Les journées nationales 2018

Les 16, 17 et 18 novembre derniers se sont tenues nos journées nationales. Un réel succès! Plus de 450 participants et des conférences de grande qualité. Voici les résumés de quelques unes d'entre elles.

L'évolution de l'Homme et celle de l'environnement sont au cœur des sciences du Muséum national d'Histoire naturelle

Bruno DAVID
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

Le Muséum national d'Histoire naturelle est heureux de contribuer aux journées nationales de l'APBG, et tout particulièrement sur le thème « Évolution de l'Homme et dynamique des interactions avec son environnement », ceci pour trois raisons.

Première raison, l'Histoire naturelle, telle que nous l'avons caractérisée dans un manifeste publié en novembre 2017, consiste notamment à ancrer l'humain en nature. Parler de l'évolution de l'Homme implique de faire comprendre ce qu'est l'évolution biologique, et donc de faire comprendre comment la science raisonne, ce qu'elle dit, et ce quelle ne dit pas. C'est ainsi que le Muséum est impliqué dans des plans de formation continue d'enseignants consistant à structurer méthodologiquement l'esprit critique, à promouvoir les savoirs, de manière à outiller l'enseignant pour faire face de manière laïque à d'éventuelles contestations de la part des élèves ou des parents, et de leur permettre d'initier les élèves aux raisonnements scientifiques face aux créationnismes, aux ra-

cismes et aux obscurantismes. C'est là un défi scientifique et culturel que le Muséum n'hésite pas à relever, à l'ère des contestations complaisantes des sciences.

La seconde raison, c'est que ce défi culturel se double d'un défi environnemental. S'il s'agit d'enraciner l'humain en nature, il ne faut pas seulement le faire dans le passé en parlant de nos origines, mais il faut également le faire ici et maintenant, c'est-à-dire de présenter l'humain d'aujourd'hui comme à la fois acteur dynamique et victime des transformations de la nature qu'il suscite. Il convient ici de se départir d'un dualisme Homme-nature caricatural tout en reconnaissant une place particulière à notre espèce, équilibre délicat. Conformément à sa vocation scientifique, le devoir d'instruction, informatif et éducatif, d'un muséum est donc bien de donner à comprendre la place et le rôle des humains à un moment de l'histoire où ces derniers pensent – à tort – pouvoir s'affranchir des dynamiques qui régissent la nature et les maîtriser. Le Muséum doit donc donner des clefs de compréhension et peser dans la réflexion sur les relations Homme-nature, et doit inscrire son action de manière à aider nos concitoyens à se projeter dans une éthique pour la planète. La cible éthique consiste à préserver la durabilité du vivant pour lui-même, et non pour les seuls besoins que nous en avons.

La troisième raison, c'est que le Muséum travaille depuis plus de vingt ans à la formation permanente des enseignants du secondaire et de l'élémentaire. Actuellement, 3000 enseignants sont accueillis chaque année, sans compter les interventions de nos chercheurs à l'extérieur du muséum, au nombre de plusieurs par mois. Fidèle à son devoir de faire rayonner l'histoire naturelle, le Muséum a pris la tête d'un consortium composé d'une douzaine d'institutions scientifiques publiques et de 378 entreprises afin de faire entendre toute l'importance que représente l'enseignement des Sciences de la vie et de la Terre au lycée. Actuellement, le Muséum siège au sein de la nouvelle fédération « Sciences et Technologies du Vivant, de la Santé, de la Terre et de l'Environnement » dont les objectifs sont de positionner ces disciplines dans le système éducatif français.

Le genre Homo : une diversité accrue pour une histoire complexe

Par Tony CHEVALIER
Université de Perpignan / Centre de recherche de préhistoire de Tautavel

Tony Chevalier présente successivement des découvertes récentes qui révèlent une diversité accrue chez le genre Homo avec une histoire phylogénétique complexe

2010 : En Afrique du sud, il a été trouvé un fossile Australopithecus sebiba daté entre 1,95 MA et 1,78 MA dont la capacité crânienne serait celle des Australopithèques (420 cm3) mais les dents celles du genre Homo : il serait celui parmi les Australopithèques qui partage le plus grand nombre de caractères dérivés avec les Humains et pourrait aider à « révéler l'ancêtre du genre Homo » âgé de 2 MA.

