Les Savanturiers

n° 4

En mission avec les scientifiques du CEA

Sommaire :

Comprendre
Le cycle du carbone
Pages 2-3

De la station au labo
Prélèvements et modélisation
Pages 4-5

Interviews
3 chercheurs racontent
Pages 6-7

Jeu
Mission en terres australes
Page 8

Édito :

L'accumulation récente des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, notamment le dioxyde de carbone et le méthane, est directement imputable aux activités humaines. La Nature aidant, la moitié du CO_2 que nous émettons est piégée par les forêts et les océans. Qu'en sera-t-il demain ? Les climatologues du monde entier s'associent pour tenter de comprendre et d'expliquer les changements en cours, d'en prévoir les conséquences à plus ou moins long terme. Nous sommes également acteurs et, aux côtés des responsables politiques, nous devons prendre part aux actions à mener pour influer sur le réchauffement climatique.

Nom de code : CO_2

Comment mesurer les gaz à effet de serre ? Comment les suivre ? Quels sont les processus naturels de ce cycle ? Quels sont les liens avec les activités humaines ? Pour le savoir, les chercheurs construisent des modèles numériques, partent aux quatre coins du globe installer des stations de mesures, équipent avions et bateaux pour traquer leurs plus infimes traces…

Les chercheurs installent des appareils de prélèvement en continu, comme ici en Guyane ou au Groenland.

© D.R.

© C.Morel/Our Polar Heritage

Comprendre : Qu'est-ce que le cycle du carbone ?

Les sources

Le cycle du carbone, principalement le dioxyde de carbone (CO_2) est un élément clé du système climatique. Atmosphère, **lithosphère**, océans, sols, végétaux, animaux… contiennent et échangent du carbone via des processus naturels comme la respiration, la photosynthèse ou lors de leur décomposition.
Il a fallu des dizaines de millions d'années à la Nature pour fabriquer les combustibles fossiles : charbon, gaz et pétrole. Depuis le début de l'ère industrielle (1750), l'Homme exploite massivement ces combustibles comme source d'énergie et rejette d'importantes quantités de carbone dans l'atmosphère, sur des échelles de temps très courtes, perturbant le cycle naturel. La déforestation contribue également à cette perturbation en tant que seconde source **anthropique** de carbone. Quelques heures suffisent pour détruire des réserves de carbone constituées durant des siècles !

L'effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel et vital. Environ 50 % de l'énergie lumineuse du Soleil parvient sur la surface terrestre, qui en réémet une partie sous forme de rayonnement infrarouge.
Les gaz à effet de serre (GES) présents dans l'atmosphère piègent alors une bonne part de ces rayons. Grâce à ce phénomène, la température moyenne à la surface de la Terre est d'environ 15 °C, et non de –18 °C.
La concentration du CO_2 ne représente que 0,04 % de la composition globale de l'atmosphère mais est en constante augmentation. Elle se mesure en ppm (parties par million) : sur 1 million de molécules d'air, environ 400 sont du CO_2. Autant chercher une aiguille dans une botte de foin ! Il est donc nécessaire de disposer d'instruments très fiables et très précis pour suivre l'évolution de ces concentrations.

Déforestation **Toutes les 4 secondes, c'est l'équivalent d'un terrain de foot qui part en fumée. Chaque année, 80 000 km² de forêt disparaîssent dans le Monde, soit une superficie égale à l'Autriche. Les grandes forêts tropicales (Indonésie, Congo, Amazonie) sont les plus touchées.**

© Kilia.

Lexique :

Anthropique : Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'homme.
Aragonite : Forme de calcaire. Elle constitue l'enveloppe des mollusques planctoniques comme les ptéropodes.
Foraminifère : Ce sont des organismes vivant dans les eaux salées, entourés d'une capsule calcaire. Leur taille varie généralement de 38 µm à 1 mm.
Lithosphère : Correspond à la croûte et le manteau supérieur de la Terre.

