

RENCONTRE VALÉRIE MASSON-DELMOTTE* :

La menace d'un dérapage hors de contrôle du climat est plus grande que jamais



Les nouvelles du climat sont extrêmement mauvaises. Spécialiste des climats du passé, Valérie Masson-Delmotte fait partie des scientifiques qui alertent sur l'ampleur du péril, car il paraît évident que le grand public, les médias dominants et les décideurs n'ont toujours pas compris ce qui se trame au sein du système Terre.

Avec le climatologue de la Nasa James E. Hansen et huit autres coauteurs, Valérie Masson-Delmotte vient de publier un article qui tire la sonnette d'alarme beaucoup plus vigoureusement que ne le fait le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) dans son rapport publié en 2007¹. En cause principalement, le fait que la sensibilité climatique est bien plus grande que ce qu'on a longtemps pensé.

LaRevueDurable : Pouvez-vous expliquer ce qu'est la sensibilité climatique ?

Valérie Masson-Delmotte : C'est la façon dont le climat répond à un surcroît d'émissions de gaz à effet de serre. Lorsqu'on évalue cette réponse, il est usuel de la ramener à une hausse de la température moyenne de la planète, à un nombre de degrés par watt par mètre carré de déséquilibre radiatif.

LRD : Qu'est-ce que l'équilibre radiatif ?

VMD : C'est l'état qui est atteint lorsque l'énergie solaire qui entre dans le système Terre équivaut à l'énergie contenue dans le rayonnement qui en sort. En piégeant ce rayonnement sortant, les gaz à effet de serre que l'activité humaine envoie dans l'atmosphère rompent cet équilibre. L'énergie qui entre dans le système devient plus grande que celle qui en sort. On parle alors de déséquilibre radiatif. Le résultat est une accumulation de chaleur sur terre. Le système réagit à cette perturbation en s'ajustant lentement, jusqu'à ce qu'il trouve un nouvel équilibre. Une implication majeure de ce fonctionnement est que le changement climatique en cours est dû aux émissions de gaz à effet de serre qui ont déjà eu lieu. Il est donc inéluctable et va se poursuivre pendant des siècles, voire des millénaires.

* Valérie Masson-Delmotte est paléoclimatologue au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), au Commissariat à l'énergie atomique (CEA), à Gif-sur-Yvette, en France.

LRD : Autrement dit, la réponse n'est pas immédiate, elle s'étend sur une certaine durée.

VMD : Exactement. Sur tout le dioxyde de carbone (CO₂) qui part aujourd'hui dans l'atmosphère, environ 30 % s'y trouveront encore dans plusieurs millénaires. Dès lors, la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise durant les quinze à vingt prochaines années définira la trajectoire de la Terre au XXI^e siècle et sur plusieurs siècles. La période qui s'ouvre décidera du sort de l'humanité à venir.

Tenir compte des processus lents

LRD : Et pourquoi, selon vous, faut-il revoir la sensibilité climatique à la hausse ?

VMD : Pour calculer l'évolution de la température planétaire due à l'ajout d'une quantité donnée de gaz à effet de serre, on se fixe une échéance, en général à cent ans. On prend un modèle de climat, on lui impose une perturbation radiative, c'est-à-dire tant de gaz à effet de serre en plus et on regarde la hausse de la température obtenue après un siècle. Or, les modèles de climat se sont longtemps limités à ne tenir compte que des rétroactions dites rapides, ces processus réactifs qui impliquent les nuages, les aérosols, les glaces de mer, la vapeur d'eau, etc. Et à ne pas tenir compte des rétroactions plus lentes – et plus complexes – qui ont lieu en même temps.

LRD : Plus lentes ?

VMD : Plus lentes, cela veut dire qu'il leur faut plus de temps pour aller jusqu'à leur terme : après un siècle, l'océan n'est toujours pas à l'équilibre, la cryosphère, c'est-à-dire l'ensemble des glaces à la surface de la Terre, n'a pas complètement réagi. Aussi, avec neuf collègues, dont James E. Hansen, plutôt que de nous projeter à cent ans, nous nous sommes projetés à l'équilibre du système, une fois que toutes les rétroactions, y compris les lentes, ont apporté leur contribution complète.

LRD : Quelles sont ces rétroactions lentes ?

VMD : Elles sont essentiellement de deux types. Les unes sont liées aux cycles du carbone, au rôle des sols, de la végétation et des océans qui absorbent une partie très importante du CO₂ qui est émis. Il s'agit là de processus clefs comme l'évolution de la couverture végétale sur les continents, la dissolution du CO₂ dans l'océan et la sédimentation. Les autres rétroactions sont liées à la cryosphère, en particulier aux glaces de mer et aux calottes polaires (Antarctique et Groenland).