2010 : Découverte de dents attribuées par leur ADN à une nouvelle espèce,

Homo denisova

2012 : De nouveaux fossiles du Nord du Kenya illustrent une grande diversité parmi les Homo rudolfensis et habilis.

2013 : En Géorgie (Dmasini), récolte de 5 crânes et de 5 mandibules de 1,8 MA montrant une grande variation au sein d'une seule espèce Homo georgicus variant régional d'Homo erectus.

2015 : Une mandibule trouvée à Lédi-Geraru en Ethiopie (Afar) attribuée au genre Homo repousse donc l'origine de l'Homme à -2,8 MA ; Ce fossile serait contemporain de trois Australopithèques (*A. aethiopicus, A. africanus* et *A. afarensis*).

2015 : A Turkana (Kenya) découverte d'outils de -3,3 MA, peut être fabriqués par un humain ou par un Australopithèque ?

2015 : D'une grotte d'Afrique du Sud, 15 squelettes ont été sortis présentant des caractères humains (main, pied, jambe) et d'Australopithèques (crâne, thorax, épaule, bassin, fémur) et attribués à des Homo naledi. Ces fossiles ont été ensuite datés de -300 000ans.

2017 : Cinq crânes provenant du Djebel Irhoud (Maroc) de -315 000 ans ont été reconnus comme appartenant à des Homo sapiens, les plus anciens.

Les différentes espèces d'Hominidés présentées et leurs âges peuvent être récapitulés par le tableau suivant :

Espèces d'Hominidés présentées et leurs âges

2 Ma	780-125000 ans	125000-15000 ans	15000 ans
Homo naledi Homo habilis Homo rudolfensis Homo georgicus	Homo erectus Homo heidelbergensis Homo sapiens Homo neanderthalensis Homo naledi	Homo erectus Homo sapiens Homo neanderthalensis Homo floresiensis Homo denisova	Homo sapiens
Australopithecus sebiba			

Ainsi il paraît difficile d'établir une filiation entre ces différentes espèces de la « lignée humaine ».

La microtomographie, une technique non invasive précieuse pour l'étude des hommes fossiles

De la taxonomie à l'histoire d'une vie
Par Tony CHEVALIER
Université de Perpignan / Centre de recherche de préhistoire de Tautavel

La microtomographie est une technique de scanner de grande précision (3µm) qui permet de visualiser à haute résolution l'ensemble des structures des échantillons, autorisant l'exploration des structures internes sans destruction. Les logiciels et les

ordinateurs ont dû évoluer en parallèle car les fichiers sont très lourds et demandent une mémoire vive importante. Son utilisation en paléontologie est néanmoins limitée par le coût élevé de chaque acquisition.

Étude des os actuels et fossiles de manière exhaustive et sans destruction

Ex : bras de chimpanzé congelé avec la chair ; les rayons X traversent ou non les tissus ; seul l'os est visualisé. On peut extraire d'une section d'avant-bras la structure osseuse du radius et de l'ulna

L'os est un tissu vivant qui a la capacité de se modeler en s'amincissant ou en s'épaississant dans toutes les directions. Il se modèle selon son environnement mécanique et en fonction de l'orientation des contraintes pour obtenir un équilibre optimal de résistance.

L'idée que l'os s'adapte aux contraintes mécaniques est initiée en 1866, par la similitude des lignes de contraintes d'une grue et des lignes du réseau trabéculaire du fémur humain.

Les méthodes d'étude se fondent sur des études en ingénierie sur la résistance des matériaux

Les dimensions d'une section, l'aire occupée par l'épaisseur corticale et sa distribution vont renseigner sur la résistance de l'os à la flexion, à la torsion et sur sa rigidité.

Les résultats peuvent avoir un intérêt d'ordre fonctionnel (quel type de déplacement est lié à cette structure ?) mais aussi taxonomique (quelles espèce présente cette structure ?).

Quand on a un fossile on veut connaître les charges habituelles qu'a subies l'os.

Application : évolution de la microstructure osseuse au cours du développement (humérus de nouveau-né 60 mm, résolution de scanner classique 27 µm). Avec la microtomographie (résolution 3 µm) en étudiant l'épaisseur des trabécules et la porosité intertrabéculaire on peut représenter en 3D les réseaux des trabécules.

