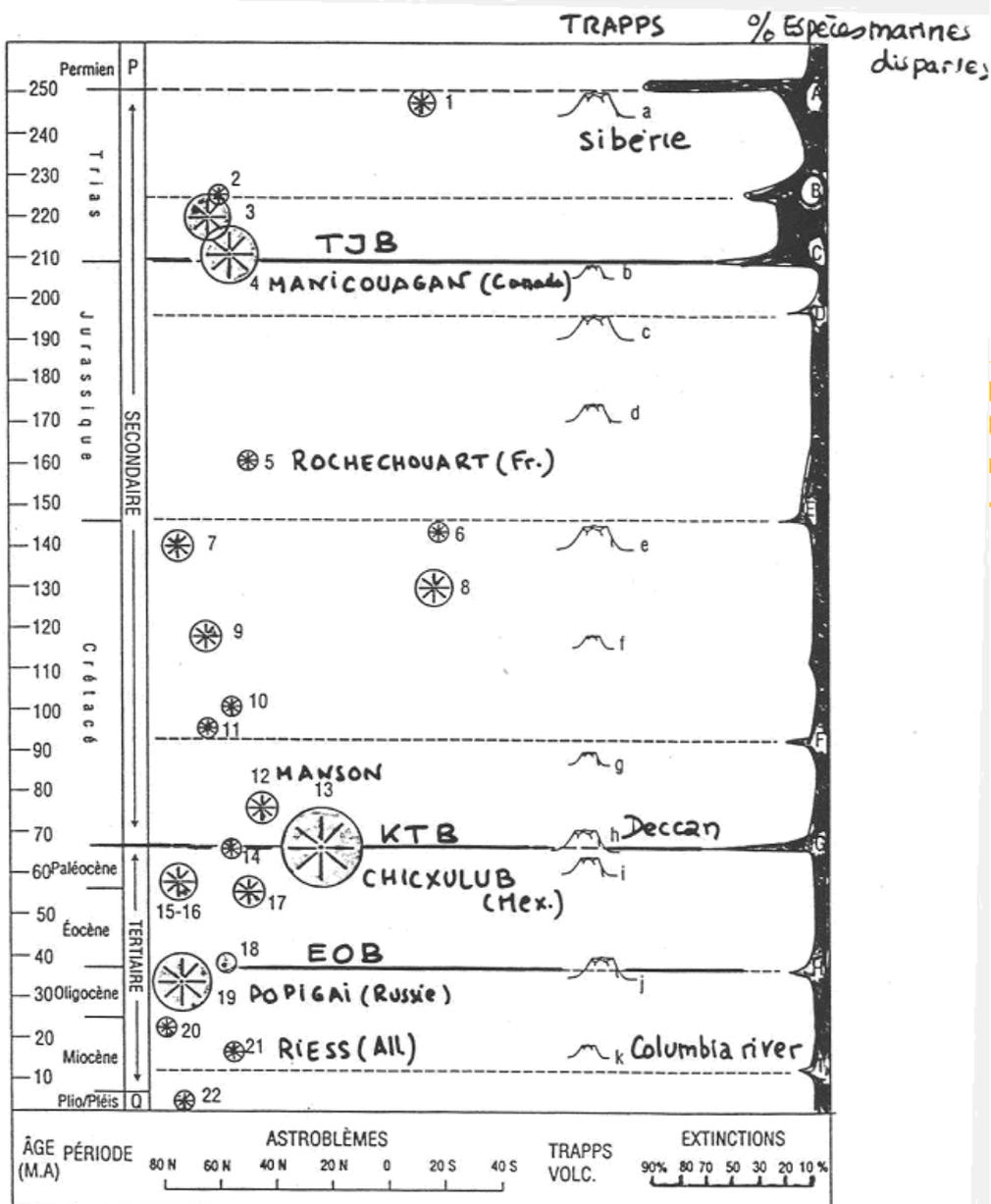
- Age : L'âge de leur cristallisation est plus récent de 50 millions d'années que celui des chondrites.
- Chacune des familles a une composition différente de celle des chondrites, de la Terre ou du soleil → Les achondrites sont différenciées. Les quatre familles regroupées ont la composition des chondrites, donc, de la composition de la nébuleuse pré-solaire.
- Chaque subdivision correspond à une des enveloppes de la Terre :
  - Eucrite → Croûte → Basaltes.
  - Aubrite → Manteau +péridotites.
  - Sidérites → Noyau → Fer + Nickel.
  - Sidérolithes = interface manteau/noyau (Fe, Ni, orthopyroxène à olivine).
- On obtient par décantation les différentes espèces d'achondrites en fondant une chondrite.
  - Les achondrites proviennent d'astéroïdes (chondrites) qui auraient fondu, se seraient différenciées puis brisées.

## II\ Impactisme terrestre (météoritique).

### A\ Cratère d'impact fossile ou astroblème.

136 cratères de ce type ont été recensés, dont 32 on leur diamètre supérieur à 20km. On les identifie par :

- Les restes (lac, avec sédiment dont diatomites) de fragments de météorites (dans 10 seulement). Exemple : « Meteor Crater ».
- Le métamorphisme d'impact des roches bombardées : « Shatter Cones ». Ce sont des structures coniques (sur calcaires ou formations quartzitiques), de 1cm à 1m, d'angle de 75° (obtenu sous une pression de  $10^5$  atmosphères).
- Les impactites (ou suévites) : elles ont subi une fusion et une pression énorme, leur vitrification est totale. Leur concentration en Ni, Pt, Ir est vingt fois supérieure à celle des roches terrestres.
- L'érosion efface vite les cratères. Un cratère de 100 mètres de diamètre est effacé en un million d'années, un cratère de un kilomètre de diamètre est effacé en un à deux milliards d'années. Ce sont des socles anciens, visibles par télédétection.
- Les cratères en milieu marin. On trouve le cratère de Montagnais à l'est du Canada (60 kilomètres de diamètre, âgé de 50 millions d'années) ; le cratère de Chixulub (Yucatan) a un diamètre compris entre 170 et 200 kilomètres et date d'il y a 65 millions d'années ; l'astroblème de Rochechouart.