LRD : Pourquoi n'a-t-on pas pris l'habitude de tenir compte de ces phénomènes lents ?

VMD : Les modèles de climat qui les incluent, plus complexes, ne sont pas encore standards. Seuls quelques-uns intègrent le système Terre, dans lequel le vivant interagit avec le climat. ►►►

Chercheuse, mère de famille et élue locale

Paléoclimatologue au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), au sud de Paris, Valérie Masson-Delmotte cherche à comprendre pourquoi et comment le climat a varié au cours du temps. Son travail consiste à reconstituer son histoire et à le décrire. Son champ d'investigation couvre l'époque de l'apparition de l'espèce humaine et son expansion sur tous les continents.

Valérie Masson-Delmotte étudie les changements climatiques abrupts de la dernière période glaciaire et les cycles climatiques, ces passages entre périodes glaciaires et chaudes au cours des derniers 800 000 ans. Elle s'intéresse aussi aux petites variations des derniers siècles en utilisant les glaces et les cernes des arbres. Son échelle de temps, c'est celle de l'humanité.

« Le présent m'intéresse parce qu'il est passionnant pour un climatologue de vivre un grand changement climatique. On apprend énormément en suivant simplement le climat en temps réel », dit-elle, un brin provocatrice. Quant à l'avenir, la jeune femme utilise les données du passé pour tester les modèles de climat futur. Ces modèles, ces codes informatiques, sont les seuls outils pour le climat à venir. « Nous sommes en permanence en train de questionner ce qu'on comprend du climat du passé ou du présent pour estimer correctement le péril. »

Valérie Masson-Delmotte est aussi maman de deux petites filles, Marine et Montaine, qui ont sept et dix ans. « Le climat du XXI^e siècle, c'est le climat de leur vie. Ce n'est pas de la science-fiction, relève-t-elle. On peut aborder le climat futur comme un exercice de style, quelque chose d'abstrait ou, au contraire, comme cela est mon cas avec mes deux filles, de très concret. »

Chercheuse, mère de famille, Valérie Masson-Delmotte est aussi élue locale, à Villejust, commune de 2000 habitants de l'Essonne. « Au sein du conseil municipal, j'essaie de faire de petites choses. J'écris aussi des livres, y compris pour enfants. Si je veux pouvoir dormir tranquille, il me faut partager ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas. Je pourrai alors leur dire : sachant ce que je savais, j'ai fait ce que j'ai pu dans la mesure de mes moyens pour essayer d'infléchir la trajectoire. »

LRD

LRD : Au bilan, c'est donc parce que vous tenez compte de ces rétroactions lentes que vous mesurez une sensibilité climatique accrue ?

VMD : Oui : la plupart des modèles qui intègrent le cycle du carbone révèle une baisse de la capacité des sols, de la végétation et des océans à absorber le CO₂ dans un climat plus chaud. On parle d'une baisse d'efficacité des puits de carbone. Aujourd'hui, les sols,

la végétation et les océans digèrent environ la moitié des émissions, l'autre moitié reste dans l'atmosphère, où elle chauffe la planète. A l'avenir, une fraction plus grande des rejets de CO₂ s'accumulera dans l'atmosphère. Cette évolution amène à revoir à la hausse la sensibilité – et la menace – climatique de façon significative : pour un scénario de +3° C de réchauffement sur la base des seules rétroactions rapides, cela peut signifier une augmentation de 1,5° C en plus.

LRD : Ce qui est considérable.

VMD : + 4,5° C en cent ans, c'est colossal. C'est d'ailleurs une grande difficulté que nous, climatologues, rencontrons pour nous faire comprendre : il faut des repères sur l'histoire du climat pour pouvoir mettre un tel chiffre en perspective, pour arriver à saisir à quel point il est élevé. Il y a une éducation fondamentale à faire sur les ordres de grandeur.

LRD : La prise de position de James E. Hansen au Congrès des Etats-Unis le 23 juillet 2008² repose sur cette hausse de la sensibilité climatique que vous venez d'expliquer. En clair, cela signifie que les conclusions du Giec, dans son rapport de 2007, sont obsolètes : elles ne rendent pas compte du péril tel qu'on peut l'estimer aujourd'hui.