Application : détermination du mode de locomotion

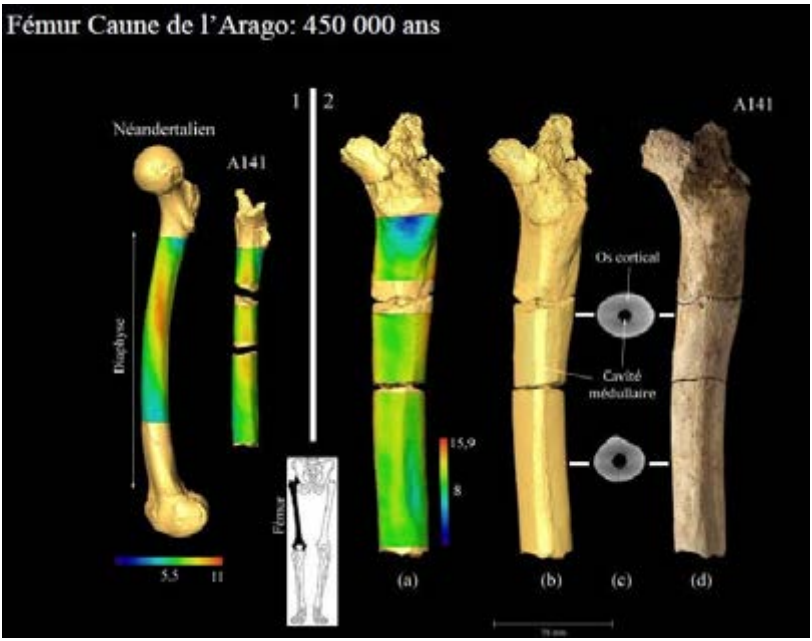
En comparant les sections obtenues sur fémur et humérus de chimpanzé ou d'homme moderne avec les images obtenues sur des os fossiles on peut montrer les contraintes qu'ont subies les os et en déduire le mode de locomotion de l'individu fossile.

Résultats obtenus :

- Détermination d'une locomotion bipède parfaite il y a 1,7 million d'années.
- Evidence d'un déplacement dans les arbres chez Homo habilis
- Travail sur Lucy (fémur et humérus) prouvant la bipédie et le déplacement dans les arbres.

Application : détermination de l'espèce

Travail sur un fémur retrouvé en 2013 au Causse de l'Arago et daté de -450 000 ans (Homo heidelbergensis).



On cherche à savoir si les caractéristiques se rapprochent plus de celles des Homo erectus ou de celles des néandertaliens?

On a pu rapprocher les caractéristiques structurales obtenues par tomographie des données sur la largeur du bassin, ou l'orientation du col du fémur donnant également un signal taxonomique.

Il est robuste comme Néandertal mais la répartition osseuse le rapproche de l'Homo erectus.

Application : Homo sapiens ancien : pathologie osseuse et impact sur la vie de l'individu (humérus, radius)

Ex : le squelette découvert en 1892 à Caviglione (grottes de Grimaldi) a permis de prouver l'existence des hommes anciens en Italie pour la première fois.

Le squelette, trouvé dans une sépulture à 5m de profondeur porte une coiffe de coquillages (datés de - 24000 ans) troués volontairement et de 30 canines de cerf, ce qui prouve l'importance de cette population animale. L'ADN n'a pas pu être étudié.

On pensait qu'un coup violent était à l'origine de la fracture radiale gauche de l'individu et on avait remarqué une asymétrie anormale du corps La microtomographie a permis de déterminer comment la pathologie a affecté la vie de cette femme (sexe déterminé d'après les caractéristiques osseuses)

L'accès à la tomodensitométrie haute résolution du membre supérieur nous permet d'évaluer les effets consécutifs des traumatismes sur les propriétés biomécaniques des os en se concentrant sur les os corticaux et trabéculaires et en effectuant une analyse comparative des propriétés géométriques.

La fracture radiale gauche est très bien consolidée avec un os cortical épais et homogène. Les considérations étiologiques suggèrent une fracture pour l'avant-bras gauche lors d'une chute.

Cette femme à dominante droite, devenue gauchère, était principalement touchée par de sévères modifications osseuses de l'humérus droit proximal dues à des modifications secondaires consécutives à un événement traumatique. La structure osseuse et la robustesse du bras gauche prouvent probablement le manque de dépendance forte et durable de cette femme à l'égard de son groupe pour les tâches culturelles usuelles malgré la fonction fortement limitée du bras droit.

