

Points de basculement dans le système climatique

24 langues

Article Discussion

[Lire](#) [Modifier](#) [Modifier le code](#) [Voir l'historique](#) [Outils](#)

☞ Pour les articles homonymes, voir *Point de basculement*.

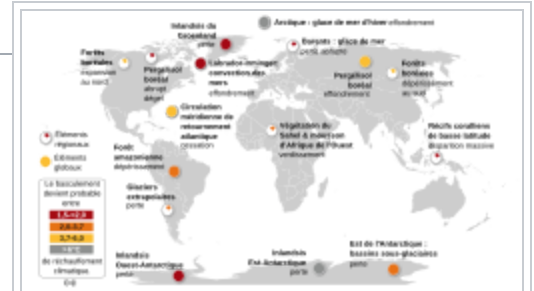
Un **point de basculement** est un seuil qui, lorsqu'il est franchi, entraîne de grands changements, souvent irréversibles (**point de non-retour**), qui modifient qualitativement l'état ou l'évolution d'un système³. De potentiels points de basculement ont été identifiés dans le **système climatique** physique ainsi que dans les **écosystèmes** en interaction⁴. Par exemple, les rétroactions du **cycle du carbone** sont un facteur de transition entre les **périodes glaciaires** et **interglaciaires**, le **forçage orbital** en constituant le déclencheur initial⁵. L'**enregistrement de la température géologique** de la Terre montre de nombreux autres exemples de transitions rapides (au sens géologique) entre différents états climatiques⁶.

Les points de basculement climatiques sont particulièrement intéressants pour l'étude du **changement climatique** à l'ère moderne. Un point de basculement possible a été par exemple identifié pour la température de surface moyenne globale en étudiant le comportement passé du système climatique de la Terre et ses **rétroactions** positives. Les rétroactions avec le **cycle du carbone** et la **réflectivité planétaire** pourraient déclencher une série de points de basculement.

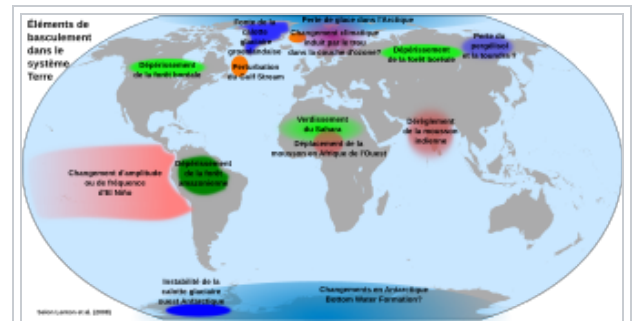
Il existe des éléments de basculement à grande échelle comme les [calottes glaciaires](#) du Groenland et de l'[Antarctique](#) dont la fonte pourrait entraîner une [élévation du niveau](#) de la [mer](#) de plusieurs dizaines de mètres⁸. Ces points de basculement ne sont pas toujours brutaux. Par exemple, à un certain niveau de température, la fonte d'une grande partie de la [calotte glaciaire](#) du [Groenland](#) et/ou de la [calotte glaciaire de l'Antarctique occidentale](#) deviendra inévitable mais la couche de glace elle-même peut persister pendant plusieurs siècles⁹. Certains éléments, tels que l'effondrement des écosystèmes, sont irréversibles⁴.

Définition [\[modifier | modifier le code \]](#)

Le [sixième rapport d'évaluation](#) du [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat](#) (GIEC), publié en 2021, définit un point de basculement comme un « seuil critique au-delà duquel un système se réorganise, souvent de manière abrupte et/ou irréversible »¹⁰. Il peut être provoqué par une petite



Carte des points de basculement¹.
Le pergélisol n'est pas reconnu par
l'ensemble de la communauté
scientifique comme étant un point de
basculement².



Éléments de basculement possibles dans le système climatique³.

perturbation entraînant un changement disproportionné dans le système. Les points de basculement peuvent également être définis comme en association avec des [rétroactions](#) auto-renforcées qui pourraient entraîner des changements irréversibles à l'échelle de temps humaine dans le [système climatique](#)¹¹. Pour toute composante climatique particulière, le passage d'un état à un nouvel état stable peut prendre plusieurs décennies ou siècles¹¹. Dans les [écosystèmes](#) et dans les systèmes sociaux, un point de basculement peut déclencher un « changement de régime » : une réorganisation majeure des systèmes vers un nouvel état stable¹².

Le [rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique](#) de 2019 définit un point de basculement comme « un niveau de changement dans les propriétés du système au-delà duquel un système se réorganise, souvent de manière non linéaire, et ne revient pas à l'état initial même si les moteurs du changement sont atténués. Pour le système climatique, le terme désigne un seuil critique à partir duquel le climat mondial ou régional passe d'un état stable à un autre état stable »¹³.