Les puits de carbone

Les puits

L'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre (CO_2 et CH_4 (méthane)) contribue au réchauffement climatique. Seule environ la moitié des émissions de CO_2 subsiste dans l'atmosphère, ce qui démontre l'existence de puits de carbone : océans et forêts, qui absorbent et stockent l'autre moitié.

Le rôle des océans

Le puits de carbone océanique contribue actuellement pour moitié aux puits de carbone global. Le CO_2 se dissout naturellement dans l'eau de mer, en particulier dans les eaux froides et salées (polaires). Il est aussi assimilé et synthétisé par les micro-organismes tels que le phytoplancton et les **foraminifères**. Il se retrouve ensuite au fond des mers lorsque ces organismes meurent. Sous des conditions particulières de température et de pression, ils peuvent se transformer en combustibles fossiles : gaz, pétrole ou charbon, après des millions d'années.
L'augmentation du CO_2 absorbé entraîne l'acidification des océans, principalement dans les eaux de surface. Une intensification du phénomène est probable, en intensité et en profondeur. D'ici 2100, les océans pourraient devenir corrosifs pour certains organismes. Ainsi l'**aragonite** deviendrait soluble, entraînant la disparition d'espèces comme les ptéropodes. Comme ceux-ci sont un élément-clé de la chaîne alimentaire, les baleines, morues et autres saumons seront aussi impactés. Les coraux tropicaux sont en danger, et avec eux toute la biodiversité des mers du Sud. Dans les eaux froides, les 2/3 des récifs sont menacés.

Le rôle des forêts

Les forêts sont des stocks éphémères de carbone. La végétation, les sols et la faune respirent, se décomposent, brûlent, agissant donc comme source potentielle de CO_2. Les forêts sont aussi des puits de carbone. En effet, les plantes se développent par photosynthèse : sous l'effet de la lumière, la chlorophyle assimile de l'eau, des sels minéraux et du CO_2 atmosphérique.

Cet équilibre entre source et puits varie en fonction des saisons : en automne et en hiver, les feuilles tombent, donc limitent l'effet de la photosynthèse, et la concentration atmosphérique augmente. Au printemps et en été, c'est la période de croissance, le CO_2 diminue.
Bilan, la biomasse absorbe plus de CO_2 qu'elle n'en produit, mais jusqu'à quand ?

En savoir +

- **A lire « Clefs CEA » n° 57**
- **Découvrez « Atmosphère : quel effet de serre ! » - Valérie Masson-Delmotte et Marc Delmotte - Collection Les minipommes n° 32 - Editions du Pommier**
- **Retrouvez les animations « Le cycle du carbone », « L'effet de serre » et l'expérience « Comprendre l'effet de serre » sur http://www.cea.fr/jeunes/themes/climat-environnement**

De la station au laboratoire

Le suivi des variations de gaz à effet de serre, en particulier du CO_2 et du méthane, repose sur un réseau international de mesures atmosphériques.

Atmosphère, atmosphère...

© M.Delmotte

Une station : Ivittuut

La mission initiale s'est déroulée durant 2 mois d'été en 2007, à Ivittuut, sur la côte ouest du Groenland. L'objectif scientifique était l'installation de deux instruments automatiques de mesure en continu ; l'un pour le CO_2 et l'autre pour l'oxygène atmosphérique. Ces mesures permettront de mieux comprendre les bilans de carbone dans l'Atlantique nord et le rôle de cet océan dans le cycle global du carbone.

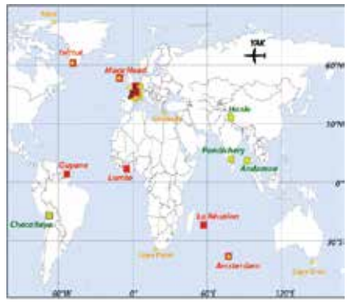
Ce travail s'est inscrit dans le projet européen CarboOcean (2007-2011).