Etude exhaustive et sans destruction des dents actuelles et fossiles

On peut réaliser l'étude de la jonction émail-dentine, de la proportion des tissus dentaires 2D/3D et la morphométrie 2D/3D.

Les dents permettent de définir l'espèce, présentent une forte empreinte génétique et des traces d'usure.

Toutes les crêtes et les sillons sont quantifiés. Maintenant, on segmente, on enlève l'émail virtuellement, on estime la proportion émail/dentine.

La radiographie permet de déterminer l'épaisseur de l'émail et de déterminer si la dent appartient à Néandertal (émail fin) ou à Homo Sapiens (émail plus épais) par exemple.

Application : Portel Ouest Ariège

Fossiles retrouvés dans une grotte datés à - 44 000 ans.

A cette époque, Néandertal vit dans la région et les Sapiens sont arrivés en Europe à -45 000 ans.

Les facettes de contact montrent que toutes les dents retrouvées appartiennent au même individu. Les traces d'usure montrent que c'est un adulte.

On étudie grâce au scanner l'épaisseur de l'émail en 3D. En enlevant l'émail on voit les crêtes. L'ensemble permet de déterminer qu'il s'agit des dents d'un Néandertalien.

Perspectives : mieux lire dans les dents grâce à l'imagerie

On étudie par microtomographie les stries dentaires : une apparaît chaque jour et tous les stress sont y visibles. On a pu évaluer la fiabilité de la méthode des stries pour déterminer l'âge de l'individu en comparant les résultats obtenus au synchrotron et en tomographie sur les dents d'un chimpanzé élevé dans un zoo.

L'âge connu était de 3,76 ans, l'étude des stries a donné 3,82 ans. La ligne néonatale correspondant à la modification de production de l'émail à la naissance, permet de compter les stries et de déterminer des traumatismes subis (changements d'enclos, hôpital) qui ont laissé des traces visibles.

On peut également déterminer la date de sevrage de l'individu.

Pour aller plus loin, voir article dans le bulletin 2-2018 de l'APBG.

Les débuts de la domestication et de l'élevage

Quand, où et comment les humains ont-ils commencé à s'approprier les espèces animales

Par Jean-Denis VIGNE
Muséum national d'Histoire naturelle / CNRS.

La transition appelée néolithisation entre les hommes chasseurs cueilleurs et les éleveurs agriculteurs a été progressive et a commencé vers -11 000 avant JC c'est à dire avant l'holocène et le réchauffement climatique qui l'accompagne. Ce processus a provoqué l'anthropisation, la modification de l'environnement global par l'homme, dont la domestication n'en est qu'une composante.

Les écosystèmes naturels ainsi transformés, ont été d'abord anthropisés (modifiés par la présence humaine) et sont devenus anthropiques (transformés fortement par l'homme). Des taxons anthropophiles (Chevreuil, Belette par ex) des écosystèmes naturels ont été redistribués dans des écosystèmes anthropisés, les espèces commensales (Rat par ex) dans les écosystèmes anthropiques. Dans ces milieux, des espèces (Cheval, Chèvre) sont mêmes devenues domestiques.

Ces connaissances proviennent des méthodes archéologiques en exhumant les os des sédiments. Ces restes sont détenteurs de nombreuses informations corrélées : espèce, carbone 14 et datation, ADN ancien, sexe, âge d'abattage et traces de découpe et de cuisson.

La domestication a concerné une grande diversité d'espèces dans différentes régions : Amérique du Nord (Dinde), l'Amérique du Sud (Lama, Cobaye), l'Europe (Lapin), Le Moyen Orient (Chèvre, Mouton, Bœuf) et l'Asie (Chameau, Cheval).

La domestication du chien a été la plus ancienne, avant l'élevage (- 18 000 av JC), à partir du Loup gris de l'ancien monde, il a ensuite suivi l'homme en Amérique du sud, en Afrique et même en Australie (le Dingo , -6 000 ans av JC). Cette « transformation » du Loup en Chien s'est accompagnée de la multiplication des gènes permettant de digérer l'amidon, le chien s'est donc adapté à l 'écosystème anthropisé (premier OGM ? selon le conférencier).