Archives géologiques [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Des archives géologiques montrent qu'il y a eu des changements abrupts dans le système climatique qui indiquent d'anciens points de basculement. Par exemple, les [événements de Dansgaard-Oeschger](#) au cours de la [dernière période glaciaire](#) sont des périodes de réchauffement brusque (en quelques décennies) au [Groenland](#) et en [Europe](#), qui peuvent avoir impliqué des changements brusques dans les principaux courants océaniques. Au cours de la déglaciation, au début de l'[Holocène](#), l'élévation du niveau de la mer n'a pas été régulière, mais s'est produite de manière abrupte lors des poussées d'eau de fonte. La [mousson en Afrique du Nord](#) a connu des changements abrupts sur des échelles de temps décennales pendant la [période humide africaine](#), il y a 15 000 à 5 000 ans, et qui s'est également terminée brusquement par un état plus sec¹⁴.

Éléments de basculement [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Les scientifiques ont identifié de nombreux éléments du [système climatique](#) susceptibles de présenter des points de basculement^{15,11}. Au début des années 2000, le [GIEC](#) commence à envisager la possibilité de points de basculement. À cette époque, le GIEC conclut qu'ils ne seraient probables qu'en cas de réchauffement planétaire de +4 °C ou plus par rapport à l'époque préindustrielle. En 2021, les points de basculement sont considérés comme ayant une probabilité significative au niveau de réchauffement actuel d'un peu plus de 1 °C, avec une forte probabilité au-dessus de 2 °C¹⁶. Il est possible que certains points de basculement soient sur le point d'être franchis ou l'aient déjà été, comme ceux des calottes glaciaires de l'Antarctique occidental et du Groenland, des [récifs coralliens](#) d'eau chaude et de la forêt amazonienne^{17,18}. Parmi ceux-ci, un élément climatique régional et trois éléments climatiques fondamentaux sont estimés comme susceptibles de franchir un point de basculement si le réchauffement planétaire atteint 1,5 °C, à savoir l'effondrement de la calotte glaciaire du Groenland, l'effondrement de la calotte glaciaire de l'Antarctique occidental, la disparition des récifs coralliens tropicaux et le dégel brutal du pergélisol boréal. Deux autres points de basculement sont considérés comme probables si le réchauffement continue à

approcher les 2 °C : la perte brutale de la glace de la mer de Barents et l'effondrement du gyre subpolaire de la mer du Labrador^{19, 20, 21}.

Éléments de basculement à impact mondial²¹

Élément de basculement climatique (et point de basculement)	Seuil (°C)			Délai (années)			Impact maximal (°C)	
	Estimé	Minimum	Maximum	Estimé	Minimum	Maximum	Global	Régional
Calotte glaciaire du Groenland (effondrement)	1,5	0,8	3,0	10 000	1 000	15 000	0,13	0,5 to 3,0
Calotte glaciaire de l'Antarctique occidental (effondrement)	1,5	1,0	3,0	2 000	500	13 000	0,05	1,0
Convection des mers du Labrador et d'Irminger/du gyre océanique subpolaire (effondrement)	1,8	1,1	3,8	10	5	50	-0,5	-3,0
Bassins sous-glaciaires de l'Antarctique oriental (effondrement)	3,0	2,0	6,0	2 000	500	10 000	0,05	?
Forêt amazonienne (dépérissement)	3,5	2,0	6,0	100	50	200	0,1 (partiel) 0,2 (total) ^{T1 1}	0,4 à 2,0
Pergélisol boréal (effondrement)	4,0	3,0	6,0	50	10	300	0,2 - 0,4 ^{T1 2}	~
Circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (effondrement)	4	1,4	8	50	15	300	-0,5	-4 à -10
Glace de mer de l'hiver arctique (effondrement)	6,3	4,5	8,7	20	10	100	0,6	0,6 à 1,2
Calotte glaciaire de l'Antarctique oriental (effondrement)	7,5	5,0	10,0	?	10 000	?	0,6	2,0

1. [↑] La référence fournit également la même estimation en termes d'émissions équivalentes : le dépérissement partiel équivaldrait aux émissions de 30 milliards de tonnes de carbone, tandis que le dépérissement total équivaldrait à 75 milliards de tonnes de carbone.
2. [↑] La référence fournit également la même estimation en termes d'émissions : entre 125 et 250 milliards de tonnes de carbone et entre 175 et 350 milliards de tonnes d'équivalent carbone.