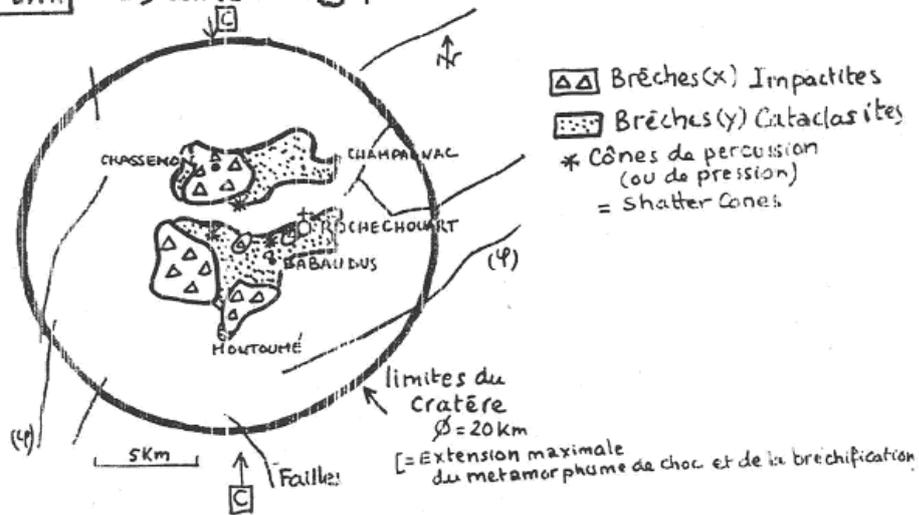
— Les principales extinctions au cours des derniers 250 millions d'années (traits en pointillés) avec en colonne de droite le pourcentage d'espèces marines disparues. A. fin du Permien (limite P/TR), B. Carnien, C. Norien (fin du Trias), D. Pliensbachien, E. Tithonien (fin du Jurassique), F. Cénomaniens, G. fin du Crétacé (limite K/T), H. Éocène terminal, I. Miocène moyen. Les cratères d'impact connus (> 20 km) sont représentés à gauche, proportionnellement à leur taille (et éventés selon leurs latitudes actuelles) : 1. Araguinha Dome (40 km, Brésil), 2. Saint-Martin (23 km, Canada), 3. Puchezh-Katunki (80 km, Russie), 4. Manicouagan (100 km, Canada), 5. Rochechouart (23 km, France), 6. Gosses Bluff (22 km, Australie), 7. Mjølner (40 km, mer de Barents), 8. Toookoonooka (55 km, Australie), 9. Carswell (37 km, Canada), 10. Boltysch (25 km, Ukraine), 11. Steen River (25 km, Canada), 12. Manson (35 km, USA), 13. Chicxulub (180 km, Mexique), 14. Kamensk (25 km, Russie), 15. Kara (65 km, Russie), 16. Kara-Est (25 km, Russie), 17. Montagnais (45 km, Nouvelle Écosse), 18. Mistasin (28 km, Terre-Neuve), 19. Popigai (100 km, Russie), 20. Houghton (20 km, Canada), 21. Ries (24 km, Allemagne), 22. El'gygytgyn (23 km, Russie). Les trapps volcaniques sont également indiqués : a. Sibérie, b. Newark, c. Karoo, d. Antarctique, e. Parana, f. Rajmahal, g. Madagascar, h. Deccan, i. Brito-Arctique, j. Éthiopie, k. Columbia River.

- 1 : Astroblèmes contemporains à un trapp (crise Permien/Trias), salve de météorites.
- 2 : Deux crises entre le trias et le jurassique. Ce sont deux gros astroblèmes. Le 4 est une des crises majeures.
- 5 : Rochechouart. Astroblème daté à -214 millions d'années.
- 13 : Limite K/T : cratère de Chixulub avec des cratères latéraux et le volcanisme du Deccan (Inde).
- 19 : cratère russe de Popigai, situé à la limite Éocène/Oligocène, des volcans lui sont associés.
- 21 : Cratère du Ries (Allemagne) plus volcanisme associé.

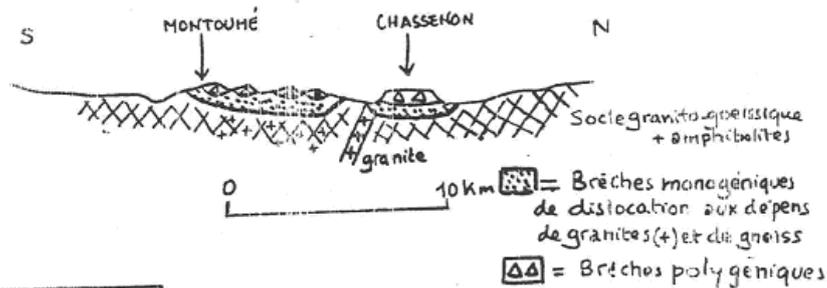
## ASTROBLEME DE ROCHECHOUART (VIENNE - FRANCE)

→ sur le Socle cristallin du MC (gneiss, granites) = HERCYNIEN  
amphibolites

**EN PLAN** → Carte Géologique



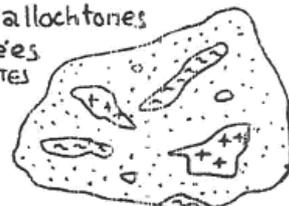
**EN COUPE S-N** Coupe C



### TYPES DE BRECHES

- ☐☐☐ Cataclasites d'impact (Y) = Br. monogéniques autochtones
- ☐☐☐ Brèches X ou IMPACTITES = Br. polygéniques allochtones = Br. de retombées
- + Fragments anguleux de GNEISS, GRANITES, AMPHIBOLITES
- + Matrice de poussières, avec ou sans Verre

4 TYPES



Le cratère de Rochechouart et la crise Trias/Jurassique. Vers 250 millions, il y a eu une crise Permien/Trias où 95% des espèces disparurent. Vers 215 millions d'années, on a une crise biologique sur l'Europe :

- Les foraminifères changent totalement sauf quelques hyalins.
- Tous les reptiles changent.

