

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ UN REFROIDISSEMENT CLIMATIQUE INATTENDU

En 2002, Jean-Claude Duplessy, du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS/CEA), expliquait les moteurs de l'évolution climatique (voir « L'évolution des climats », *Pour la Science*, octobre 2002, http://bit.ly/PLS300_Duplessy). Il mentionnait notamment les poussées glaciaires dues aux variations de l'orbite terrestre, lesquelles modifient l'énergie solaire reçue au sol.

Or, autour de Jan Esper, de l'Université de Mayence en Allemagne, une équipe internationale vient de déceler un refroidissement d'origine astronomique inattendu (*Nature Climate Change*, juillet 2012). Les chercheurs ont étudié les cernes de croissance de nombreux pins conservés depuis l'Antiquité dans les lacs du Nord de la Finlande. Ils sont ainsi parvenus à reconstituer un profil de la température

moyenne allant jusqu'en 138 avant notre ère et d'une qualité sans précédent.

Ce profil livre en particulier des reconstructions de très haute résolution des périodes chaudes de l'époque romaine et du Moyen Âge, mais aussi des phases froides de l'époque des Grandes Migrations ou du petit âge glaciaire. Le résultat le plus surprenant est qu'il indique aussi une tendance au refroidissement de 0,3 °C par millénaire. Selon les chercheurs, cette dernière est due à une augmentation graduelle de la distance Terre-Soleil. Cette tendance n'est pas négligeable par rapport au réchauffement climatique actuel qui, pour le moment, est de moins de 1 °C. Selon J. Esper, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a probablement sous-estimé dans ses prédictions ce refroidissement d'origine astronomique. Lequel, toutefois, ne change pas notablement la tendance globale, qui est bien à la hausse.

→ LA NAISSANCE ÉTOILÉE D'UNE NAINES BRUNE

Le cœur d'une planète n'est pas le siège d'une fusion thermonucléaire de l'hydrogène, contrairement à ce qui se passe dans une étoile. Dans une naine brune, astre de masse comprise entre 12 et 80 fois celle de Jupiter, seul le deutérium, un isotope naturel de l'hydrogène, est en fusion. Comment se forment de tels astres ? En 2008, l'article de Subhanjoy Mohanty et Ray Jayawardhana expliquait que certains astronomes privilégiaient un mécanisme de formation des naines brunes proche de celui des étoiles (voir « La naissance tragique des naines brunes », *Pour la Science*, février 2008, http://bit.ly/PLS340_Mohanty).

Or des astrophysiciens viennent de repérer une naine brune en train de naître (*Science*, 6 juillet 2012). L'équipe internationale dirigée par Philippe André, du Laboratoire AIM (CEA-CNRS, Paris Diderot), a utilisé le grand interféromètre de l'IRAM opérant dans le domaine des ondes millimétriques. Dans une pépinière d'étoiles distante de quelque 450 années-lumière et nommée Rho Ophiuchi, elle a découvert Oph B-11, un fragment compact de nuage de gaz et de poussières, de masse comprise entre 10 et 30 fois celle de Jupiter. Les astrophysiciens se sont demandé si Oph B-11 est assez dense pour s'effondrer. La très bonne résolution de l'IRAM leur a permis de déterminer que sa taille est du même ordre que celle du Système solaire, d'où l'on déduit que Oph B-11 est bien en train de se condenser. Ainsi, comme les étoiles, les naines brunes peuvent se former par effondrement gravitationnel direct d'un nuage de gaz et de poussières. En revanche, rien n'exclut à ce stade que d'autres naines brunes se soient formées par un mécanisme voisin de celui des planètes : la fragmentation du disque d'accrétion entourant une étoile en formation.

→ LES ANTÉNÉANDERTALIENS DE LA SOMME

Les lignées évolutives qui ont produit *Homo sapiens* en Afrique et *Homo neanderthalensis* en Europe ont divergé de celle de *Homo erectus* il y a quelque 500 000 ans, expliquaient récemment Giorgio Manzi et Fabio Di Vincenzo (voir « Le dernier ancêtre de l'homme moderne », *Pour la Science*, jan-



Un biface acheuléen, datant d'au moins 300 000 ans.