Éléments de basculement à impact régional^{T1}

Élément de basculement climatique (et point de basculement)	Seuil (°C)			Délai (années)			Impact maximal (°C)	
	Estimé	Minimum	Maximum	Estimé	Minimum	Maximum	Global	Régional
Récifs coralliens des basses latitudes (disparition)	1,5	1,0	2,0	10	~	~	~	~
Pergélisol boréal (dégel brusque)	1,5	1,0	2,3	200	100	300	0,04 par °C en 2100 0,11 par °C en 2300 ^{T2 1}	~
Glace de la mer de Barents (perte brutale)	1,6	1,5	1,7	25	?	?	~	+
Glaciers de montagne (perte)	2,0	1,5	3,0	200	50	2 000	0,08	+
Sahel et mousson ouest-africaine (verdissement)	2,8	2	3,5	50	10	500	~	+
Forêt boréale (extinction méridionale)	4,0	1,5	5,0	100	50	?	net -0,18 ^{T2 2}	-0,5 à -2
Forêt boréale (expansion vers le nord)	4,0	1,5	7,2	100	40	?	net +0,14 ^{T2 3}	0,5-1,0

1. ↑ La référence précise que cela représente une augmentation de 50 % du dégel progressif du pergélisol : il fournit également la même estimation en termes d'émissions pour chaque degré de réchauffement : 10 milliards de tonnes de carbone et 14 milliards de tonnes d'équivalent carbone d'ici 2100, et 25/35 milliards de tonnes de carbone/équivalent carbone d'ici 2300.
2. ↑ La disparition de ces forêts équivaldrait à l'émission de 52 milliards de tonnes de carbone, mais cette perte serait plus que compensée par l'augmentation de l'effet **albédo** de la zone, qui réfléchirait davantage de lumière solaire.
3. ↑ Une croissance forestière supplémentaire ici absorberait environ 6 milliards de tonnes de carbone, mais comme cette zone reçoit beaucoup de lumière solaire, cela est très mineur par rapport à la réduction de l'albédo, car cette végétation absorbe plus de chaleur que le sol enneigé dans lequel elle se déplace.

Éléments de basculement à grande échelle [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Un changement de température régulier ou brutal peut déclencher des points de basculement à l'échelle mondiale.

Deux éléments de basculement globaux concernant la **cryosphère**, il s'agit de la fonte irréversible des **calottes glaciaires** du **Groenland** et de l'**Antarctique**. Au Groenland, un cycle de rétroaction positif existe entre la fonte et l'altitude de la surface. À basse altitude, les températures sont plus élevées, ce qui entraîne une fonte supplémentaire. Cette boucle de rétroaction pourrait devenir assez forte pour entraîner une fonte

irréversible⁸. L'instabilité de la banquise pourrait déclencher un point de basculement dans l'[Antarctique occidental](#)⁴. Dans les deux cas, cela entraînerait l'accélération de la montée du niveau des océans⁹.

Lorsque de l'eau douce est libérée à la suite de la fonte du Groenland, un seuil de perturbation de [la circulation thermohaline](#) peut être franchi²². Celle-ci transporte de la chaleur vers le nord au sein de l'[Atlantique](#) et a un rôle important dans la régulation de la température²³. Les risques d'un arrêt complet de la circulation thermohaline atlantique sont faibles à modérés au regard des niveaux de réchauffement envisagés par l'[accord de Paris](#)⁴.

Un autre exemple d'élément de basculement à grande échelle est l'évolution du phénomène [El Niño – Oscillation australe](#). Après avoir franchi un point de basculement, la phase chaude (El Niño) commencerait à se produire plus souvent. Enfin, l'océan Austral, qui absorbe actuellement beaucoup de carbone, pourrait cesser de le faire⁴.

Éléments de basculement régionaux [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Le changement climatique peut également déclencher des points de basculement régionaux. Par exemple la disparition de la banquise arctique^{24,25}, l'établissement d'espèces ligneuses dans la [toundra](#), la perte du [pergélisol](#), l'effondrement de la [mousson](#) d'Asie du Sud et le renforcement de la [mousson](#) d'Afrique de l'Ouest qui conduiraient au verdissement du [Sahara](#) et du [Sahel](#)⁴. La déforestation peut déclencher un point de basculement dans les [forêts humides](#) (par exemple, la transformation de la [forêt amazonienne](#) en [savane](#)). En effet, les forêts tropicales réévalaporent une grande partie des précipitations, ce qui humidifie l'atmosphère. Lorsqu'une partie de la forêt est détruite, des sécheresses locales peuvent menacer le reste de la forêt⁴. Enfin, les [forêts boréales](#) sont également considérées comme un élément de basculement. Le réchauffement local peut provoquer la mort des arbres à un taux plus élevé qu'auparavant, proportionnellement à la hausse de la température. À mesure que davantage d'arbres meurent, les forêts deviennent plus ouvertes, ce qui entraîne un réchauffement supplémentaire et rend les forêts plus vulnérables aux incendies. Le point de basculement est difficile à prévoir, mais il est estimé entre 3 °C et 4 °C de hausse de la température globale⁴.