Au cours de la mission, les scientifiques ont déployé et installé 3,5 tonnes de matériel sur le site et ont mis en place et testé les instruments qui fonctionnent toujours depuis lors.

Les mesures de CO_2 et CH_4 sont disponibles sur https://icos-atc-demo.lsce.ipsl.fr/ivittuut-data

Les réseaux s'organisent

Côté français, le laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (**LSCE**) maintient et développe le réseau national **RAMCES**. Ses chercheurs ont conçu une station de mesure intégrée de référence qui pourrait être déployée au sein du réseau européen **ICOS**. Celui-ci regroupera, à terme, une cinquantaine de stations de mesure uniformisées réparties dans 17 pays partenaires. L'observation systématique des gaz à effet de serre (GES) repose sur le suivi atmosphérique, le suivi des écosystèmes et les mesures marines.
Un accord de collaboration vient d'être signé avec la **NOAA** aux Etats-Unis pour harmoniser et partager les mesures atmosphériques.



Carte du réseau mondial des stations maintenues par les chercheurs français.

En savoir +

- **Marc Delmotte présente « La chimie de l'atmosphère » http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/videos/metiers/la-chimie-de-l-atmosphere**

Lexique :

ICOS : Integrated Carbon Observation System.
LSCE : Unité mixte CEA-CNRS-Université Versailles-Saint-Quentin. Il fait partie de l'Institut Pierre-Simon Laplace.
NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration.
RAMCES : Réseau Atmosphérique de Mesure des Composés à Effet de Serre.

Récupération et analyse des données

1 Au LSCE

© S.Renard/CEA

L'ensemble des flacons de prélèvement, qu'ils proviennent des sites du réseau de suivi, de campagne de mesure en bateau, aéroportée ou au sol, arrivent au laboratoire. Plus de 2 000 échantillons sont ainsi analysés chaque année ! Grâce aux techniques mises en jeu comme la chromatographie en phase gazeuse ou la spectrométrie de masse, on peut suivre l'évolution à court terme (variations saisonnières) et à long terme (variabilité interannuelle, tendances) des concentrations en GES et de la composition isotopique du CO_2.

Ces résultats sont ensuite interprétés en collaboration avec les modélisateurs, en lien avec la circulation des masses d'air au niveau régional.

2 Flacons de prélèvement

© S.Renard/CEA

3 Chromatographie

© S.Renard/CEA

4 Test analyseur

© S.Renard/CEA

5 Recyclage des flacons

© S.Renard/CEA

Comment combine-t-on observations et modélisations ?

Modéliser le climat c'est intégrer dans le monde numérique toutes nos connaissances des processus physiques, chimiques et biogéochimiques importants. Pour cela, les modélisateurs découpent les continents, les océans, l'atmosphère en un maillage de centaines de milliers de petites boîtes dans lesquelles les évolutions des propriétés physiques et chimiques sont calculées. Pour l'atmosphère, ce sont la température, le vent, la pression, la nébulosité… Pour l'océan, la température, les courants, la salinité. De nouveaux paramètres sont introduits en permanence, par exemple l'évolution du cycle du carbone et de la végétation, pour affiner les prévisions.

L'analyse des archives climatiques du passé et les observations actuelles sont cruciales pour la modélisation du climat : elles renseignent sur les processus importants à intégrer aux modèles et permettent de les évaluer dans le passé avant de simuler le « futur ».

Plusieurs scénarios de changement climatique sont testés, les moins pessimistes simulent une hausse de 2 °C des températures moyennes, ce qui aura déjà de nombreuses incidences sur la vie sur Terre.

Plusieurs chercheurs travaillent sur des modèles dits « inverses » qui permettent, à partir des mesures de concentrations atmosphériques, de déduire les flux de CO_2 émis ou absorbés à la surface des continents et océans.