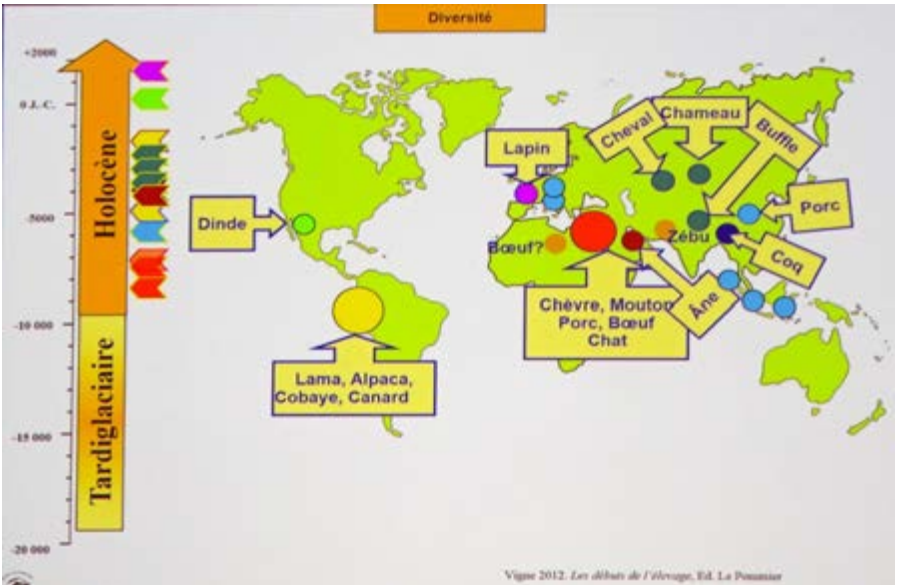
Un Chat a été trouvé dans un village chypriote Klimonas, de -8 800 ans avec des céréales et des Souris, une situation identique a été retrouvée en Chine avec le Chat léopard qui s'est rapproché de l'Homme pourvoyeur de Souris. Le chat est l'animal des agriculteurs, la domestication paraît être, pour cet animal, un rapprochement écologique.

Les scénarios ont différé de façon autonome dans différents foyers : Au Moyen-Orient, il y a eu successivement, sédentarisation, agriculture, élevage, poterie, constitution de villes et enfin invention de l'écriture (- 7 000 ans), plus à l'est en Chine, ce fut d'abord poterie, sédentarité, agriculture et élevage puis l'écriture et les villes vers – 4 000 ans av JC. La domestication s'est ensuite propagée par diffusion par exemple du moyen Orient (-6 800) vers le nord de l'Ecosse (-3 600).

Dans des fouilles à Akrotiri Aetokremnos (-12 500 ans, tardiglaciaire) dans l'île de Chypre il a été trouvé quelques restes de suidés et aussi à Klimonas (-10 600 ans),

c'est à dire que pendant environ trois millénaires, les hommes ont mangé du sanglier avant de l'élever. La domestication a permis progressivement à côté de la chasse, l'approvisionnement en viande, en lait. Elle a été aussi de source d'amendement et de traction animale. Enfin l'élevage le plus récent (XXI^{ème} siècle) concerne les poissons

La domestication a répondu à un déterminisme multifactoriel: changement climatique, accroissement démographique, progrès technique, facteurs sociaux et diversification alimentaire ?



Faunes quaternaires : relations Homme-Animal au Pléistocène supérieur en Europe

Marylène PATOU-MATHIS,
directrice de recherche CNRS, Muséum National d'Histoire Naturelle

Au quaternaire, les cycles glaciaires ont été à l'origine d'une grande diversité biologique. L'étude des faunes fossiles par les archéozoologues a permis notamment de reconstituer les paléo-écosystèmes et les comportements de subsistance des chasseurs-cueilleurs nomades qui les habitaient.

L'étude archéozoologique repose, à travers différentes étapes méthodologiques, sur :

- la paléontologie qui permet par anatomie comparée et anatomie fonctionnelle (locomotion, alimentation…) d'établir les taxons présents.
- la paléobiologie qui permet d'établir, par un ensemble de mesures biométriques et morphométriques, l'âge, le sexe (dimorphisme sexuel), taille (hau-

teur au garrot) et la masse des animaux découverts. Dans le cas d'un nombre important de restes, l'étude doit établir le nombre d'individus fossilisés sur le site, donc d'établir la taille du groupe animal fossilisé. Ceci est utile notamment pour déterminer s'ils appartiennent à un groupe d'abattage par l'Homme ou s'il s'agit d'un groupe issu d'une mort naturelle catastrophique (paléopathologie).