Points de basculement pour la température globale [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

De nombreuses [rétroactions positives et négatives](#) aux températures globales et au cycle du carbone ont été identifiées. Le GIEC signale que les rétroactions provoquées par la hausse des températures [sont positives](#) pour le reste de ce siècle, l'effet de la couverture nuageuse est celui qui a la plus grande incertitude²⁶. Les modèles du cycle du carbone du GIEC montrent une absorption plus élevée de carbone dans les océans, mais l'assimilation de carbone par les terres est incertaine en raison de l'effet combiné du changement climatique et des changements d'utilisation des terres²⁷.

L'[enregistrement géologique de la température](#) et de la concentration de [gaz à effet de serre](#) permet aux climatologues de rassembler des informations sur les [rétroactions climatiques](#) qui ont conduit à différents états climatiques, tels que le [Quaternaire](#) supérieur (il y a 1,2 million d'années), le [Pliocène](#) (il y a cinq millions d'années) et le [Crétacé](#) (il y a cent millions d'années). En combinant ces informations avec la

compréhension du changement climatique actuel, un groupe de chercheurs conclut en 2018²⁸ qu'un réchauffement de 2 °C pourrait activer des éléments de basculement importants, augmentant encore la température pour activer d'autres éléments de basculement dans un enchaînement en cascade qui pourrait encore augmenter la température terrestre⁷ et créer une [planète étuve](#). Une étude de 2019 affirme que si les gaz à effet de serre atteignent trois fois le niveau actuel de [dioxyde de carbone](#) dans l'atmosphère, les [stratocumulus](#) pourraient se disperser brutalement, contribuant ainsi à un réchauffement supplémentaire de 8 degrés Celsius²⁹.

La vitesse à laquelle les éléments du système climatique peuvent basculer est extrêmement importante pour déterminer leur rôle dans le changement climatique. Les enregistrements géologiques ne permettent pas toujours de savoir si les changements de température passés se sont étendus sur quelques décennies ou plusieurs millénaires. Par exemple, le basculement induit par de la [libération de composés de clathrate](#) enfouis dans les fonds marins et le pergélisol marin³⁰ est maintenant considéré comme un phénomène de long terme et non plus brutal³¹.

Emballlement de l'effet de serre [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

L'[emballage climatique](#) est utilisé dans les cercles astronomiques pour désigner un effet de serre si extrême que les océans bouillonnent et rendent une planète inhabitable, comme ce qui s'est produit sur [Vénus](#) de façon irréversible. Le [cinquième rapport d'évaluation du GIEC](#) indique que cet emballlement n'a pratiquement aucune chance d'être induit par des activités anthropiques³². Des conditions semblables à celles de Vénus nécessitent un forçage important qui ne se produira probablement pas sans une augmentation du rayonnement solaire de plusieurs dizaines de pour-cent, ce qui n'arrivera pas avant des milliards d'années³³.

Si cet emballlement est pratiquement impossible sur Terre, le forçage climatique créé par l'homme pourrait amener la Terre à un état de serre humide rendant de grandes parties de la Terre inhabitables si le taux de [vapeur d'eau](#) (H₂O) augmentait jusqu'à 1 % de la masse totale de l'atmosphère, devenant ainsi un [constituant atmosphérique](#) majeur³⁴. Si un tel forçage était entièrement dû au CO₂, le processus d'altération éliminerait le CO₂ atmosphérique en excès bien avant de baisser le niveau des océans³³.

Points de basculement en cascade [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

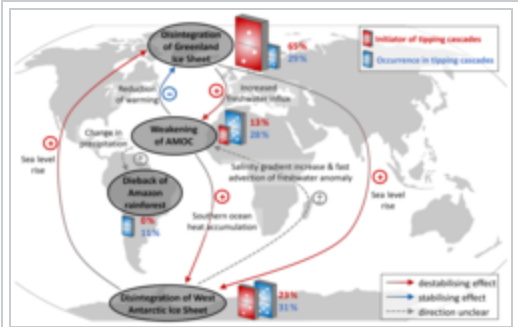
Franchir un seuil dans une partie du système climatique peut amener un autre élément à basculer dans un nouvel état. Ce sont ce qu'on appelle des points de basculement en cascade³⁵. La fonte de la glace en Antarctique occidental et au Groenland modifierait considérablement [la circulation océanique](#). Ce processus pourrait entraîner l'activation d'éléments de basculement dans cette région, tels que la dégradation du pergélisol, la fonte de la banquise arctique et le [dépérissement de la forêt](#) boréale. Cela montre que même à des niveaux relativement bas de réchauffement climatique, des éléments de basculement relativement stables peuvent être activés³⁶.