David Hérisson, INRAP

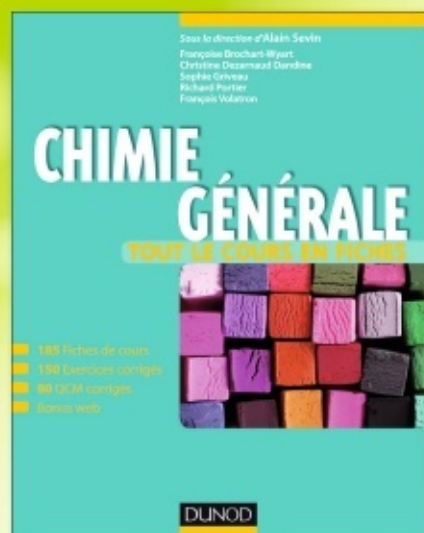
vier 2010, http://bit.ly/PLS411_Manzi). Or une pile sédimentaire découverte par une équipe de l'INRAP dirigée par David Hérisson fait apparaître les présences successives de membres de ces lignées dans un petit vallon de ce qui est aujourd'hui Étrécourt-Manancourt dans la Somme.

Là, aux paléosols décarbonatés par l'acidité des pluies des périodes interglaciaires succèdent les épaisses couches de loess caractéristiques des entrées en glaciation, et elles sont chaque fois précédées par une couche archéologique. Datant de 350 000 à 300 000 ans, la plus ancienne a livré des bifaces, ces « couteaux de boucherie » caractéristiques de la taille acheuléenne pratiquée par *Homo erectus*, puis par les Anténéandertaliens.

Une glaciation plus tard, entre 240 000 et 190 000 ans, des Néandertaliens repassent et débitent des éclats. Puis, encore une glaciation plus tard, il y a quelque 80 000 ans, d'autres encore pratiquent une taille analogue. Ainsi, la transition entre la taille acheuléenne utilisée pendant 1,5 million d'années et le débitage Levallois qui lui succède est visible dans une seule et même séquence sédimentaire. Cela ne s'était jamais produit !

François Savatier

LA RENTRÉE DES SCIENCES CHEZ DUNOD



Sous la dir. d'Alain SEVIN et al.

Juin 2012 ■ 9782100570201 ■ 35 €

Prix de lancement 29 €

jusqu'au 31 octobre 2012

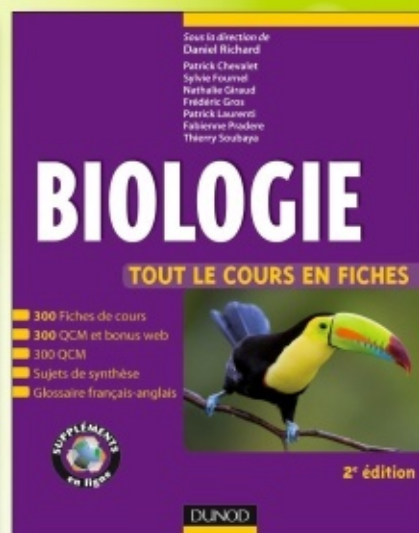


Sous la dir. de Daniel BOUJARD et al.

Juillet 2012 ■ 9782100564255 ■ 35 €

Prix de lancement 29 €

jusqu'au 31 octobre 2012



Sous la dir. de Daniel RICHARD et al.

Octobre 2012 ■ 9782100582235 ■ 45 €

Prix de lancement 39 €

jusqu'au 31 décembre 2012

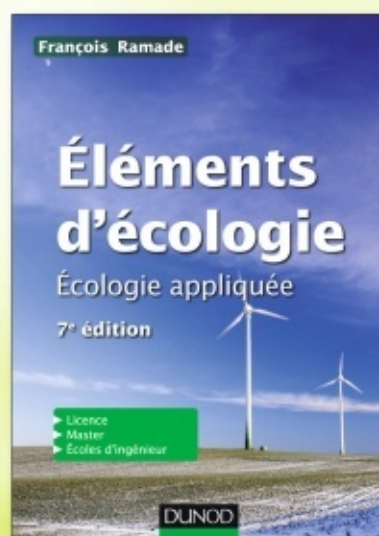
Collection « TOUT LE COURS EN FICHES »

- Des fiches de cours synthétiques et illustrées
- Des QCM pour s'évaluer
- Des exercices corrigés pour s'entraîner
- Des bonus web pour l'enseignant et pour l'étudiant



Richard B. PRIMACK, Jane LECOMTE,
François SARRAZIN

Août 2012 ■ 9782100567089 ■ 39 €



François RAMADE

Septembre 2012 ■ 9782100579815 ■ 69 €

Prix de lancement 59 €

jusqu'au 31 décembre 2012

Tous nos ouvrages sont disponibles en librairie

+ www.dunod.com

DUNOD
ÉDITEUR DE SAVOIRS

POINT DE VUE

La Réunion : une chasse aux requins inutile

À la suite des récentes attaques de plaisanciers par des requins, le « prélèvement » de squales pourrait être autorisé. Or une telle mesure ne réduirait en rien le risque.