- la biochronologie qui permet d'établir la datation du site soit par datation isotopique des sédiments, soit par l'étude stratigraphique des apparitions et extinctions des espèces à évolution rapide.

La taphonomie complète l'étude des processus de fossilisation du site.

- La paléoécologie établit les exigences écologiques des différentes espèces afin de déterminer les caractéristiques de l'écosystème notamment le climat.
- Enfin la biogéochimie isotopique donne des informations sur les régimes alimentaires des organismes.

L'environnement pléistocène est très diversifié dans le temps (cycle glaciaire) mais aussi dans l'espace (en altitude et latitude) : en période froide en Europe, le renne et le mammouth dominent en Sibérie mais l'Espagne reste tempérée avec une faune d'Auroch, cerf et sanglier. Les bisons, rennes et chevaux sont difficiles à chasser et nécessitent une bonne connaissance du terrain et de l'anatomie de l'animal pour le tuer. Ainsi le « gibier préféré » diffère selon les lieux : à l'est le gibier préféré est le mammouth qui nécessite une spécialisation de groupes de chasseurs ; au sud (Espagne, Balkans) le gibier est plus varié (cerf, chamois, isard…).

Au pléistocène les carnivores très nombreux (hyène, ours, loup, isatis, lion des cavernes…) conditionnent aussi le comportement des chasseurs-cueilleurs nomades entre chasse, charognage et collecte.

Les animaux chassés sont traités pour l'alimentation (viande, graisse) et pour d'autres usages (peau, tendons, os) : réalisation d'outils décorés et sculptés (propulseurs…), de vêtements très élaborés avec l'utilisation de l'aiguille à chas, pour le bâti (ex : maison en os de mammouth dont les premières constructions sont néanderthaliennes), des parures, de l'art mobilier (os gravés de représentation animales, Vénus), de la musique (flûtes découvertes dès 360 000 ans) …

Quelle relation symbolique à l'animal ?

Contrairement à l'art mobilier où les os gravés représentent souvent l'animal dont l'ossement est issu, l'art pariétal montre peu de rapport direct entre l'animal peint et l'animal chassé :

- à Lascaux un seul renne est peint alors qu'il est l'aliment quasi exclusif, mais les représentations montrent de nombreux aurochs, chevaux, mammouths ;
- à Rouffignac, les gravures représentent des mammouths qui n'existent plus à l'époque dans la région ; à Chauvet de nombreux prédateurs sont représentés (lionne, hyène…) or on trouve peu de traces de la chasse de ces carnivores.

L'étude de cas de l'Aurignacien (36 500 – 23 800 ans), premiers H. sapiens en Europe, ayant orné la grotte Chauvet, montre que les chasseurs-cueilleurs exploi-

taient tous les biotopes mais leur gibier préféré était le cheval. Ils possédaient des traditions de chasse différentes selon les régions (renne, bison, mammouth…) et des traditions d'utilisation des animaux pour l'alimentaire ou autre (par exemple l'abri Pataud en Dordogne montre que le mammouth n'était pas consommé mais utilisé pour créer des perles d'ivoire pour les parures des morts).

Suite à une question de l'auditoire, Marylène Patou-Mathis précise que contrairement aux représentations de la préhistoire, les activités ne semblaient pas aussi sexées (les hommes chassent, les femmes cousent) : on a notamment découvert des femmes dont la dissymétrie morphologique est caractéristique des lanceurs de sagaies.

Les méthodes modernes de géochronologie

Par Marc POUJOL
Université Géosciences Rennes 1

Au cours des dernières décennies, la géochronologie a pris une importance de plus en plus grande dans des projets de recherche.

Elle permet de dater les processus géologiques mais permet également de comprendre et quantifier leur durée.

Elle permet de préciser et de redéfinir des périodes de l'échelle des temps géologiques. www.stratigraphy.org

Comment dater ?

Un rappel historique permet de citer les différentes étapes de l'utilisation de la radioactivité dans la datation en géologie.