Signaux d'alerte précoce [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

Pour certains des points de basculement décrits ci-dessus, il peut être possible de détecter si cette partie du système climatique se rapproche d'un point de basculement. Toutes les parties du système climatique sont parfois perturbées par les phénomènes météorologiques. Après la perturbation, le système revient à son équilibre. Par exemple, une tempête peut endommager la banquise qui se reforme après. Si un système se rapproche d'un basculement, la restauration de son état normal peut prendre de plus en plus de temps, ce qui peut être interprété comme un signe avant-coureur du basculement^{37, 38}.

L'Arctique en mutation, étude 2019 du PNUE [modifier | modifier le code]

Une étude réalisée par le [PNUE](#) en 2019 indique que le point de basculement a déjà été atteint pour l'[Arctique](#) et le [Groenland](#)^{39, 40}. En raison de la fonte du [pergélisol](#), le [méthane](#) (en plus d'autres polluants climatiques de courte durée) pourrait être libéré dans l'atmosphère plus tôt que prévu. La perte d'un bouclier de glace à albédo positif a lancé une puissante boucle de rétroaction positive conduisant à des températures toujours plus élevées. L'instabilité climatique qui s'accélère dans la région polaire est susceptible d'affecter le climat mondial, et de dépasser les prévisions antérieures^{41, 42, 43, 44, 45, 46} concernant le point de l'avenir où le basculement mondial aura lieu.



Cascade de points de bascule simulée dans plusieurs expériences de modélisation, avec quatre éléments modélisés : la calotte glaciaire du Groenland, la calotte glaciaire de l'Antarctique occidentale, la circulation méridienne de retournement atlantique (AMOC) et la forêt amazonienne.

Effets des points de basculement [modifier |

[modifier le code](#)]

Si le climat entre dans un scénario de serre humide, il est à craindre des pénuries alimentaires, des [pénuries d'eau](#) et des centaines de millions de personnes déplacées en raison de l'[élévation du niveau de la mer](#), de conditions malsaines et invivables et de tempêtes côtières violentes³⁶.

Un emballement à 4 à 5 °C pourrait rendre inhabitables des pans entiers de la planète autour de l'équateur, avec un niveau de la mer jusqu'à 60 m au-dessus d'aujourd'hui⁴⁷. Un réchauffement de 11 à 12 °C mettrait en question la survie des humains par hyperthermie⁴⁸.

Des effets comme ceux-là ont été popularisés dans des ouvrages de fiction comme *The Inhabitable Earth*⁴⁹.

Notes et références [modifier | modifier le code]

- (en) Cet article est partiellement ou en totalité issu de l'article de Wikipédia en anglais intitulé « [Tipping points in the climate system](#) » (voir la liste des auteurs).
- ↑ (en) « [Tipping Elements – big risks in the Earth System](#) [archive] », sur *Potsdam Institute for Climate Impact Research* (consulté le 13 août 2025).
- ↑ Anne Brès, « [Pergélisol : la planète a-t-elle passé le point de non-retour ?](#) [archive] », sur *Bon Pote*, 26 octobre 2021 (consulté le 13 août 2025).

3. ↑ ^{a et b} **(en)** Timothy M. Lenton, Hermann Held, Elmar Kriegler, Jim W. Hall, Wolfgang Lucht, Stefan Rahmstorf et Hans Joachim Schellnhuber, « [Tipping elements in the Earth's climate system](#) ^[archive] », PNAS, 2008.
4. ↑ ^{a b c d e f g et h} O.D. Hoegh-Guldberg, M. Jacob, M. Taylor, Bindi S. et Brown, *Global Warming of 1.5°C*, In Press, 2018, « Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems ».
5. ↑ N. J. Shackleton, « The 100,000-Year Ice-Age Cycle Identified and Found to Lag Temperature, Carbon Dioxide, and Orbital Eccentricity », *Science*, vol. 289, n° 5486, 2000, p. 1897–902 (PMID 10988063, DOI 10.1126/science.289.5486.1897, Bibcode 2000Sci...289.1897S).
6. ↑ J. Zachos, M. Pagani, L. Sloan et E. Thomas, « Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present », *Science*, vol. 292, n° 5517, 2001, p. 686–693 (PMID 11326091, DOI 10.1126/science.1059412, Bibcode 2001Sci...292..686Z).
7. ↑ ^{a et b} Kerry Sheridan, « Earth risks tipping into 'hothouse' state: study », *Phys.org*, pnas, 6 août 2018 ([lire en ligne](#) ^[archive]) :