© S.Renard/CEA

© DR

Interviews

Qu'ils soient en mission aux quatre coins du monde ou au laboratoire, 60 chercheurs du LSCE ont tous le même objectif : comprendre le cycle du carbone.

François-Marie Chercheur

© C. Dupont/CEA

« Le cycle du carbone est très complexe. »

Les Savanturiers : Pourquoi le laboratoire s'intéresse-t-il au cycle du carbone ?
François-Marie : Le cycle du carbone est un moteur du changement climatique. Toutes les mesures faites depuis 50 ans montrent que le CO_2 dû aux activités humaines croît et que la température de la Terre augmente aussi ; la communauté scientifique s'accorde sur le fait qu'il y a un lien entre les 2 phénomènes. Ce cycle est très complexe. Il faut prendre en compte des mécanismes physiques mis en équations simples, mais aussi des mécanismes biologiques beaucoup plus compliqués à modéliser. Cette thématique est importante, 60 personnes s'y consacrent.

Qu'est-ce que les satellites peuvent apporter à cette étude ?
A 700 km d'altitude, bien au dessus de l'atmosphère, ils font de la télé-observation et des mesures de la concentration du CO_2 et d'autres gaz. Ils observent la végétation, sa localisation, comment elle réagit à un événement climatique majeur (comme lors de la canicule de l'été 2003) et étudient, au dessus des océans, les zones où se développent la chlorophylle et le phytoplancton. Ces observations permettent la modélisation d'algorithmes qui simulent le rôle de la végétation dans l'absorption du CO_2 et en déduisent les échanges.

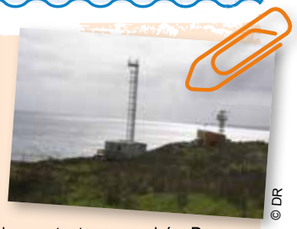
Comment s'organise la recherche mondiale sur ce sujet ?
Pour la partie mesures en continu et échantillons, nous faisons partie d'un réseau mondial. Le LSCE opère sur 10 stations réparties dans le monde, et traite plusieurs milliers de flacons par an, qui demandent tous une manipulation délicate lors de leur réception, analyse et retour sur site. De nombreux laboratoires dans le monde font leurs propres mesures, selon des paramètres et protocoles différents, qu'il fallait homogénéiser. C'est le but du réseau européen ICOS dont les procédures ont été harmonisées, rendant les mesures comparables. Les échanges sont permanents entre les membres de l'équipe, et à l'international lors de conférences, présentations de travaux, discussions, publication scientifiques.
Dans le domaine de l'observation spatiale, la volonté de collaboration est très forte. Les données recueillies sont mises à disposition gratuitement ; elles servent aussi dans le domaine de l'environnement.

Formation :

- **Bac S et Classes prépas**
- **Ecole Normale Supérieure**
- **Thèse sur l'observation de la Terre par satellites**
- **Post-docs aux Etats-Unis et au Japon**

Julie Ingénieure

© C. Dupont/CEA



© DR

« Une vingtaine de personnes vivent sur la base : cela devient vite une petite famille ! »

Les Savanturiers : Parlez-nous de votre mission ?
Julie : Je suis partie en 2010 pour une mission de 14 mois sur l'île Amsterdam, dans l'Océan Indien sud (au large des Kerguelen). Après 11 heures d'avion pour atteindre l'île de la Réunion, il faut encore 3 semaines de bateau pour arriver sur la base. Une vingtaine de personnes y vivent : 8 militaires chargés du traitement de l'eau et de l'électricité, 2 cuisiniers, 1 médecin généraliste, du personnel de la réserve naturelle et des volontaires. Cela devient vite une petite famille ! Chacun connaît les habitudes des uns et des autres, au point que l'on déduit l'humeur d'une personne en fonction de la façon dont il dispose ses chaussons devant sa porte.

