

10A001 - ASTRONOMIE GÉNÉRALE

La Terre, une planète vivante dans le cosmos

10. Les menaces cosmiques

18 novembre 2025

<https://mediaserver.unige.ch/play/287511>



Sylvia Ekström
Département d'Astronomie
Université de Genève



Définitions

Un **météore** est le phénomène lumineux créé par l'entrée atmosphérique d'un corps



étoile filante

< 10 cm <

bolide

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

Définitions

Une **météorite** est un corps extra-terrestre qui a survécu à son passage dans l'atmosphère et réussi à atteindre le sol



Première source de fer pour l'Antiquité (dague de Toutankhamon)

Bjorkman 1973; Comelli+ 2016



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces
cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

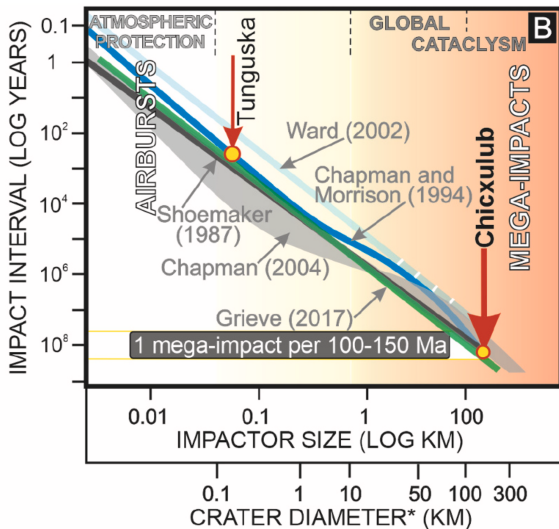
Explosions

Supernovae

Références

Régulièrement : impacts de météorites plus ou moins grosses

Racki & Koeberl 2024



Probabilité inversement proportionnelle à taille de l'impacteur



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

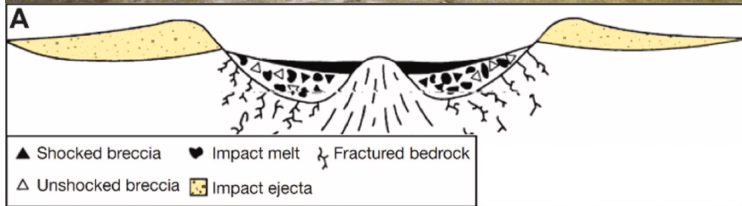
Explosions

Supernovae

Références

Conséquences

Un cratère d'impact est entre 10 et 20 fois plus grand que l'impacteur *Hughes 2003*



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

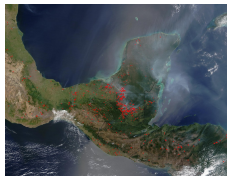
Explosions

Supernovae

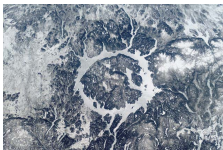
Références

70% des impacts en mers

Erosion, subduction effacent les traces sur Terre



Chicxulub,
Yucatan
180 km, 65 Ma



Manicouagan,
Québec
65 km, 214 Ma



Meteor Crater,
Arizona
1,2 km, 50'000 ans

Liens avec grandes extinctions ? [Alvarez+ 1980](#)



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

Conséquences

Dépend de (Kring 2002) :

- énergie dégagée (masse et vitesse de l'impacteur) :
$$E = \frac{m}{2}v^2$$
- lieu d'impact (océan / terre, type de sol)

Effets d'un impact majeur :

- 10'000-20'000°C
→ fusion des roches
→ incendies généralisés
- pulvérisation de roches dans l'atmosphère (10-20x la masse de l'impacteur)
→ changement climatique
- séisme paroxysmal, mégatsunami
- pluies acides (combinaison $N+O_2 = NO_2$)