VMD : Le Giec ne peut se fonder que sur les articles publiés dans la littérature. Son rapport de 2007 fait le point sur les connaissances et les consensus acquis jusqu'en 2005. Quelques simulations avec le cycle du carbone y figurent, et font revoir la sensibilité à la hausse, mais avec une incertitude large.

Mauvaises nouvelles

LRD : Depuis la parution de ce rapport, en 2007, on apprend tous les jours de très mauvaises nouvelles sur le climat. Le 13 mars 2009, Katherine Richardson, coorganisatrice d'une réunion de quelque 2000 spécialistes du climat à Copenhague, a déclaré : « [Ce] congrès avait pour but de rassembler les derniers et meilleurs éléments de la science du climat pour les rendre accessibles au public et aux décideurs. Il en ressort que nous sommes sur la pire trajectoire que le Giec a identifiée. Le panorama est parfois encore plus lugubre. » Etes-vous d'accord avec cette affirmation pessimiste ?

VMD : Sur le fond, je suis d'accord et je suis très pessimiste. Je peux le dire clairement : je ne vois rien dans l'évolution du climat qui me rende optimiste.

LRD : Passons en revue ces mauvaises nouvelles. Il est maintenant clair qu'au pôle Nord, la banquise fond beaucoup plus vite que prévu : les modèles prévoyaient une fonte totale l'été à partir de 2070. Certains climatologues entrevoient désormais sa fonte totale dès l'été 2013.





VMD : Les dernières années sont sidérantes pour tout le monde. Le record atteint en 2005 puis en 2007, puis la faible récupération en 2008 montrent une fine glace de mer (la banquise, c'est de l'eau de mer gelée) très réactive à la météorologie de l'été. Ce phénomène laisse penser qu'on n'est pas très loin d'un point de bascule.

LRD : Qu'est-ce qu'un point de bascule ?

VMD : C'est un seuil au-delà duquel une spirale désastreuse de changements climatiques irréversibles échappera au contrôle de l'humanité.

LRD : La fonte de la banquise, est-ce un processus lent ou rapide ?

VMD : Pour nous, c'est un processus rapide. Les données récentes montrent qu'il est peut-être même encore plus rapide qu'on ne le pensait.

LRD : Le permafrost est-il en train de larguer du méthane (CH₄), très puissant gaz à effet de serre, plus rapidement que prévu ?

VMD : On n'observe pas pour l'instant la marque de quelque chose d'exceptionnel sur le CH₄ : pas d'augmentation surprenante de sa concentration. Des études de terrain suggèrent que des zones marginales de l'Arctique émettent de grandes quantités de méthane. Mais on manque de recul pour savoir si cela est nouveau ou quelque chose qu'on détecte mieux parce que la banquise disparaît.

LRD : En revanche, il est désormais admis qu'en Amazonie, les arbres sont de plus en plus vulnérables aux sécheresses³.

VMD : Oui, et cela est très inquiétant. L'Amazonie est une zone critique, car c'est un très précieux puits de carbone au niveau mondial : inclure dans les modèles de climat la vulnérabilité de la forêt amazonienne à la sécheresse due au réchauffement climatique fait revoir le péril nettement à la hausse.

LRD : L'acidification des océans est également extrêmement inquiétante⁴.

VMD : D'autant plus que ses conséquences sont très mal connues, aussi bien pour les coraux que pour les écosystèmes marins. On est certain que cette acidification s'accroîtra, mais la manière dont elle affectera les systèmes marins reste une inconnue majeure. Les écosystèmes d'aujourd'hui ont plutôt eu l'habitude de résister dans un monde pauvre en CO₂, le monde glaciaire. Une partie des écosystèmes marins proviennent de périodes, à l'échelle de dizaines de millions d'années, durant lesquelles les océans étaient plus acides. Mais durant la plupart des derniers millions d'années, on avait des états glaciaires prolongés. De plus, il est difficile de savoir comment le puits de carbone marin réagira à un pH plus bas.

Le climat futur, c'est celui de mes filles

LRD : Quels sont les autres signes majeurs qu'un réchauffement grave est en cours ?

VMD : Depuis peu – cela est complètement nouveau –, on détecte un réchauffement de l'Antarctique de l'Ouest. Les bilans de masse de glace du Groenland et de l'Antarctique sont également revus à la baisse, ce qui signifie que leur fonte contribue à la montée du niveau des mers de manière plus importante que prévu. Tout cela suggère que les calottes polaires pourraient réagir beaucoup plus vite que ce qu'on pensait il y a encore dix ans. Sur ce point, le rapport du Giec 2007 fait bien état de l'importante dilatation thermique des océans et de la fonte des calottes polaires. L'augmentation du niveau des océans a cependant changé de structure depuis quelques années et les glaciers de montagne, les glaces du Groenland et de l'Antarctique dominent désormais de manière très forte dans la montée du niveau des mers.