En basal, on trouve des terrains basaltiques, mais pourtant, il n'y a pas de volcanisme présent.

Ce cratère a une taille de l'ordre de vingt kilomètres. Autour du cratère, on trouve des failles transformantes.

## 1\ Les affleurements à Rochechouart.

On trouve deux types de roches conservées :

- Roches cataclastiques : roches dues à des cassures (brèches Y).
- Roches impactites ; roches formées par des débris de l'impact (brèches X).
- On trouve aussi des cônes de percussion.

En coupe C-C, on peut observer un socle granitique avec des gneiss et de l'amphibolite. Les brèches Y sont monogéniques : formées d'un même élément. Les brèches X sont polygéniques (disposées sur les Y), vitrifiées (d'où la ressemblance aux basaltes).

Les roches X sont des allochtones : des éléments ne sont pas puisés dans le substrat : elles sont composées de clastes anguleux, de gneiss, de granite et d'une matrice formée de poussière avec ou sans verre.

ESTIMATIONS CHIFFREES	
<u>Ø CRATERE</u>	: 20 km
<u>Ø METEORITE</u>	: 1,5 km
<u>MASSE</u>	= 6 milliards Tonnes
<u>VITESSE A L'IMPACT</u>	: 20 km/sec.
<u>ENERGIE AU CHOC</u>	: $14 \times 10^6$ Bombe HIROSHIMA.
<u>TEMPS CREUSEMENT DU CRATERE</u>	: 42 secondes
<u>PROFONDEUR PENETRATION</u>	: 6 km
<u>DUREE PHENOMENE</u>	: 10 Minutes
<u>SURFACE AFFECTEE</u>	: 300 km <sup>2</sup>
<u>EPAISSEUR IMPACTITES</u>	: 100 m
<u>AVANTISSEMENT DE LA VIE SUR CERCLE</u>	: Ø 400 km

## 2\ Les différents types d'impact.

### α\ Le type Rochechouart.

Les brèches ont beaucoup d'éléments de grande taille, souvent du gneiss lié par une poussière durcie. Il n'y a pas de vitrification. Ce sont des retombées (éjectas) d'énormes débris venant du socle. La fracturation du socle a dû se faire avec une pression inférieure ou égale à 10GPa et une température inférieure ou égale à 1000°C.

### β\ Le type Chassenon (suévites vertes).

On trouve des brèches de retombées avec des petits débris, des fragments de verre. La pression était inférieure ou égale à 100GPa et la température inférieure ou égale à 1000°C. Il y a eu formation d'un verre diaplectique.

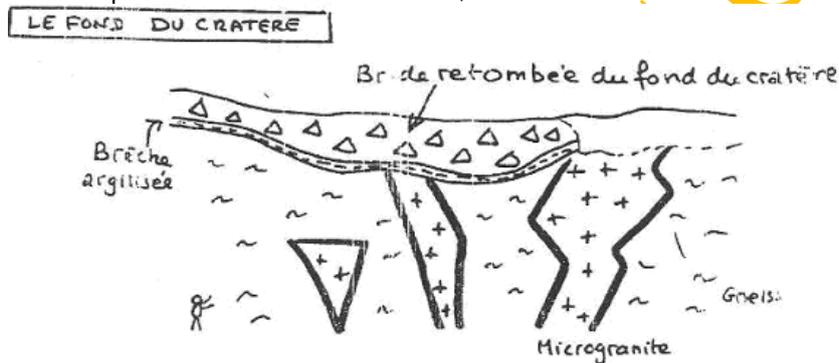
### γ\ Le type Montoumé (suévites rouges).

Les brèches contiennent de l'hématite (fer) entourant de petits débris et une matrice formée de débris avec du verre. La pression était inférieure ou égale à 100GPa et la température comprise entre 1000°C et 10 000°C.

### δ\ Le type Babaubus.

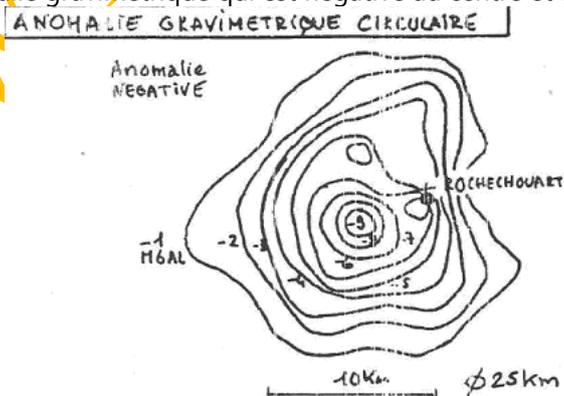
Les brèches ont un très fort taux de fusion avec des gaz (formation de bulles). La pression était comprise entre 100GPa et 1 000GPa, la température était proche de 10 000°C. La matrice est vitreuse, riche en Ni et Cr venant de la météorite.

Les quatre types sont des étages sur une coupe. Du centre vers la périphérie, on peut distinguer une zonation dans les impacts. Pour trouver un cratère, il faut trouver les brèches.



Le fond du cratère est composé de gneiss avec des failles où sont injectés des granites ou des microgranites (remontée le long des failles). Au-dessus, on trouve des argiles bréchiques de quelques centimètres qui séparent deux couches.