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

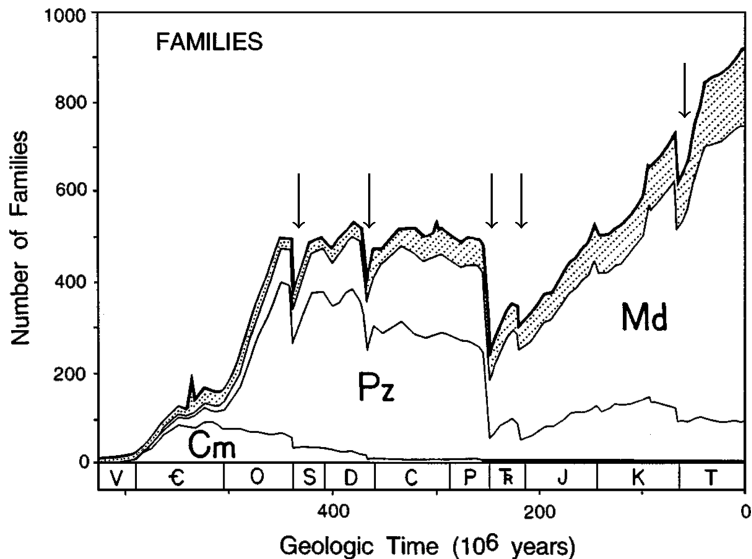
Explosions

Supernovae

Références

Grandes extinctions

On identifie 5 extinctions de masse dans l'histoire de la vie terrestre *Raup & Sepkoski 1982*



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références



	Extinction	Date	% Fam.	% Esp.
1	Ordovicien / Silurien	444 – 445 Ma	27	85
2	Dévonien	372 – 359 Ma	19	70
3	Permien / Trias	252 Ma	53	81
4	Trias / Jurassique	201 Ma	23	70
5	Crétacé / Paléogène	66 Ma	17	75

Les fossiles ne sont pas une archive complète et fiable

L'estimation du pourcentage d'espèces disparues dans une extinction est difficile et souvent surestimée [Stanley 2016; Nowak+ 2019](#)

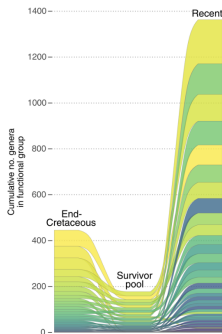
Des extinctions en permanence, il faut dégager les chiffres du bruit de fond [Stanley 2016; Racki & Koeberl 2024](#)

Diversité fonctionnelle

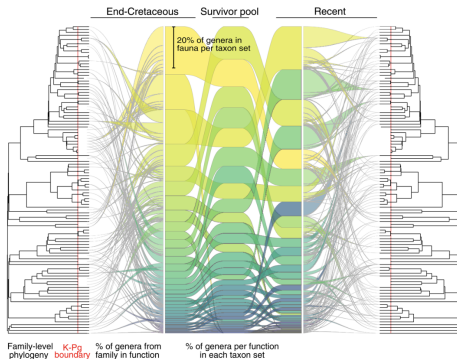
Importance des niches écologiques : leur diversité semble globalement maintenue à travers les extinctions de masse (en particulier les plantes [Nowak+ 2019](#))

Edie+ 2025

A Altered distributions of genera in functional groups across taxon sets (biotas)



B Phylogenetic underpinnings of functional groups and shifts in their richness rank order



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

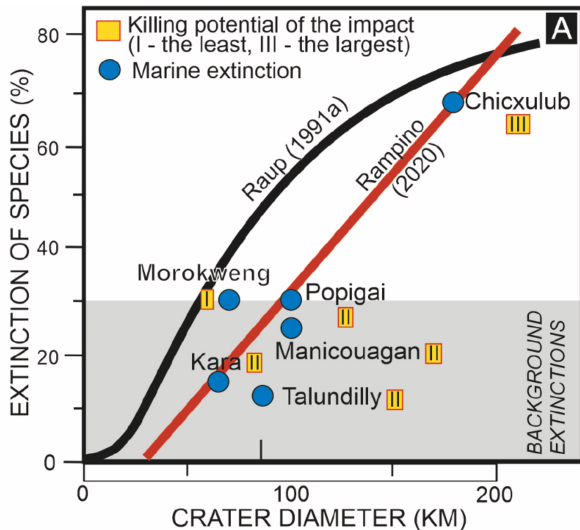
Références

Causes extraterrestres

Osmium et Iridium comme traceurs d'impact *Alvarez+ 1980*

Taux d'extinction selon la taille du cratère d'impact :