LRD : Dans son rapport de 2007, le Giec prévoit une hausse du niveau des mers de 18 cm à 59 cm. Faut-il revoir cette prévision à la hausse ?

VMD : Oui, car le rapport du Giec a intégré des estimations de la contribution de la dilatation thermique des océans et de la fonte des glaciers, mais pas de celle des calottes polaires, dont il reste extrêmement difficile d'évaluer l'écoulement rapide. Les dernières mesures conduites en Antarctique et au Groenland suggèrent que cette contribution pourrait être majeure. Au bilan, les quelques études quantitatives publiées font état d'une hausse probable de l'ordre de 80 cm et, dans le pire scénario, de 2 mètres d'ici la fin du siècle. De nombreux travaux sont nécessaires pour coupler les modèles de climat à ceux d'écoulement de la glace et les valider. Dans cette optique, nous cherchons à caractériser finement le climat de la dernière période interglaciaire, il y a 125 000 à 130 000 ans, marquée par un réchauffement de l'Arctique d'environ 5° C et une hausse de 4 à 6 mètres du niveau des mers. Les informations tirées des carottes de glace du forage Neem⁵ seront fondamentales pour tester notre capacité à modéliser correctement l'ampleur et la vitesse de réaction du climat et du Groenland.

Moratoire sur le charbon

LRD : A partir de cette réévaluation à la hausse de la sensibilité climatique, vous demandez un moratoire sur l'utilisation du charbon. Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

VMD : Tout le monde veut éviter un changement climatique dangereux, qui s'amplifiera et échappera à tout contrôle. Ce qui est dangereux, notamment, c'est une forte montée du niveau des mers, l'assèchement de régions clefs telles que les régions semi-arides avec une chute des rendements agricoles à la clef ou l'acidification des océans aux conséquences inconnues. Avec James E. Hansen, nous avons cherché à déterminer une cible pour ►►►

éviter ces dangers en termes de quantité totale de CO₂ admissible dans l'atmosphère. La sensibilité climatique accrue conduit à revoir cette quantité à la baisse. Même le niveau actuel de 385 parties par million (ppm) de CO₂ posera des problèmes s'il est maintenu pendant des siècles. Une telle concentration pourrait avoir des effets dommageables à l'échelle des prochains siècles.

LRD : En termes d'objectifs, il ne faut pas dépasser les 350 ppm de CO₂.

VMD : Oui. Il faut donc faire tout ce qu'on peut pour limiter le plus possible les émissions de gaz à effet de serre. Sur l'énergie, les chiffres sont sans ambiguïté : si l'on veut émettre le moins possible de gaz à effet de serre, il faut absolument éviter le charbon, qui contient le plus de carbone par unité d'énergie. De plus, une centrale électrique à charbon, c'est une infrastructure lourde.

Lorsqu'on en construit une, ce n'est pas pour l'arrêter après cinq ans.

Même si de nouvelles technologies arrivent pour séquestrer le carbone, elles ne seront pas disponibles sur les sites déjà en place. Une centrale à charbon est opérationnelle trente à quarante ans. En intégrale, c'est catastrophique.

LRD : En fait, il faudrait peu à peu fermer toutes les centrales à charbon d'ici vingt ans.

VMD : Les vingt prochaines années sont absolument critiques. Les pays développés n'ont pas réussi à infléchir leurs émissions. Et il y a la pression énorme des pays en développement qui ont besoin d'énergie.

LRD : Vous évoquez aussi la nécessité d'adopter d'autres pratiques agricoles et forestières.

VMD : Il faut éviter la déforestation et enfouir du carbone dans les sols. Les sols qui stockent le mieux le carbone sont ceux des forêts primaires. Il faut donc les garder en priorité intactes.

LRD : Ce qu'on ne fait justement pas.

VMD : Il faut se mettre à le faire. En agriculture, il existe des méthodes qui stockent de manière durable du carbone dans les sols. A grande échelle, ces méthodes pourraient être bien plus efficaces que l'utopie de séquestrer du CO₂ près des grosses centrales électriques.

LRD : Vous êtes maman de deux petites filles. Qu'est-ce qui maintient chez vous l'espoir que l'humanité se révélera à la hauteur du défi climatique alors que, pour l'instant, elle est en train d'échouer ?