On trouve une anomalie gravimétrique qui est négative au centre et qui dessine un cercle



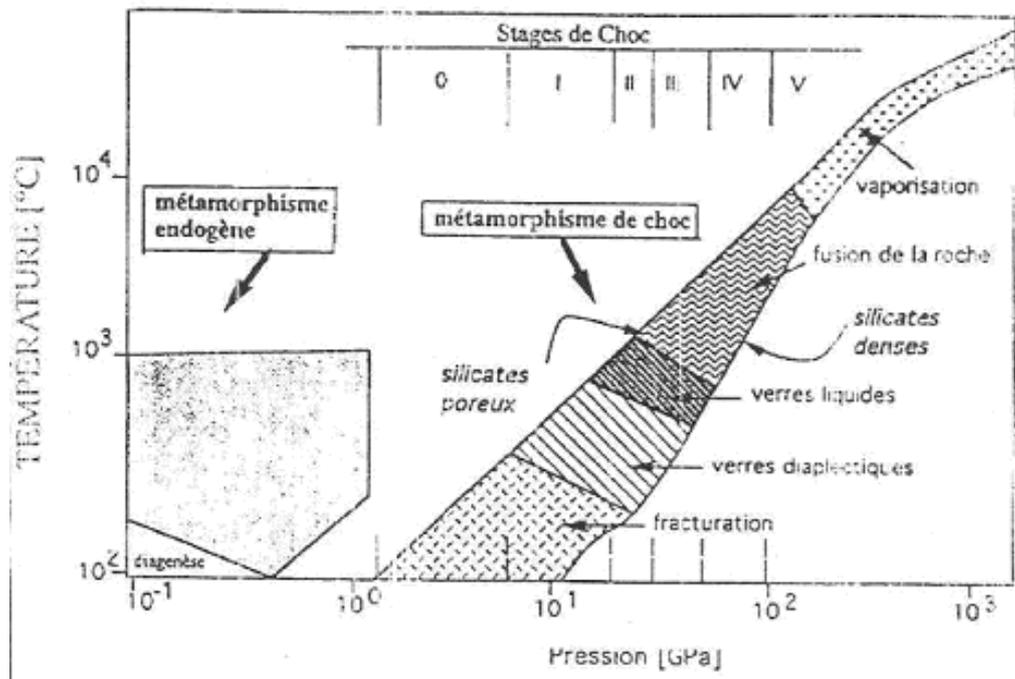
### 3\ Théorie du multi-impactisme il y a 215 millions d'années.

Les cratères sont peut-être dus à une salve météoritique. Sur une carte paléontologique, on voit que les cratères sont sur une ligne équatoriale.

Une Katena est une chaîne de météorites.

Cette idée de multi-impactisme vient de ce qu'il s'est passé sur Jupiter (Shoemaker Levy) → une météorite fragmentée.

Autour de Rochechouart, on observe de nombreux cercles d'ondes tectoniques. Ces cercles sont proches mais on un centre différent. On trouve deux cratères contemporains : de la même salve.



D'un côté, on a un métamorphisme endogène (classique) alors que de l'autre, le métamorphisme est impactique. La fracturation a entraîné la formation de verres diaplectiques, du verre liquide et une fusion ; la vaponisation finale.

## B\ Tectites.

Les tectites sont des restes disséminés dans la nature (non regroupés). Ce sont des cailloux de verre, de formes variées, vert clair sans eau (anhydre).



Fig. 4 - Les champs de tectites terrestres

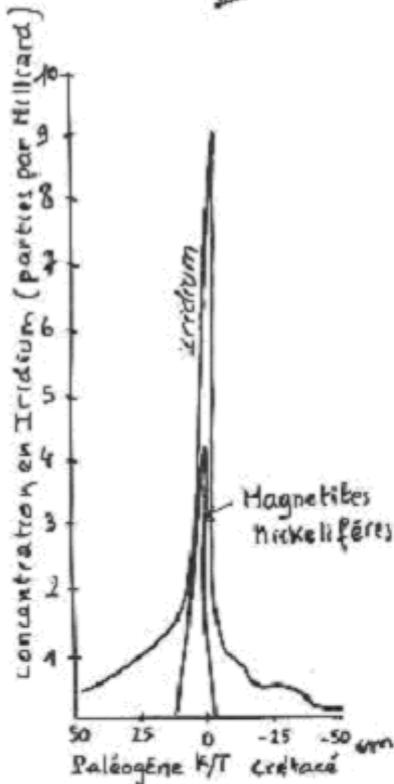


Fig. 5 - anomalie de l'Iridium à la limite K/T.

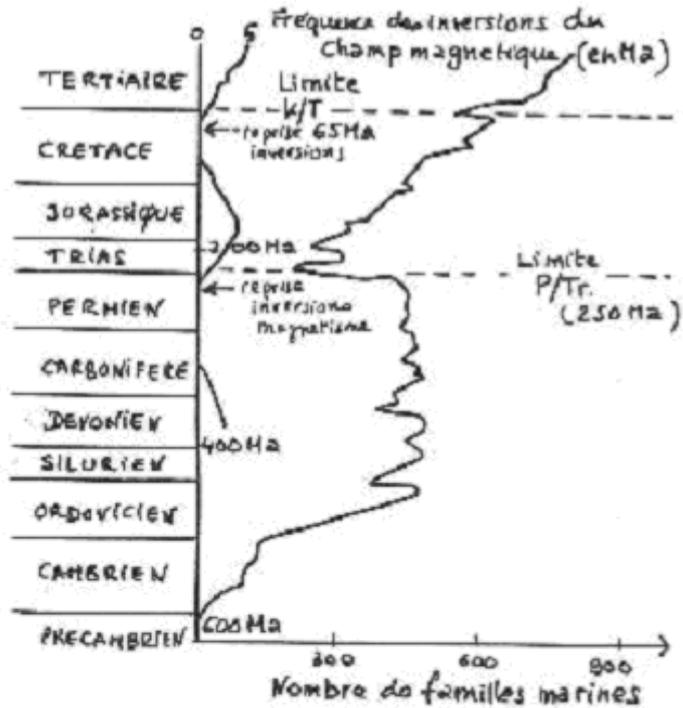


Fig. 6 - Nombre de familles marines et fréquence des inversions du champ magnétique  
 3 2 longues périodes sans inversion, avant la limite P/Tr et avant la limite K/T.