« Hothouse Earth is likely to be uncontrollable and dangerous to many ... global average temperatures would exceed those of any interglacial period—meaning warmer eras that come in between Ice Ages—of the past 1.2 million years. »

8. ↑ ^{a et b} T.M. Lenton, H. Held, E. Kriegler et J.W. Hall, « Tipping elements in the Earth's climate system », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, n° 6, 2008, p. 1786–1793 (PMID 18258748, PMCID 2538841, DOI 10.1073/pnas.0705414105, Bibcode 2008PNAS..105.1786L).
9. ↑ ^{a et b} **(en-US)** « [Tipping points in Antarctic and Greenland ice sheets](#) ^[archive] », NESSC, 12 novembre 2018 (consulté le 25 février 2019)
10. ↑ **(en)** *IPCC AR6 WG1 Ch4* ([lire en ligne](#) ^[archive du 5 septembre 2021]), p. 95.
11. ↑ ^{a b et c} **(en)** « [Explainer: Nine "tipping points" that could be triggered by climate change](#) ^[archive] », sur *Carbon Brief*, 10 février 2020 (consulté le 16 juillet 2022).
12. ↑ **(en)** Christoph Heinze, Thorsten Blenckner, Helena Martins, Dagmara Rusiecka, Ralf Döscher, Marion Gehlen, Nicolas Gruber, Elisabeth Holland, Øystein Hov, Fortunat Joos et John Brian Robin Matthews, « The quiet crossing of ocean tipping points », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 118, n° 9, 2021, e2008478118 (ISSN 0027-8424, PMID 33619085, PMCID 7936299, DOI 10.1073/pnas.2008478118 [?], Bibcode 2021PNAS..11808478H).
13. ↑ **(en)** *Glossary — Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* ([lire en ligne](#) ^[archive du 16 août 2021]).
14. ↑ **(en)** Victor Brovkin, Edward Brook, John W. Williams, Sebastian Bathiany, [Tim Lenton](#), Michael Barton, Robert M. DeConto, Jonathan F. Donges, Andrey Ganopolski, Jerry McManus et Summer Praetorius, « Past abrupt changes, tipping points and cascading impacts in the Earth system », *Nature Geoscience*, vol. 14, n° 8, 2021, p. 550–558 (ISSN 1752-0908, DOI 10.1038/s41561-021-00790-5, Bibcode 2021NatGe..14..550B, S2CID 236504982, [lire en ligne](#) ^[archive]).
15. ↑ **(en)** « [IPCC AR6 WGI Chapter 04](#) » ^[archive du 5 septembre 2021], p. 95.
16. ↑ [Tim Lenton](#), « Tipping points in the climate system », *Weather*, vol. 76, n° 10, 2021, p. 325–326 (ISSN 0043-1656, DOI 10.1002/wea.4058 [?], Bibcode 2021Wthr...76..325L, S2CID 238651749, [lire en ligne](#) ^[archive]).
17. ↑ « Critical measures of global heating reaching tipping point, study finds », *the Guardian*, 28 juillet 2021 ([lire en ligne](#) ^[archive])
18. ↑ William J Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Jillian W. Gregg, [Tim Lenton](#), Ignacio Palomo, Jasper A. J. Eikelboom, Beverly E. Law, Saleemul Huq, Philip B. Duffy et Johan Rockström, « World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021 », *BioScience*, vol. 71, n° biab079, 28 juillet 2021, p. 894–898 (ISSN 0006-3568, DOI 10.1093/biosci/biab079, hdl 1808/30278 [?], [lire en ligne](#) ^[archive]).