VMD : Je sens une prise de conscience énorme en Europe et au sein de la nouvelle administration états-unienne. Le Gou-

vernement chinois manifeste lui aussi une prise de conscience. J'ai l'espoir que cette lame de fond se traduise en actes, que les gens acceptent de renoncer à une partie du confort et de la facilité que permettent les énergies fossiles en misant sur l'avenir. J'ai cependant très peur qu'il y ait un décalage, d'une vingtaine d'années, entre cette prise de conscience et l'action. Or, c'est maintenant qu'il faut réagir.

Qu'attendre du Giec ?

LRD : Un acteur majeur de ce débat, c'est le Giec. A quel titre en faites-vous partie ?

VMD : J'ai été l'un des auteurs du chapitre sur les climats du passé dans son rapport de 2007. C'était la première fois que ce rapport incluait un tel chapitre, qui montre qu'on sait décrire l'histoire du climat qui a façonné les écosystèmes et les sociétés et qu'on comprend les processus en jeu. Cela est essentiel pour situer le péril climatique futur.

LRD : Vous étiez à Hawaï, en mars 2009, où 140 scientifiques du Giec se sont réunis. Quel était le but de cette réunion ?

VMD : Il était d'établir un bilan de ce qui est nouveau depuis la rédaction du rapport de 2007 et de nourrir la réflexion des porteurs du nouveau rapport, en particulier celle de Thomas Stocker⁶, qui préside le Groupe 1. La prochaine réunion aura lieu en Italie en juillet. Il s'agira de définir la structure du rapport à venir, sa philosophie, ses têtes de chapitre.

LRD : Qu'attendez-vous de ce rapport ?

VMD : Le Giec est un organe de synthèse, qui est par principe prudent : il dresse la liste des incertitudes, nuance les conclusions. Aujourd'hui, certains modèles de climat continuent de montrer une sensibilité climatique faible. Je pense pourtant qu'une évaluation rigoureuse des modèles de climat permet d'exclure cette possibilité, en particulier s'ils représentent correctement les changements climatiques passés. Dès lors, il est selon moi fondamental que ce rapport ne se limite pas à pronostiquer un réchauffement de tant de degrés pour un scénario donné, mais donne les indices de confiance pour des réponses faible et forte. Un peu comme quand on donne la météo : on dit que d'ici dix jours, il y a une probabilité de 50 % que le temps se maintienne sous forme de passage dépressionnaire, par exemple, et de 10 % qu'il s'améliore.

Qu'attendre de Copenhague ?

LRD : En attendant, à Copenhague, fin 2009, délégations et dirigeants du monde négocieront un protocole d'accord de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur la base du

*Les vingt
prochaines
années seront
décisives*





CO₂, CH₄ et autres gaz à effet de serre

LRD : Comment relier une concentration en CO₂ à une température ?

VMD : Pour mesurer dans le passé les concentrations des gaz à effet de serre, on possède un dispositif exceptionnel qui est la préservation de bulles d'air dans les glaces de l'Antarctique. Cet air ancien permet de connaître de façon très précise l'histoire des concentrations des deux principaux gaz à effet de serre, le CO₂ et le méthane (CH₄). Ces glaces informent aussi sur les variations passées de la température polaire. On a donc des informations très précises sur 800 000 ans, qui permettent d'établir un parallèle frappant entre des concentrations de gaz et des températures. Sur les périodes plus anciennes, on n'a plus de mesure directe du CO₂. Les informations sont plus diffuses, plus discontinues, et l'incertitude explose. Mais la plupart des périodes chaudes sont associées à plus de CO₂ dans l'atmosphère et la plupart des périodes froides sont associées à moins de CO₂ dans l'atmosphère. Il y a donc toujours ce lien entre plus d'effet de serre et un climat plus chaud.

LRD : A-t-on désormais, dans l'étude du passé et les modèles du climat futur, une vision exhaustive du comportement de l'ensemble des gaz à effet de serre ?

VMD : Enormément d'études ont lieu pour tenter de caractériser l'oxyde nitreux (NO_x) dans le passé, comprendre ses sources et ses puits. Beaucoup de travaux portent également sur la durée de vie des gaz, c'est-à-dire la durée de leur effet dans l'atmosphère. Leur effet radiatif est relativement bien connu. En revanche, il reste beaucoup à faire sur leur durée de vie.

rapport du Giec de 2007 et non sur des données et des analyses récentes que vous venez de décrire.