Les tectites ne sont pas réparties de manière homogène : on a des champs de concentration forte qui ont pu être datés : de 0,75 million d'années à 35 millions d'années. Leur répartition et leur âge est différent : ce peut être à cause des cratères qui sont encore visibles et des autres qui ne le sont plus.

Les tectites ne sont que du verre parfois lamellé.

## C\ Astrolèmes et extinction des espèces.

### La limite K/T (65 millions d'années).

Au niveau de cette limite se sont éteints les dinosaures, les ammonites, les rudistes, les bélemnites (75% des espèces ont été détruites).

- Hypothèse météoritique extra-terrestre.
  - Éruption volcanique (série d'éruptions).
  - Hypothèse gradualiste (mort à cause de la diminution du niveau des océans).
- Les crises biologiques **sont toutes** d'origine climatique.

### 1\ L'origine extra-terrestre (comète ou astéroïde).

Cet objet devait avoir :

- Un diamètre de l'ordre de 10km pour provoquer un choc global.
- Une vitesse supérieure à 10km/s.

Il aurait provoqué :

- Des tempêtes et des raz de marées, des incendies.
- Un obscurcissement, le froid, des pluies acides.
- Un effet de serre permettant un réchauffement.

Des questions restent encore posées : s'il a eu lieu : Où ? Un ou plusieurs chocs ? Quelle périodicité ?

#### α\ La rapidité des extinctions en masse.

Quelques années ou des millions d'années ?

- Deux à trois mètres sous le niveau K/T, on observe 22 espèces vivantes → extinction brusque.
  - Les dernières empreintes de dinosaures sont trouvées à 30cm sous ce même niveau : soit, 10 000 ans.
- La durée de l'extinction doit être comprise entre 50 et 1000 ans.

En Italie, les calcaires du crétacé supérieur sont sous des calcaires du paléocène, séparés par 1 à 2cm d'argiles noires KT, riches en Iridium. Un centimètre représente tout au plus une période de 1000 ans.

Dans une coupe en Espagne, on a trouvé un niveau d'argiles noires indiquant une période d'une durée de 50 ans uniquement.

Les argiles sont à base de cendres d'impacts altérées par les eaux.

Les indices des impacts sont :

- L'Iridium.
- Les sphérules minérales.
- Les magnétites nickélifères.
- Les quartzs choqués.

#### β\ Le cas de l'iridium.

- La concentration de la croûte terrestre en Iridium est faible (0,03ppmol) et issue d'un bombardement cosmique continu.
  - La concentration en Iridium des chondrites carbonées est de 500ppmol.
  - La concentration en Iridium au niveau KT (de Gubbio) est, sur un centimètre d'argiles (1000 ans), égale à la concentration sur six mètres de calcaires.
- La concentration au niveau KT est donc anormale (de 1mg/tonne) et montre donc une anomalie.

On trouve des anomalies pour d'autres météorites : platine, or, acides aminés, ...

Le rapport Ir/Au est identique entre celui de la limite KT et celui des chondrites carbonatées.

Si l'Iridium est dû à l'impact, il n'y aurait qu'un pic fort mais l'augmentation est non brutale. On peut expliquer une partie de cette montée progressive par des animaux fouisseurs qui se sont baladés dans les calcaires et ont pu faire descendre de l'Iridium (par bioturbation).

La retombée après le pic viendrait de la retombée du nuage.

Une seconde explication, quant à la forme du pic, est qu'il y a eu météorisme et volcanisme simultanément et que les deux phénomènes sont superposés.

### γ\ Les sphérules minérales.

On trouve des tectites dans les argiles de la limite K/T : ils devraient provenir de verre basaltique fondu par le choc.

### δ\ Les magnétites nickélifères.

Si l'on fait un lavage de l'argile sur un tamis fin, on trouve des magnétites nickélifères. Elles sont inconnues dans les roches terrestres.

Quand une météorite métallique entre dans l'atmosphère, il y a fusion de la périphérie qui provoque l'apparition d'une croûte noire de fusion. (FeO + Ni).

### ε\ Les grains de quartz choqués.

Ces grains ont un diamètre proche de 500µm et proviennent d'un métamorphisme d'impact. On trouve de multiples « lamelles » qui sont des bandes de déformation ou macles mécaniques dues aux ondes de choc à grande vitesse (pression égale à  $10^5$  atmosphères). Ces « lamelles » sont trouvées dans : des sites d'explosions nucléaires, des cratères d'impact.

Ces grains sont de la stishovite ( $\text{SiO}_2$  de haute pression). Cette dernière est unique aux impacts.

On trouve aussi des zircons choqués.

### φ\ L'hiver d'impact et le réchauffement qui suit.

La terre reçoit une météorite qui entre dans le sol et crée un champignon de fumées (eau gazeuse, poussières). Il y a d'abord obscurcissement de l'atmosphère qui provoque la diminution de la température (= « hiver d'impact ») pendant des jours à plusieurs mois, voire années. → 90% du plancton meurt.

Le nuage de vapeur d'eau dans la même atmosphère va piéger la chaleur terrestre : la température va s'accroître par effet de serre. Si l'impact a eu lieu dans une zone calcaire, du  $\text{CO}_2$  se dégage et va accentuer l'effet de serre. Si la température augmente fortement, l' $\text{O}_2$  et le  $\text{N}_2$  se combinent pour donner des pluies acides qui vont provoquer la disparition des angiospermes et la dissolution des coquilles d'invertébrés marins.