Antonin BLAISON

Les attaques de requins suscitent toujours, à juste titre, l'émotion. À La Réunion, les dernières en date, le 23 juillet et le 5 août sur la côte Ouest de l'île, ont tué un surfeur et grièvement blessé un autre. Ces accidents font suite à une série noire en 2011, avec six attaques qui ont provoqué deux décès et une blessure grave. L'émotion, compréhensible, peut cependant conduire à des réactions hâtives et parfois inappropriées.

C'est ce qui risque de se passer dans le cas réunionnais. À l'heure où sont écrites ces lignes, les pouvoirs publics envisageaient d'autoriser le « prélèvement » de requins à La Réunion, c'est-à-dire leur pêche, y compris dans la zone de réserve marine. Une telle mesure est réclamée par certains acteurs de la société – pratiquants de sports nautiques soumis au risque, pêcheurs considérant les requins comme des concurrents, commerçants des stations balnéaires subissant les baisses de fréquentation. Or elle serait non seulement vaine, mais aussi nuisible, comme plusieurs arguments l'indiquent.

Le danger lié aux requins existe depuis toujours à La Réunion. Ainsi, entre 1980 et 2011, on a répertorié 36 attaques et 15 décès, les années les plus marquantes étant 1992 (quatre attaques, dont deux mortelles), 1997 (trois attaques), 2006 (trois attaques) et 2011. Il est difficile de conclure à une augmentation du nombre d'attaques dans ce département au fil des ans, les chiffres étant irréguliers (la décennie 2000 s'est ainsi distinguée par une accalmie) et trop faibles pour être statistiquement significatifs.

Au niveau mondial, cependant, la situation montre une tendance à la hausse plus claire : d'une vingtaine-trentaine d'attaques par an avant les années 1990, on est passé à environ 60-75 attaques par an actuellement, alors même que les populations de requins régressent globalement. Pour les spécialistes, cette hausse est surtout due à la forte augmentation du nombre de pratiquants de sports nautiques, de surfeurs en particulier.

Les événements de 2011 ont déclenché sur l'île de La Réunion une réaction salubre, les pouvoirs publics ayant décidé de mettre en place une concertation visant à mieux

EN L'ABSENCE D'INFORMATIONS scientifiques, une stratégie cohérente de gestion du risque est illusoire.

comprendre et gérer le risque lié aux requins – à La Réunion, on parlait de zéro ou presque. Cela a conduit à l'adoption rapide de dispositifs provisoires de prévention et de gestion des accidents (panneaux et drapeaux pour informer les vacanciers, filets de protection, personnes chargées de la vigilance, organisation des opérations de secours).

La concertation a également permis de constater que les connaissances scientifiques sur les requins de La Réunion étaient insuffisantes pour mettre en place une gestion efficace du risque. Certes, on sait que, parmi la trentaine d'espèces de requins présentes dans les eaux littorales de l'île, deux représentent un danger pour l'homme : le requin tigre (*Galeocerdo cuvier*), deuxième plus grand poisson prédateur après le célèbre requin

blanc, et le requin bouledogue (*Carcharhinus leucas*). Le requin tigre est autant pélagique (de haute mer) que côtier, et capable de migrer d'un océan à l'autre, tandis que le requin bouledogue est essentiellement côtier et plus sédentaire. Mais l'écologie et le comportement de ces espèces à La Réunion sont à étudier en détail, car une même espèce de requins peut avoir un mode de vie très différent suivant la zone considérée, tant à l'échelle mondiale que locale.

Un programme d'études sur 30 mois, dont l'acronyme est CHARC, a alors été mis en place sous l'égide de l'IRD (Institut de recherche pour le développement) afin de préciser l'écologie et les habitats des deux requins en question, sur la côte Ouest de l'île. Une autre étude a été lancée en mai dernier ; pilotée par la Région et réalisée par le bureau d'études *Biotope*, elle porte sur les mesures de protection qu'il serait possible d'appliquer à La Réunion.

Le programme CHARC consiste notamment à marquer à l'aide de balises acoustiques une centaine de requins tigres et bouledogues, et de suivre leurs déplacements à l'aide de stations d'écoute et de quelques caméras vidéo installées sous l'eau. La première phase de CHARC, qui en comportera trois, vient de s'achever. Elle apporte des premiers renseignements, mais qui doivent être consolidés et complétés par un suivi plus vaste et sur une plus longue durée.