Racki & Koeberl 2024



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces
cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

MAGNITUDE DE L'IMPACT:

- taille de l'impacteur
- angle et vitesse d'impact
- type d'impacteur (astéroïde ou comète)



**RISQUE D'EXTINCTION
POTENTIEL DE MORTALITÉ**

LOCALISATION DE L'IMPACT :

- océan / mer peu profonde / roche
- composition du milieu, géologie
- morphologie de la surface
- climat et biodiversité régionale



VULNÉRABILITÉ DE L'ECOSYSTÈME GLOBAL:

- climat global (effet de serre / glaciation)
- structure de la biosphère, biodiversité
- chime océanique, mode de circulation
- distribution des plaques continentales



d'après Racki & Koeberl 2024

Et quand ça ne touche pas le sol

L'atmosphère terrestre nous protège : tout ce qui est plus petit qu'un autocar ne touche pas le sol

Mais ça n'empêche pas les dégâts [Jenniskens+ 2019](#)



Événement de la Tunguska, 30 juin 1908

Comète ? Astéroïde ? Pas clair... [Gasperini 2015](#)

Analyse de la trajectoire donne 83% de probabilité pour un astéroïde [Farinella+ 2001](#)

Explosion à 5-10 km d'altitude, équivalente à 10-15 Mt de TNT



Conséquences

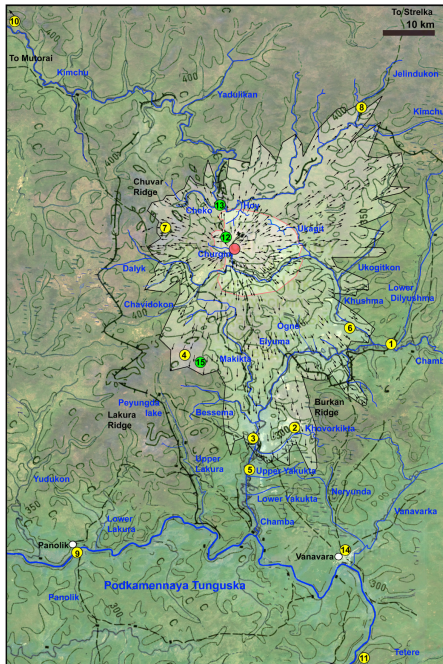
2150 km² de forêt et de taïga sont aplatis, révélant l'épicentre

Rien n'est retrouvé au sol

Incendies jusqu'à 15 km de l'épicentre

Des morts, des blessés (brûlures, fractures)

Jenniskens+ 2019



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

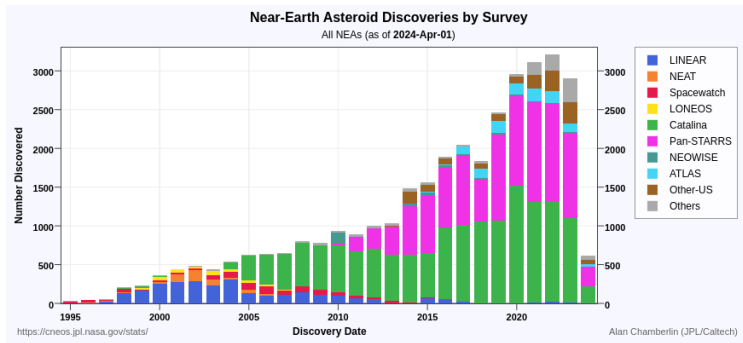
Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

Des programmes de surveillance



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

Recensement :

- Centre des planètes mineures (MPC) de l'UAI
- Center for NEO studies de la NASA (JPL)