Quelle était votre travail au quotidien ?
Je devais m'assurer que les appareils de mesure étaient opérationnels, récupérer les prélèvements d'air et de CO_2, envoyer les échantillons, effectuer quelques mesures spécifiques. Ravitaillés tous les 4 mois par le bateau Marion Dufresne, j'ai dû faire preuve de débrouillardise ! Il fallait gérer les stocks de flacons et des pièces de rechange des appareils, et les réparer si besoin avec les moyens du bord. Au niveau médical, il faut faire confiance au médecin qui doit savoir tout faire : dévitaliser une dent, opérer de l'appendicite... Chacun fait parfois office d'assistant ; j'ai été « promue » anesthésiste lors de l'opération d'un doigt blessé.

Et maintenant ?
On a vécu dans un endroit extraordinaire. Le retour et la réadaptation ont été difficiles, car on perd cette vie en petite communauté. On a tous gardé des contacts rapprochés. De retour au laboratoire, je prépare et analyse les données récoltées sur l'île Amsterdam. Plus largement, je travaille sur les données du réseau ICOS pour répondre à des demandes spécifiques de chercheurs, chacun ayant ses besoins et ses points de vues. Pour une seule courbe, il peut y avoir 50 paramètres à gérer. Grâce à ces courbes, je peux déduire ce qui s'est passé récemment, et aussi les cycles diurnes/nocturnes et saisonniers. J'aimerais continuer ce travail et valoriser mon expérience dans ce domaine de la recherche.

Formation :

- **Bac S**
- **Ecole d'ingénieur en informatique**
- **Année Erasmus en Espagne**

Laurent Directeur de recherche

© C. Dupont/CEA

« Dans ce travail, on a besoin de toutes les disciplines : mathématicien, numéricien, chimiste, physicien, biologiste… »

Les Savanturiers : Quel est votre thème de recherche ?
Laurent : Je travaille sur la biogéochimie marine, l'une des thématiques importantes dans le cycle du CO_2. Le cycle du carbone océanique est étudié depuis plus de 50 ans. L'océan absorbe un quart du CO_2 produit par l'Homme, cela réduit les effets du changement climatique. Mais cela entraîne une acidification de l'océan, mettant une partie de la flore et de la faune océanique en danger. Le phytoplancton fixe le CO_2 pour produire de la matière organique. Il est important dans la chaîne alimentaire, mangé par le zooplancton, lui-même mangé par les prédateurs plus gros.

Comment travaillez-vous ?
Nous construisons des modèles sur des lois physiques, chimiques, biologiques : circulation océanique – dissolution du CO_2 dans les eaux de surface – utilisation par les algues pour la photosynthèse. Pour les évaluer, il faut comparer avec des observations, des mesures et des prélèvements qui sont regroupées en bases de données. Certaines mesures se font par satellite : température des eaux de surface, couleur… d'autres sont réalisées sur les bateaux affrétés pour cela et sur les bateaux commerciaux. Nous disposons par exemple d'une base de données avec 7 millions de mesures de CO_2 en surface de l'océan, mises en commun pour être étudiées par toute la communauté scientifique. Mais les modèles du cycle du carbone doivent aussi incorporer d'autres composantes : en particulier la biosphère terrestre, donc représenter prairies, forêts… Ils sont développés dans plusieurs laboratoires, chacun travaillant plus spécifiquement sur une composante. Les équations sont discrétisées en plusieurs milliers de petits cubes.