Il se dégage notamment que les requins tigres, rarement détectés, sont absents près de la côte Ouest étudiée, ce qui suggère, comme on s'y attend, un habitat préférentiel situé au large. Quant aux requins boule-

dogues, ils passent l'essentiel de leur temps au large et semblent ne faire que des visites courtes et peu nombreuses près de la côte.

Un autre pan de la première phase de CHARC a consisté à étudier les statistiques des données historiques des attaques à La Réunion depuis 1980. Cela a permis d'associer à ces attaques certains facteurs tels que la turbidité des eaux et la période dans la journée (proche du coucher de soleil).

La suite du programme CHARC devra préciser tout cela et répondre à de nombreuses autres questions. Il s'agira en particulier de déterminer comment les conditions environnementales (turbidité, houle, salinité, température, aquaculture, zones de surf, présence d'autres espèces, d'effluents, etc.) influent sur les zones de prédilection des requins, leurs déplacements et leur comportement.

En l'absence de ces informations scientifiques, une stratégie cohérente de prévention du risque est illusoire. Mais on peut d'ores et déjà affirmer que des opérations de prélèvement de requins ne sont pas une solution, ni à court terme ni à long terme. Et cela indépendamment des préoccupations écologiques sur les requins et leur rôle dans la chaîne alimentaire des océans.

La forte capacité des deux espèces de requins à se déplacer sur l'ensemble de la côte, voire dans l'ensemble de l'océan Indien, montre que la pêche aux squales sera non seulement coûteuse, mais aussi inefficace, les requins présents à un instant donné et dans une zone donnée variant de façon aléatoire. Le prélèvement pourrait même produire l'effet inverse de celui recherché : on risque de prélever des requins plutôt côtiers, ce qui pourrait laisser le champ libre à des

requins plus pélagiques, tel le requin tigre. Par ailleurs, une traque des requins pourrait compromettre le programme de recherche CHARC, en perturbant les animaux et leur suivi.

Des opérations de prélèvement ne donneraient qu'un faux sentiment de sécurité et n'apporteraient aucun élément utile à la gestion du danger à long terme. En attendant les résultats des études lancées, il est préférable d'informer le mieux possible les plaisanciers des risques qu'ils prennent. ■

Antonin BLAISON, spécialiste du comportement des requins, est ingénieur de recherche à l'IRD. Il participe au programme CHARC.

International Shark Attack File (site du Muséum de Floride) : www.flmnh.ufl.edu/fish/sharks/isaf/isaf.htm



Réagissez en direct à cet article sur www.pourlascience.fr

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Vers un ciment durable : partir de l'échelle atomique

Le ciment est omniprésent dans nos infrastructures. En étudiant ses propriétés à toutes les échelles, on tente d'améliorer son bilan écologique.

Roland Pellenq

La fabrication du ciment est responsable de cinq à dix pour cent des émissions industrielles de dioxyde de carbone. Sous sa forme hydratée, ce matériau est la « colle » qui donne ses propriétés mécaniques au béton, constitué d'aggrégats (tels que des graviers) liés par des hydrates cimentaires. Mélangé à de l'eau, le ciment passe d'une pâte quasi liquide à un matériau plus dur que la plupart des minéraux – on le surnomme d'ailleurs « pierre liquide ». La prise du ciment, et donc du béton, en une dizaine d'heures, permet la construction et la réparation rapides d'ouvrages variés (chaussées, ponts, bâtiments,

voies navigables, centrales nucléaires...). Le béton est essentiel aux infrastructures modernes, qui se multiplient avec l'urbanisation – plus de la moitié de la population mondiale (soit plus de trois milliards d'individus) vit aujourd'hui en ville. En moyenne, chaque habitant de la planète consomme annuellement 2,8 tonnes de ce matériau, qui alimente un marché mondial d'environ 30 milliards d'euros par an.

Aucun matériau connu n'est susceptible de remplacer le béton, dont le coût et la disponibilité sont inégalés. Dès lors, il est crucial d'élaborer un béton – et donc un ciment – « durable ». C'est ce qu'on s'ap-

plique à faire par une nouvelle approche, où l'on part de l'échelle atomique pour comprendre et améliorer les propriétés macroscopiques du ciment.