Détection :

- Catalina sky survey (U. Arizona)
- Pan-STARRS (U. Hawaï)
- Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System (U. Hawaï)
- Lincoln Near-Earth Asteroid Research (MIT)

L'échelle de Turin

Échelle de Turin

ÉVÉNEMENTS SANS CONSÉQUENCES (blanc)

0. Le risque de collision est nul ou bien en deçà de la chance d'avoir un objet aléatoire de la même taille qui va heurter la terre au cours de ces prochaines décennies. Cette catégorie est attribuée à tout objet qui, dans le cadre d'une collision éventuelle, n'a aucune chance d'atteindre la surface de la terre intacte.

ÉVÉNEMENTS QUI MÉRITENT ATTENTION (vert)

1. Les chances de collision sont extrêmement improbables dans les décennies à venir.

ÉVÉNEMENTS QUI MÉRITENT L'ATTENTION DES ASTRONOMES (jaune)

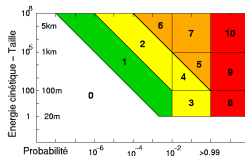
2. Collision très improbable, mais trajectoire proche de la Terre. Demande l'attention des astronomes mais il n'y a pas de raison de prévenir le public. Des réobservations ultérieures doivent permettre de requalifier le risque au niveau 0.
3. Trajectoire rapprochée, 1% de possibilités de collision au maximum avec dégâts localisés. Des réobservations ultérieures doivent permettre de requalifier le risque au niveau 0. L'attention du public et des autorités est nécessaire, surtout si le risque de collision est inférieur à 10 ans.
4. Trajectoire rapprochée, plus de 1% de possibilités de collision capable de dévastation régionale. Des réobservations ultérieures doivent permettre de requalifier le risque au niveau 0. L'attention du public et des autorités est nécessaire, surtout si le risque de collision est inférieur à 10 ans.

ÉVÉNEMENTS À RISQUES (orange)

5. Trajectoire rapprochée, menace considérable de collision entraînant la dévastation d'une région. Si la collision est prévue pour moins de 10 ans, des mesures gouvernementales doivent être envisagées.
6. Trajectoire rapprochée, menace considérable de collision entraînant une destruction globale. Si la collision est prévue pour moins de 10 ans, des mesures gouvernementales doivent être envisagées.
7. Trajectoire rapprochée, menace extrêmement considérable de collision entraînant une destruction globale. Pour un tel événement prévisible à moins de 100 ans, des mesures internationales doivent être planifiées, et notamment l'impérieuse nécessité de déterminer rapidement et avec certitude si oui ou non la collision aura lieu.

COLLISIONS CERTAINES (rouge)

8. Collision probable capable de provoquer une destruction localisée. Cet événement se produit tous les 50 à 1000 ans en moyenne.
9. Collision certaine avec destruction d'une région. Cet événement se produit tous les 1000 à 100 000 ans en moyenne.
10. Collision certaine entraînant une catastrophe climatique globale. Cet événement se produit tous les 100 000 ans ou plus.



Adoptée en 1999
d'après *Binzel 1997*

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



10. Les menaces
cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références



Arrive-t-on à dévier un
astéroïde ?

impact sur Dimorphos
lune de Didymos

Changement de l'orbite de 33' (espéré 7') *Thomas+ 2023*

Surtout grâce aux ejecta (1000 tonnes)
4x plus de moment cinétique que la sonde elle-même

Cheng+ 2023; Witze 2023



10. Les menaces cosmiques

Météorites

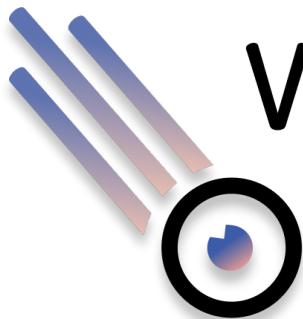
Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références