Que prévoyez-vous grâce à vos modèles ?
A court terme, comme l'océan absorbe une bonne partie du CO_2 (un acide faible), cela augmente l'acidification de l'océan, ce qui est dommageable pour les organismes à coquille calcaire. Dans ce milieu plus acide, ils ont plus de mal à produire leur coquille (c'est le cas des ptéropodes, escargots des mers). Les coraux sont aussi touchés. Dans les océans chauds, leur coquille devient très soluble ; mais cela concerne aussi les coraux de profondeur en Atlantique nord.
A long terme, l'océan va continuer à absorber le CO_2 et à s'acidifier. Mais comme il se réchauffe, le gaz se dissout moins et l'océan finira par en absorber moins. C'est ce que l'on appelle la boucle de rétroaction climat/carbone. Dans mon travail, on a besoin de toutes les disciplines : mathématicien, numéricien, chimiste, physicien, biologiste…

Formation :

- **Bac S**
- **École Normale Supérieure sciences de la Terre**
- **Agrégation en biologie et géologie**
- **DEA en physique océanique**
- **Thèse sur le cycle du carbone**

Les news

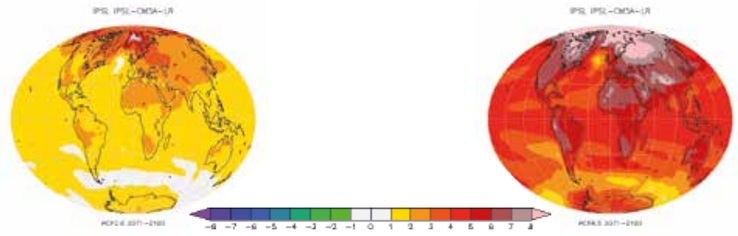
5e rapport du Giec

Le Giec, Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, a été créé en 1988. Ses rapports synthétisent les travaux et recherches mondiales sur ce sujet, et tiennent lieu de référence pour les scientifiques et les décideurs.
En 2007, ce groupe a reçu, avec Al Gore, le prix Nobel de la Paix.

Le premier volet de son 5e rapport est attendu pour fin 2013. Parmi les 831 rédacteurs, 30 sont français, dont 8 appartiennent au LSCE.

Le XXIe siècle s'annonce chaud…
Les scientifiques utilisent des modèles pour calculer la façon dont la température répond à l'augmentation des gaz à effet de serre. Ici, le modèle de l'IPSL a été utilisé et montre un réchauffement très différent pour un scénario où la concentration de gaz à effet de serre reste limitée (à gauche) et un scénario où cette concentration continue à augmenter fortement jusqu'en 2100. Une importante hausse des températures pourrait bouleverser considérablement les économies et les ressources alimentaires.

Scénario à +2 °C **Scénario à +5 °C**



© DR/CEA

En savoir +

- **Retrouvez ces chercheurs et d'autres du LSCE sur le site des Savanturiers et sur http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/videos/metiers/laboratoire-des-sciences-du-climat-et-de-l-envir/**
- **Découvrez les livres de Laurent Bopp :**
  - **« Les poissons vont-ils mourir de faim (et nous avec) ? » - Collection Les petites pommes du savoir n° 121 – Éditions du Pommier**
  - **« Les dessous de l'Océan » - Collection Les minipommes n° 43 – Éditions du Pommier**

Volontaire pour une mission en terres australes ?

© A.Mazaud/CEA

L'Institut Pierre-Simon Laplace recherche de jeunes volontaires pour partir en mission : http://vsc.ipev.fr/
Vous êtes tenté par une aventure en terres australes et avez candidaté.
Voici le premier test de connaissances générales :

1 Sur quelle île du réseau pourriez-vous partir en mission ?

- ● Île Amsterdam
- ▼ Corse
- ★ Île Adam

2 Pourquoi les chercheurs étudient-ils le cycle du carbone depuis une cinquantaine d'années ?

- ▼ Le carbone fuit dans l'Univers par le trou de la couche d'ozone
- ● On est en train d'épuiser les stocks de carbone, et cela va manquer à la végétation
- ★ Le carbone est un moteur du cycle climatique

3 Quelle proportion de gaz carbonique est-elle absorbée par les forêts et les océans ?

- ● La Nature absorbe la moitié du gaz carbonique rejeté
- ★ Seules les forêts ont besoin de gaz carbonique pour la photosynthèse
- ▼ Les océans sont un puit inépuisable de carbone ; ils peuvent tout absorber

Tous les 4 mois, vos échantillons seront envoyés en métropole.