Les hydrates cimentaires se forment par dissolution et précipitation d'une poudre grise de ciment, que l'on mélange avec de l'eau. Cette poudre est fabriquée localement à partir de calcaire et d'argile, abondants dans la nature. Ils sont mélangés, puis chauffés à environ 1 500 °C dans un grand four rotatif, mesurant jusqu'à 200 mètres de longueur. Le dioxyde de carbone est émis à la fois par la combustion (de fuel, de charbon...) lors du chauffage et par la décomposition



→ pouirlascience.naturejobs.com

Nouveau service d'offres d'emplois scientifiques sur

POUR LA SCIENCE

en partenariat avec **naturejobs**



- Chaque semaine, plus de **8000 offres d'emploi** dans le secteur des sciences.
- En un clic la **sélection des postes à pourvoir** en France et dans les pays francophones ou voisins.
- Une équipe Naturejobs spécialisée, **au service des recruteurs francophones**.
Contact : Muriel Lestringuez
E-mail : m.lestringuez@nature.com
Tél. : +44 20 7843 4994

POUR LA SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique

du calcaire (CaCO_3). Une cimenterie peut produire jusqu'à 10 000 tonnes par jour de grains de ciment, collectivement nommés clinker. Ces grains sont ensuite broyés en une fine poudre grise et mélangés à du gypse. L'énergie électrique utilisée pour le broyage représente quatre pour cent de la production d'électricité mondiale.

Pour évaluer la durabilité du béton, on doit estimer les coûts économiques, environnementaux, énergétiques et sociétaux des structures construites avec ce matériau. En d'autres termes, il faut effectuer l'analyse « du berceau à la tombe », c'est-à-dire prendre en compte le cycle de vie complet des structures. On montre ainsi que pour un bâtiment, l'énergie nécessaire à la fabrication des matériaux et à la construction représente 10 à 40 pour cent de la consommation totale d'énergie (estimée pour une durée de vie de 70 ans), le reste correspondant à la phase d'utilisation (chauffage, climatisation...). Il est donc essentiel de ne pas négliger cette dernière phase : on cherche par exemple à mieux comprendre le transport de la chaleur dans le matériau et les phénomènes de détérioration, telle l'apparition de fissures, afin de rendre le béton plus isolant et de réduire la consommation énergétique des nouvelles infrastructures.

Jusque récemment, pour améliorer le ciment et le béton, on adoptait une approche itérative descendante ou *top-down* : on testait les propriétés à l'échelle macroscopique, on cherchait à les comprendre par une analyse à l'échelle immédiatement inférieure (de l'ordre du micromètre), on modifiait le matériau et on testait à nouveau les propriétés macroscopiques. Aujourd'hui, une nouvelle approche, dite *bottom-up* (ascendante), se développe. L'analyse commence à l'échelle nanométrique (10^{-9} mètre), où le matériau est décrit comme un assemblage d'atomes et de molécules. Elle fournit les paramètres pertinents pour l'échelle du dessus, et ainsi de suite jusqu'à l'échelle macroscopique.

Plusieurs axes de recherche sont considérés. Le premier consiste à baisser la température de production du clinker, afin de diminuer les émissions de dioxyde de car-

bone. Le deuxième est de développer un processus de broyage du clinker plus économe en énergie, en analysant la fracturation mécanique des grains. Le troisième étudie la dissolution de la poudre de ciment, à la fois par l'expérience et par la modélisation, grâce à des calculs dits *ab initio* (littéralement : depuis le début) sur la réactivité de surface des grains. Le quatrième

EN MODIFIANT LA COMPOSITION chimique, on pourrait utiliser moins de ciment pour construire un bâtiment.

concerne la précipitation de la poudre dissoute, abordée notamment par le biais de simulations multi-échelles combinant approches atomistiques et colloïdales (on se place respectivement à l'échelle des atomes et à celle de particules plus grosses en suspension dans la solution). Enfin, le cinquième porte sur le comportement mécanique de la pâte durcie en fonction de la composition chimique.

Les premiers résultats commencent à être obtenus, notamment grâce à ce cernier axe de recherche. Ainsi, nous avons montré qu'en diminuant le rapport Ca/Si (le nombre d'atomes de calcium sur celui de silicium) de 1,7 à 1, les performances mécaniques du ciment (durée de vie, résistance...) sont multipliées par 1,5 à 2. En modifiant la composition chimique, on pourrait donc utiliser moins de ciment pour construire un bâtiment, ce qui réduirait les émissions de dioxyde de carbone et la consommation d'énergie associées à la fabrication de ce matériau.

Pour avoir un impact important, l'approche *bottom-up* nécessitera une collaboration active des industriels concernés. À ce prix, nous pourrions optimiser les propriétés du ciment, et ainsi améliorer la durabilité des infrastructures. ■

Roland PELLENQ est directeur de l'Unité mixte internationale « Multi-scale materials science for energy and environment » (MSE), comportant des chercheurs du CNRS et du MIT, et installée à Cambridge, aux États-Unis.