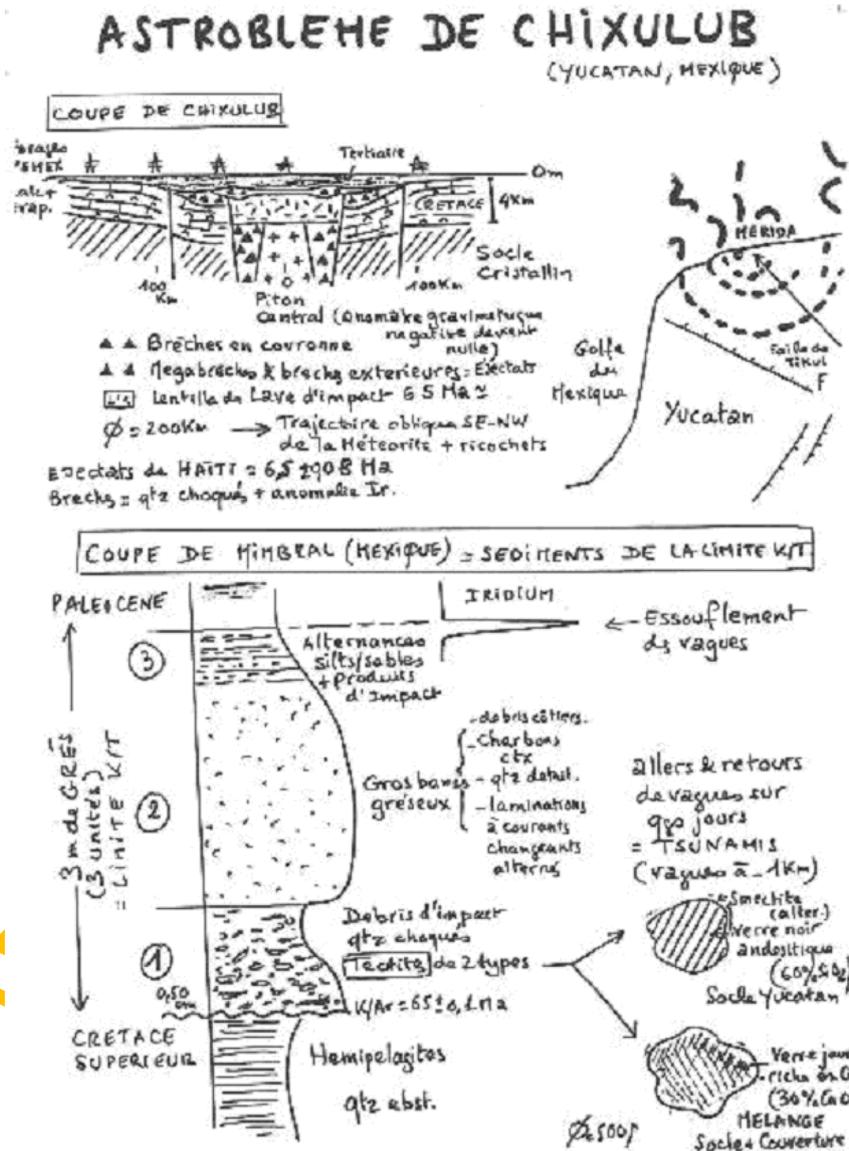
On trouve des boules de suie dues aux incendies et des pics d'hydrocarbures aromatiques.

## ι\ Multiplicité et périodicité d'impact.

Les quartzs choqués sont représentatifs d'un choc en milieu continental. Les sphérules montrent, elles, un choc en milieu océanique. Le rapport  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  des spinelles est différent selon la localisation.  
 → Il y a donc plusieurs impacts quasi simultanés : ricochet de la météorite ?

Une période d'impactisme de 32 millions d'années serait due à l'orbite d'une étoile inconnue perturbant tous les 32 millions d'années les comètes du système solaire.

## κ\ Astroblème de Chixulub (Yucatan-Mexique).



Au départ, ce lieu était étudié pour des recherches pétrolières.

- Coupe de Chixulub.

Le cratère est caché par du terrain du tertiaire. Il semble qu'il y ait une structure annulaire par gravimétrie.

On trouve des brèches en couronne qui coupent les anneaux de l'astroblème.

En mer, les lignes sont plus anarchiques : la météorite est tombée obliquement. On a des failles qui sont en liaison avec l'astroblème (en rouge).

Le forage sur le site : On a trouvé des roches qu'on a cru être des andésites. Les forages ont permis de réaliser une coupe. Le bassin s'est mis sur quelque chose de déjà creusé. Au centre, on trouve le piton central avec autour, des brèches avec des svénites (verre). Cette lentille date de 65 millions d'années.

L'épaisseur de crétacé supérieur est de 4 kilomètres avec des calcaires. Il y a avait au moment de l'impact ces terrains-là. L'impact s'est probablement réalisé en mer. Dans les brèches, on trouve quelques quartz choqués et des anomalies d'Iridium.

Vers la région de Mexico, on trouve des sédiments contemporains de 2 à 3 mètres → on peut bâtir le scénario catastrophe.

La coupe de Minbral montre des débris d'impacts comme : du quartz choqué et les tectites des deux types → 65 millions d'années.

On trouve ensuite de gros bancs gréseux

Les eaux sont ensuite allées sur le continent et ont provoqué un immense raz de marée qui est allé jusqu'au nord des États-Unis. Il y a eu un ramonage des forêts.

On a trouvé des figures de courants alternés qui montrent un aller-retour de cette vague.

En 3, on a des sites par sables qui sont très fins, on n'a pas de figures de courants. On trouve l'iridium au sommet de cette couche car il est retombé en panache de fumées.

## 2\ Éruption volcanique en Inde.

Vogt a constaté en 1972 l'éruption d'un volcan très important vers -65 millions d'années : « les trapps du Deccan ». (trapp = escalier en hollandais et décan = sud en sanskrit).