19. ↑ (en) David Armstrong McKay, Jesse Abrams, Ricarda Winkelmann, Boris Sakshewski, Sina Loriani, Ingo Fetzer, Sarah Cornell, Johan Rockström, Arie Staal et Timothy Lenton, « Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points », *Science*, vol. 377, n° 6611, 9 septembre 2022, eabn7950 (ISSN 0036-8075, PMID 36074831, DOI 10.1126/science.abn7950, hdl 10871/131584 , S2CID 252161375, lire en ligne [archive]).
20. ↑ (en) Harry Baker, « Climate "points of no return" may be much closer than we thought [archive] », sur *livescience.com*, 15 septembre 2022 (consulté le 18 septembre 2022).
21. ↑ ^{a b et c} (en) David Armstrong McKay, « Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points – paper explainer [archive] », sur *climatetippingpoints.info*, 9 septembre 2022 (consulté le 2 octobre 2022).
22. ↑ (en) Lenton, « Arctic Climate Tipping Points », *AMBIO*, vol. 41, n° 1, 2012, p. 10–22 (ISSN 1654-7209, PMID 22270703, PMCID 3357822, DOI 10.1007/s13280-011-0221-x).
23. ↑ (en) Belaia, Funke et Glanemann, « Global Warming and a Potential Tipping Point in the Atlantic Thermohaline Circulation: The Role of Risk Aversion », *Environmental and Resource Economics*, vol. 67, n° 1, 2017, p. 93–125 (ISSN 1573-1502, DOI 10.1007/s10640-015-9978-x, lire en ligne [archive] [PDF]).
24. ↑ Warming of the interior Arctic Ocean linked to sea ice losses at the basin margins [archive]
25. ↑ Warm water under Arctic ice a 'ticking time bomb,' researcher says [archive].
26. ↑ (en) « Technical Summary [archive] » [PDF], sur *IPCC*, 2013 (consulté le 25 juin 2019).
27. ↑ (en) « IPCC AR5 (2013). « Technical Summary- TFE.7 Carbon Cycle Perturbation and Uncertainties » [archive] » [PDF], sur *IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis (Report)*, 2013 (consulté le 25 juin 2019).
28. ↑ (en) Will Steffen, Johan Rockström, Katherine Richardson, Timothy M. Lenton, Carl Folke, Diana Liverman, Colin P. Summerhayes, Anthony D. Barnosky, Sarah E. Cornell, Michel Crucifix, Jonathan F. Donges, Ingo Fetzer, Steven J. Lade, Marten Scheffer, Ricarda Winkelmann et Hans Joachim Schellnhuber, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 33, 14 août 2018, p. 8252–8259 (ISSN 0027-8424 et 1091-6490, PMID 30082409, PMCID PMC6099852, DOI 10.1073/pnas.1810141115, lire en ligne [archive], consulté le 15 février 2021).
29. ↑ Emiliano Rodríguez Mega, « Clouds' cooling effect could vanish in a warmer world », *Nature*, Springer Nature Publishing, 26 février 2019 (DOI 10.1038/d41586-019-00685-x, lire en ligne [archive], consulté le 24 mars 2019) :

« High concentrations of atmospheric carbon dioxide can result in the dispersal of cloud banks that reflect roughly 30% of the sunlight that hits them. »

30. ↑ Archer, « Methane hydrate stability and anthropogenic climate change », *Biogeosciences*, vol. 4, n° 4, 2007, p. 521–544 (DOI 10.5194/bg-4-521-2007, lire en ligne [archive], consulté le 25 mai 2009).
31. ↑ « Study finds hydrate gun hypothesis unlikely [archive] », *Phys.org*, 23 août 2017
32. ↑ (en) « Scoping of the IPCC 5th Assessment Report Cross Cutting Issues (PDF). Thirty-prénom Session of the IPCC Bali, 26–29 October 2009 (Report). Archived from the original (PDF) on 2009-11-09 [archive] », sur *IPCC*, 2009 (consulté le 25 juillet 2019)
33. ↑ ^{a et b} (en) Hansen, Sato, Russell et Kharecha, « Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide », *Philos Trans a Math. Phys. Eng. Sci.*, Royal Society, vol. 371, n° 2001, 2013 (PMID 24043864, PMCID 3785813, DOI 10.1098/rsta.2012.0294, Bibcode 2013RSPTA.37120294H).
34. ↑ Kasting, « Runaway and moist greenhouse atmospheres and the evolution of Earth and Venus », *Icarus*, vol. 74, n° 3, 1988, p. 472–494 (PMID 11538226, DOI 10.1016/0019-1035(88)90116-9, Bibcode 1988Icar...74..472K, lire en ligne [archive]).
35. ↑ (en) Levin, Bodin, Peterson et Rocha, « Cascading regime shifts within and across scales », *Science*, vol. 362, n° 6421, 2018, p. 1379–1383 (ISSN 0036-8075, PMID 30573623, DOI 10.1126/science.aat7850).
36. ↑ ^{a et b} (en) Hans Joachim Schellnhuber, Ricarda Winkelmann, Marten Scheffer et Steven J. Lade, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 33, 2018, p. 8252–8259 (ISSN 0027-8424, PMID 30082409, PMCID 6099852, DOI 10.1073/pnas.1810141115).