4 Savez-vous ce qu'ils deviennent ?

- ● Le laboratoire analyse 2 000 flacons envoyés par les stations de mesures
- ★ Le laboratoire recueille 7 millions de mesures prises en continu
- ▼ Comme les flacons sont chers, le laboratoire ne peut pas en acheter plus de 120 par an

5 Sur quoi s'appuient les modélisations ?

- ★ Juste sur les données recueillies dans les archives climatiques (glaces, plancton, air…)
- ● Sur tout : les équations, les données satellites, les prélèvements, les mesures en continu…
- ▼ Seulement sur les équations des mécanismes physiques

OK, vous maîtrisez le sujet. Mais savez-vous avec qui vous allez travailler ?

6 Y a-t-il seulement des physiciens dans l'équipe ?

- ★ Oui, il suffit de connaître les lois des phénomènes physiques et chimiques pour tout calculer
- ● Non, il faut une équipe pluridisciplinaire : physiciens, mathématiciens, chimistes, biologistes, informaticiens…
- ▼ Sur place, il y a seulement des mécaniciens de maintenance

7 De retour en métropole, avec quels laboratoires étrangers serez-vous en contact ?

- ▼ Seulement des laboratoires européens qui participent au rapport du Giec
- ★ Les réseaux nationaux et internationaux mettent leurs données en commun. On croise toutes les nationalités !
- ● Les données des satellites et les prélèvements sont secrets ; donc personne d'autre

Résultats :

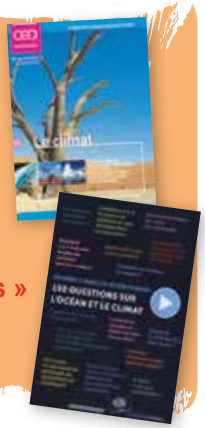
Réponses : 1- ● et ▲ / 2- ★ / 3- ● / 4- ● et ★ / 5- ● / 6- ● / 7- ★
Majorité de bonnes réponses : Bienvenu dans l'équipe, vous serez un parfait climatologue. Attendez-vous à passer une année inoubliable !
Egalité de bonnes et mauvaises réponses : La mission propose dure 14 mois. Il faut bien connaître la problématique, alors réfléchissez avant de vous engager !
Majorité de mauvaises réponses : Le cycle du carbone ne vous passionne pas plus que ça… Si l'aventure vous tente vraiment, révisez vos cours !

Une erreur s'est glissée dans le jeu des « Savanturiers n°3 », l'instrument sur lequel ont travaillé les physiciens pour produire le boson de Higgs est bien entendu un accélérateur de particules.

Sites :

http://www.lsce.ipsl.fr
http://www.ipcc.ch
http://cycleducarbone.ipsl.jussieu.fr
http://www.ipsl.fr
http://www.cea.fr
Retrouvez les Savanturiers :
http://www.cea.fr/le-cea/publications/les-savanturiers/les-savanturiers

Biblio :



Livret thématique « Le Climat »
http://www.cea.fr/le-cea/publications/livrets-thematiques2/livrets-thematiques

Livre « 150 questions sur l'océan et le climat - En direct avec les scientifiques »
Coédition Universcience – Éditions le Pommier

Editeur : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, RCS Paris B 775 685 019
Directeur de la publication : Xavier Clément
Ont participé à ce numéro : Laurent Bopp, François-Marie Bréon, Philippe Ciais, Marc Delmotte, Julie Helle, Florence Klotz, Lucia Le Clech, Alain Mazaud, Michel Ramonet.
Infographie : Kilia
Création et réalisation : NPO* - www.nepasoublier.fr - Juin 2013
Nous remercions Fabienne Chauvière d'avoir accepté que nous lui empruntions le titre de son émission.