VMD : Enormément de scientifiques qui participent aux travaux du Giec sont convaincus que les 2° C d'augmentation que l'Union européenne s'est donnée comme seuil au-delà duquel le climat sera dangereux n'est pas la bonne mesure. La bonne mesure, c'est une quantité totale de CO₂ admissible qui, quand on tient compte des rétroactions du cycle du carbone, doit être revue à la baisse.

LRD : Mais c'est très mal parti : les 20 % d'engagement européen ne sont pas à la hauteur du défi alors qu'on est déjà bien au-dessus des 350 ppm. Compte tenu de l'inertie du système que vous venez d'expliquer, c'est au minimum -40 % qu'il faudrait.

VMD : Dans le meilleur des cas, on restera en dessous de 450 ppm de CO₂. Ce serait déjà très bien d'y arriver, car ce sera très difficile. Mon opinion est qu'il faut des quotas d'émissions exigeants, que l'Europe n'a pas su donner, aux industriels. Il faut aussi toucher à

l'aérien. Ne rien faire dans ce domaine anéantira tous les efforts consentis dans les autres secteurs. Et il faut très vite arriver à des objectifs chiffrés pour tous les pays, y compris les Etats-Unis, la Chine et l'Inde. Sinon, on n'y arrivera pas.

LRD : Au sein du Giec, les Chinois partagent-ils votre opinion ?

VMD : Nos collègues chinois – deux sont en visite en ce moment dans notre laboratoire – estiment la Chine très vulnérable, en particulier à cause des sécheresses. Mais ils pensent aussi qu'ils partent d'un niveau de vie très bas et qu'ils n'ont pas le choix : leurs émissions doivent augmenter. Plusieurs collègues chinois m'ont aussi dit que le film d'Al Gore a fait un flop, car le public chinois n'a pas assez de connaissances pour le recevoir. Il faut un minimum d'éducation pour saisir la complexité du problème, en prendre la mesure et savoir comment y répondre.

LRD : Ce film parvient pourtant très bien à faire palper la gravité du changement climatique.

VMD : Oui, et il est essentiel que chacun comprenne ce qu'il implique. Pour cela, il faut trouver des illustrations percutantes. Récemment, un article est paru dans *Pnas* sur la menace climatique⁷. C'est un travail intéressant pour parvenir à une seule figure qui montre les effets du réchauffement sur le cycle de l'eau. Sur leur carte, par exemple, on voit 12 % de pluie en moins en zone méditerranéenne par degré de réchauffement planétaire. Une baisse de cet ordre de grandeur dans une zone aussi fragile, cela est très important et touchera beaucoup les gens. Il est crucial de visualiser les effets du changement climatique au-delà d'une simple élévation de la température. ■

1) James E. Hansen et coll. Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim?, *Open Atmos. Sci. J.*, vol. 2, pp. 217-231, 2008.

2) James E. Hansen. Le réchauffement climatique vingt ans plus tard : au bord du point de bascule, *LaRevueDurable* n° 31, octobre-novembre 2008, pp. 22-25.

3) Oliver L. Phillips et coll. Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest, *Science* Vol. 323, n° 5919, pp. 1344-1347, 6 March 2009.

4) Zeebe RE, Zachos J, Caldeira K, Tyrrell T. Oceans: Carbon Emissions and Acidification. *Science* Vol. 321, n° 5885, pp. 51-52, 4 July 2008.

5) <http://neem.ku.dk>

6) Thomas Stocker. Le réchauffement climatique est un fait au même titre que les lois de Newton, *LaRevueDurable* n° 23, décembre 2006-janvier-février 2007, pp. 9-13.

7) Susan Solomon et coll. Irreversible Climate Change Due to Carbon Dioxide Emissions, *Proc Natl Acad Sci USA.*, 106(6), pp. 1704-9, 2009.

BIBLIOGRAPHIE

BÉRÉNGÈRE DUBRULLE ET VALÉRIE MASSON-DELMOTTE.

Le climat, De nos ancêtres à vos enfants, Le Pommier, Paris, 2005 (pour enfants à partir de 8 ans).

VALÉRIE MASSON-DELMOTTE ET GÉRARD JUGIE.

Les expéditions polaires, Le Pommier, Paris, 2007 (pour enfants à partir de 8 ans).

DIDIER HAUGLUSTAIN, JEAN JOUZEL ET VALÉRIE MASSON-DELMOTTE. *Atmosphère, atmosphère, le climat révélé par les glaces*, Le Pommier, Paris, 2008 (beau livre tout public).