Mc Dean, en 1970, a émis l'hypothèse d'un volcanisme ayant éjecté beaucoup de fumées et de CO<sub>2</sub>. Ce qui aurait provoqué une extinction en masse.

Il y a le problème des dépôts au niveau argileux à l'iridium de la limite K/T.

M × 10 000 ans ? → Hypothèse volcanique

Ou

1 à 50 ans ? → Hypothèse météoritique.

## α\ Durée de l'éruption du décan.

Les coulées ont donné 2400 mètres d'épaisseur totale sur m×10 000km<sup>2</sup> de basalte.  
+ couches de 10 à 50m

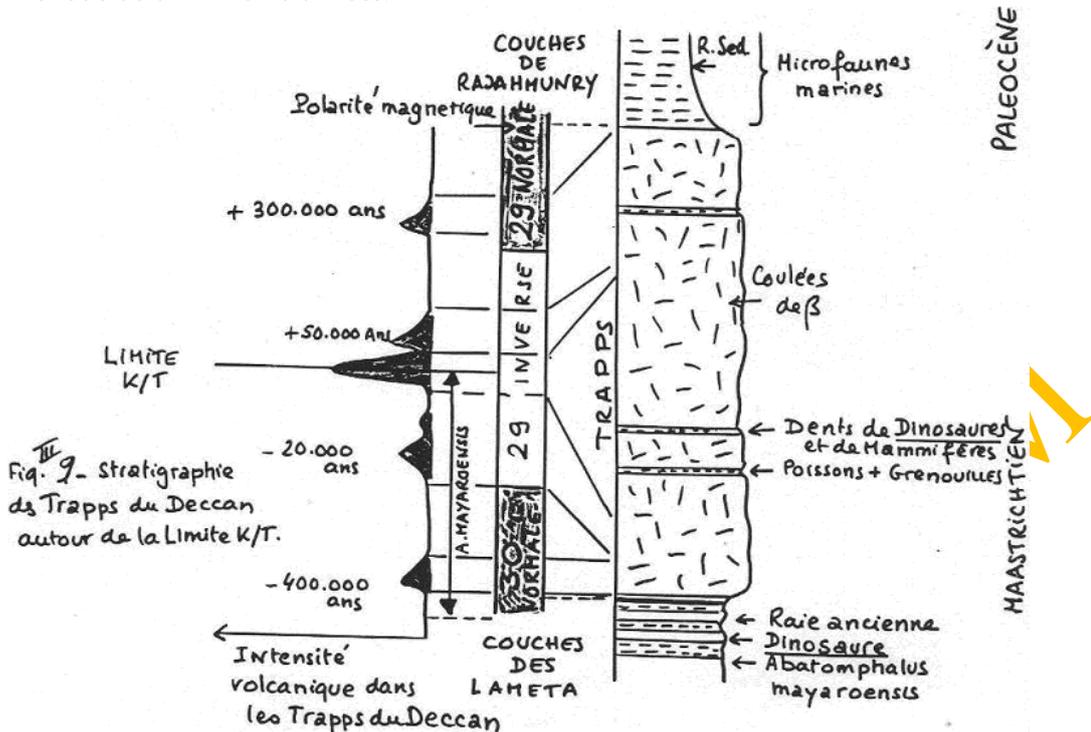
- datation K-Ar → entre -30 et -80 millions d'années (large fourchette)
- Polarité inversée dans le paléomagnétisme de 80% des échantillons.

Début du volcanisme = périodicité normale, Maastrichtien

Culmination = période inv. (29) K/T

Fin = période inverse (29) tertiaire.

→ Période de un million d'années.



→ Volcanisme a commencé avant et fini après l'impact.

- La datation Argon39/Argon40 (récente) a donné un âge compris entre 68 et 63 millions d'années.
  - Données paléontologiques : œufs et dents de dinosaures ; Abatomphalus mayaroensis (globotruncana, foraminifère, plancton) dans RS de couche inférieure.
- Durée de ½ million d'années.

### β\ Critiques des preuves de l'hypothèse cosmique.

- L'iridium : il apparaît des concentrations anormales en iridium dans le volcanisme d'Hawaï (Kilauea) et de la Réunion (Piton de la Fournaise). Or, l'argile du niveau K/T provient de l'altération de basaltes (Smectite remplace Illite normale) ou de verre d'impact.
  - Les sphérules peuvent provenir d'une éjection volcanique ou de la croûte océanique fondue par un impact.
  - Le quartz choqué peut apparaître avec des pressions inférieures à  $10^5$  atmosphères mais sur du matériel chaud comme pendant une éruption volcanique (Mont St Helens) : ce quartz choqué apparaît aussi dans le volcanisme récent de Sumatra (TOBA). Il existe 10% de laves acides dans les provinces basaltiques
- Volcanisme explosif probable.

On a des conséquences identiques pour les deux hypothèses. Les cendres volcaniques peuvent provoquer l'obscurité qui va entraîner le froid et la baisse de la photosynthèse.

Il y a aussi augmentation de  $SO_2$  qui donne ensuite  $H_2SO_4$  et provoque des pluies acides (Exemple de Laki en 1973 : mort de 75% du bétail).

### γ\ Étalement dans le temps des extinctions massives.

Toutes les extinctions n'ont pas été simultanées et catastrophiques. On a au moins eu deux phases : une, 300 000 ans avant K/T (baisse eustatique et refroidissement global) et l'autre 50.000 ans après.