Vigie Ciel FRIPON

www.vigie-ciel.org



Témoigner après
l'observation d'un
bolide



Identifier des cratères
d'impact sur des
images satellites



Rechercher les
météorites tombées
en France



Observer le ciel avec
votre caméra



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

L'étoile de la mort

Une supernova explosant à $\sim 8 - 10$ pc de distance détruirait la couche d'ozone pour ~ 300 ans

Ellis & Schramm 1995; Gehrels+ 2003



Effet sur le phytoplancton : diminution de la photosynthèse

Smith+ 1992

Mais pourrait être contrebalancé par augmentation de la biomasse et élimination des prédateurs *Bothwell+ 1994*

Probabilité : 1,5 SN / Ga (4-6 depuis la formation de la Terre)

Pas d'évidence de grande extinction liée à une SN *Bailer-Jones 2009*

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

... ou l'étoile de la vie

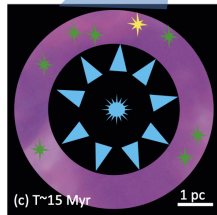
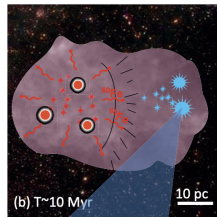
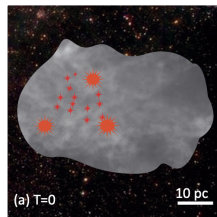
Une supernova a vraisemblablement déclenché la formation du Soleil

Bizzarro+ 2007; Gounelle & Meynet 2012

→ Présence de ^{60}Fe

Formation près d'une étoile massive qui répand du ^{26}Al

Coatlicue : la mère du Soleil



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



10. Les menaces cosmiques

Météorites

Impacts

Grandes extinctions

Explosions

Supernovae

Références

Références I

- Alvarez, Alvarez, Asaro, & Michel 1980, *Science*, 208, 1095 (ADS)
- Bailer-Jones 2009, *International Journal of Astrobiology*, 8, 213 (ADS)
- Binzel 1997, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 822, 545 (ADS)
- Bizzarro, Ulfbeck, Trinquier et al. 2007, *Science*, 316, 1178 (ADS)
- Bjorkman 1973, *Meteoritics*, 8, 91 (ADS)
- Bothwell, Sherbot, & Pollock 1994, *Science*, 265, 97 (ADS)
- Cheng, Agrusa, Barbee et al. 2023, *Nature*, 616, 457 (ADS)
- Comelli, D'Orazio, Folco et al. 2016, *M&PS*, 51, 1301 (ADS)
- Edie, Collins, & Jablonski 2025, *Science Advances*, 11, eadv1171 (ADS)
- Ellis & Schramm 1995, *Proceedings of the National Academy of Science*, 92, 235 (ADS)
- Farinella, Foschini, Froeschlé et al. 2001, *A&A*, 377, 1081 (ADS)
- Gasperini 2015, *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 26, 97 (ADS)
- Gehrels, Laird, Jackman et al. 2003, *ApJ*, 585, 1169 (ADS)
- Gounelle & Meynet 2012, *A&A*, 545, A4 (ADS)
- Hughes 2003, *MNRAS*, 338, 999 (ADS)
- Jenniskens, Popova, Glazachev, Podobnaya, & Kartashova 2019, *Icarus*, 327, 4 (ADS)
- Kring 2002, *M&PS*, 37, 1648 (ADS)
- Nowak, Schneebeli-Hermann, & Kustatscher 2019, *Nature Communications*, 10, 384 (ADS)
- Racki & Koeberl 2024, *Earth Science Reviews*, 259, 104904 (ADS)
- Raup & Sepkoski 1982, *Science*, 215, 1501 (ADS)
- Smith, Prezelin, Baker et al. 1992, *Science*, 255, 952 (ADS)
- Stanley 2016, *Proceedings of the National Academy of Science*, 113, E6325 (ADS)
- Thomas, Naidu, Scheirich et al. 2023, *Nature*, 616, 448 (ADS)
- Witze 2023, *Nature*, 615, 195 (ADS)