37. ↑ T.M. Lenton, V.N. Livina, V. Dakos et E.H. Van Nes, « Early warning of climate tipping points from critical slowing down: comparing methods to improve robustness », *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, vol. 370, n° 1962, 2012, p. 1185–1204 (ISSN 1364-503X, PMID 22291229, PMCID 3261433, DOI 10.1098/rsta.2011.0304).
38. ↑ Williamson, Bathiany et Lenton, « Early warning signals of tipping points in periodically forced systems », *Earth System Dynamics*, vol. 7, n° 2, 2016, p. 313–326 (DOI 10.5194/esd-7-313-2016).
39. ↑ (en) « Temperature rise is 'locked-in' for the coming decades in the Arctic [archive] », sur *UN Environment*, 13 mars 2019 (consulté le 15 juillet 2019)
40. ↑ (en) Schoolmeester T., Gjerdi H.L., Crump J., Alfthan B., Fabres J., Johnsen K., Puikkonen L., Kurvits T. et Baker E., « Global Linkages – A graphic look at the changing Arctic (PDF) (Report) (rev.1 ed.). UN Environment Programme and GRID-Arendal [archive] », sur *wedocs.unep.org*, 11 mars 2019.
41. ↑ « Climate policy implications of nonlinear decline of Arctic land permafrost and other cryosphere elements [archive] », *Nature Communications* (consulté le 10 juillet 2019)
42. ↑ « Climate Could Hit a Tipping Point Sooner Than You Think [archive] », *Sierra Club*, 25 janvier 2019 (consulté le 10 juillet 2019)
43. ↑ « Climate « Tipping Points » Could Add Trillions to the Costs of Warming [archive] », *Scientific American*, 24 avril 2019 (consulté le 10 juillet 2019).
44. ↑ « Clouds and the 'Climate Tipping Point' [archive] », *Watts Up With That?*, 24 mai 2019 (consulté le 10 juillet 2019).
45. ↑ Yasemin Saplakoglu, « The Planet Is Dangerously Close to the Tipping Point for a 'Hothouse Earth' [archive] », *Live Science*, 6 août 2018 (consulté le 10 juillet 2019)
46. ↑ « Climate change tipping point could be coming sooner than we think: study [archive] », *Phys.org*, 23 janvier 2019 (consulté le 10 juillet 2019)
47. ↑ (en) « Earth 'just decades away from global warming tipping point which threatens future of humanity' [archive] », *ITV News* (consulté le 25 février 2019).
48. ↑ S.C. Sherwood et M. Huber, « An adaptability limit to climate change due to heat stress », *PNAS*, vol. 107, n° 21, 2010, p. 9552–9555 (PMID 20439769, PMCID 2906879, DOI 10.1073/pnas.0913352107, Bibcode 2010PNAS..107.9552S).
49. ↑ Jennifer Szalai, « In 'The Uninhabitable Earth,' Apocalypse Is Now », *The New York Times*, 6 mars 2019 (lire en ligne [archive]).

Voir aussi [modifier | modifier le code]

Bibliographie [modifier | modifier le code]

- Valérie Masson-Delmotte et Paul Leadley, « 4. Climat, écosystèmes : instabilités rapides et irréversibilité », dans Agathe Euzen, Laurence Eymard, Françoise Gaill (dir.), *Le développement durable à découvert*, CNRS Éditions, 2013 (ISBN 9782271119131, DOI 10.4000/books.editions-cnrs.10603), p. 60-61.
- (en) Marie-Hélène Fries, « Explicit and implicit ethical issues in the reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change: the example of the « tipping points » metaphor », *ASp*, n° 76, 2019, p. 9-27 (DOI 10.4000/asp.5945).
- (en) David I. Armstrong McKay, Arie Staal, Jesse F. Abrams, Ricarda Winkelmann, Boris Sakschewski et al., « Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points », *Science*, vol. 377, n° 6611, 9 septembre 2022 (DOI 10.1126/science.abn7950).

Articles connexes [modifier | modifier le code]

- **Rétroaction climatique**

- [Sensibilité climatique](#)
- [Limites planétaires](#)
- [Géoingénierie](#)
- [Risques d'effondrements environnementaux et sociétaux](#)

Liens externes

[\[modifier \]](#) [\[modifier le code \]](#)

- « [Climat : quand tout bascule](#) » [\[archive\]](#), *La Méthode scientifique*, France Culture, 17 novembre 2021.



Portail du climat



Portail du changement climatique

Catégories : [Climatologie](#) | [Physique du changement climatique](#) | [Effet de serre](#) [\[+\]](#)

La dernière modification de cette page a été faite le 28 septembre 2025 à 17:25.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous [licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions](#) ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les [conditions d'utilisation](#) pour plus de détails, ainsi que les [crédits graphiques](#). En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez [comment citer les auteurs et mentionner la licence](#).

Wikipedia® est une marque déposée de la [Wikimedia Foundation, Inc.](#), organisation de bienfaisance régie par le paragraphe [501\(c\)\(3\)](#) du code fiscal des États-Unis.

[Politique de confidentialité](#) [À propos de Wikipédia](#) [Avertissements](#) [Contact](#) [Contacts juridiques & sécurité](#) [Code de conduite](#)

[Développeurs](#) [Statistiques](#) [Déclaration sur les témoins \(cookies\)](#) [Version mobile](#)