### δ\ Le Deccan : un énorme « point chaud ».

Il y a alternance des inversions magnétiques. À la fin du crétacé, il y a augmentation de l'activité dans le noyau externe et à la limite manteau/noyau car :

- Inversions fréquentes des inversions magnétiques
- Pas d'inversion entre -120 et -85 millions d'années.
- Inversion 20 millions d'années avant K/T

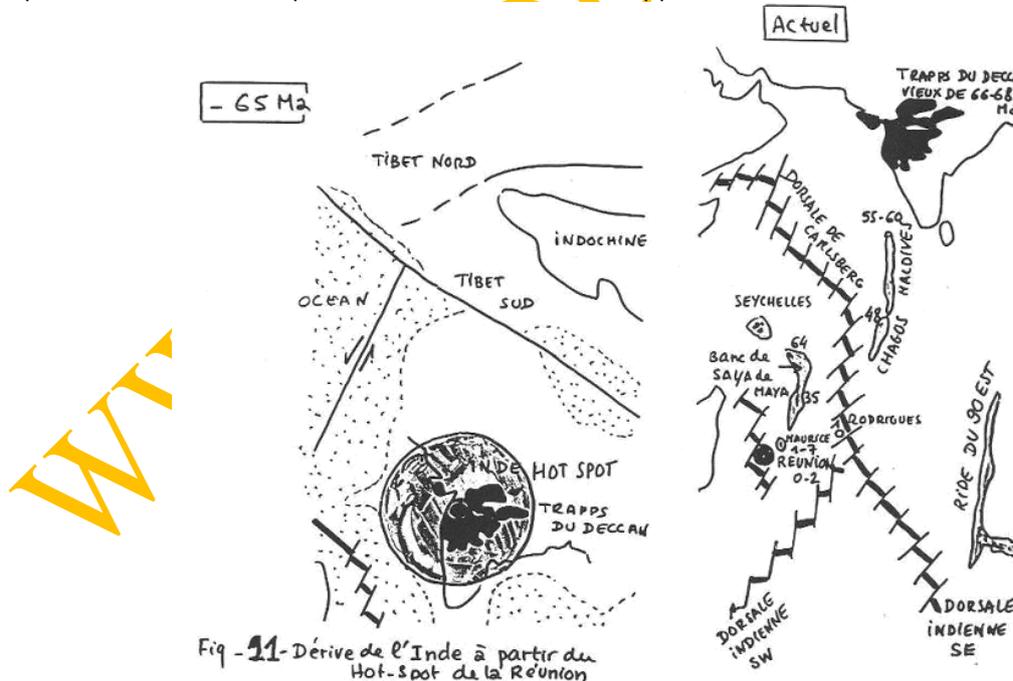
Il y a eu un épisode de convection mantellique déclenché avant K/T avec formation de panaches de matériel chaud, peu dense et moins visqueux, traversant le manteau froid et visqueux en 20 millions d'années.

- Départ de D'' à -85 millions d'années (début de l'inversion)
- Arrivée au point chaud à -65 millions d'années.

Les trapps ont été d'énormes panaches il y a 65 millions d'années.

La Réunion est la « queue » du panache (piton de la fournaise) située à l'aplomb du Deccan avant la dérive de l'Inde. Toutefois, il existe des périodes d'extinctions massives comparables. Dans le paléozoïque, on trouve la plus longue période connue sans inversion.

La plus grande extinction de masse connue s'est déroulée à la fin du primaire et a provoqué la disparition de 95% des espèces marines à cause des trapps de Sibérie (-250 millions d'années).



On voit le tracé de l'Inde qui dérive. Le hot spot ne bouge pas.

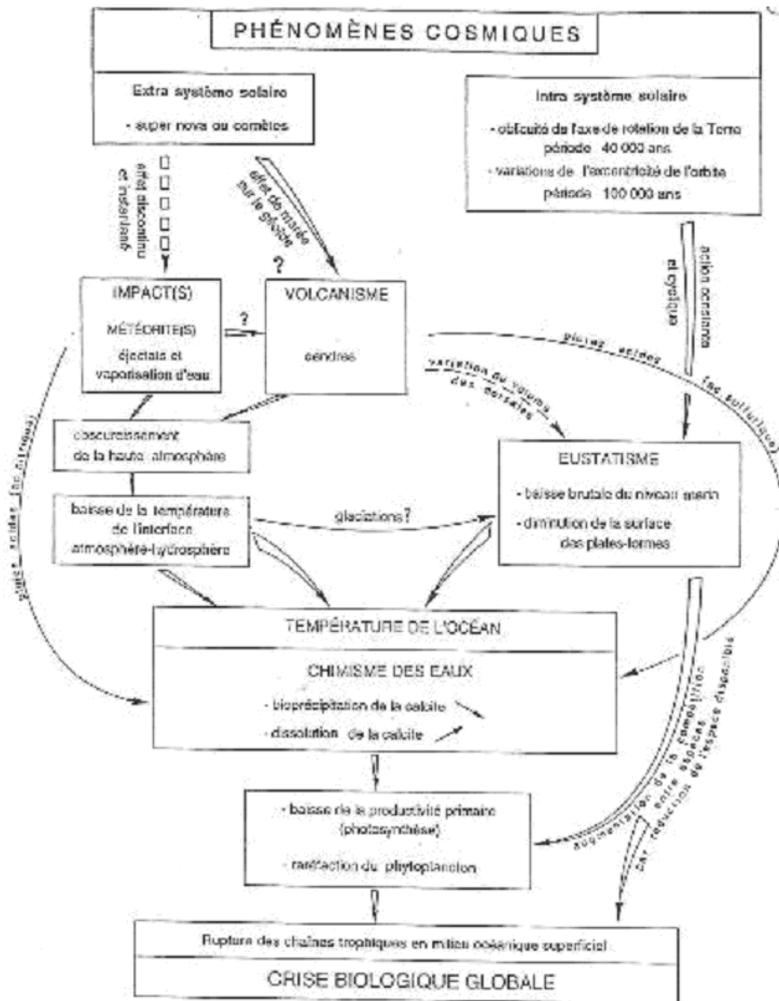


Fig. 34 - Causes possibles de la crise de la limite Crétacé - Tertiaire.

WWW.BIC