Il y a deux grandes familles de méthodes de datation :

- En utilisant les éléments radioactifs intégrés dans les minéraux de la roche au moment de la cristallisation d'un magma
- En utilisant les éléments radioactifs induits par l'effet du rayonnement cosmique (éléments radioactifs formés en haute atmosphère ou à la surface terrestre en contact avec le rayonnement).

Le couple $^{37}Rb/^{38}Sr$ est peu utilisé en datation, on utilise plutôt le couple $^{92}U/^{82}Pb$. Les couples père/fils utilisés se sont enrichis et l'on peut ainsi dater grâce à de nombreux minéraux.

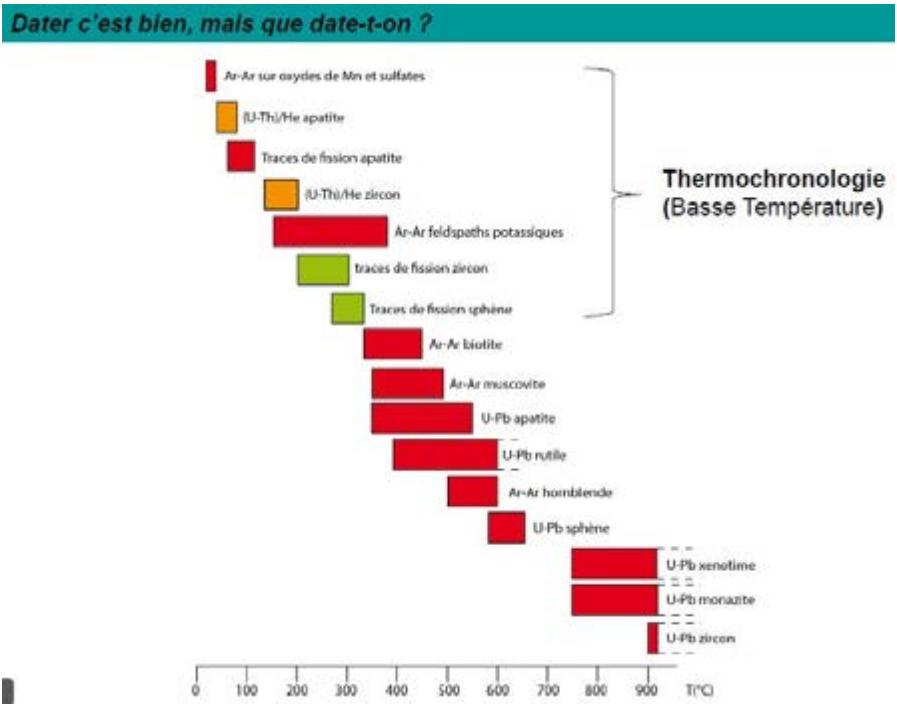
Que date-t-on ?

Dans le cas du minéral horloge, on date le moment de fermeture du système.

On peut ainsi dater le moment de cristallisation d'une roche volcanique, ou mesurer la vitesse de refroidissement d'un magma.

Les radioéléments induits par les rayons cosmiques à haute énergie, per-

mettent de dater le moment où le système n'est plus en contact avec l'atmosphère ou au contraire les différents moments où il entrera en contact avec l'atmosphère (exemples: la vitesse de recul d'un glacier, la datation de paléoséismes…)



Quels progrès ces dernières décennies en datation absolue ?

La miniaturisation de l'échantillonnage :

D'une analyse multigrains, on est passé à une analyse « monograin » à partir de 1975.

Dans les années 80, la technique SIMS permet d'abraser la surface d'un grain et d'en faire une mesure in situ pour des échantillons de 20 micromètres de diamètre. Vers 2015, la technique s'affine encore (NANO-SIMS) : un échantillon de 3 micromètres de diamètre permet de dater des petits minéraux de 4 micromètres.

En 2014, ATOM-PROBE permet une datation atome par atome grâce à un laser qui déloge les atomes de la surface du même minéral (et ainsi raconter l'histoire évolutive de ce minéral).

La précision de la datation a également progressé : cette précision permet de changer le vocabulaire utilisé depuis environ 10 ans : la date est le chiffre qui sort de la machine, mais une analyse permet de donner un âge (pas toujours possible).

Des datations absolues multi-éléments :

Si la datation n'était possible que dans très peu de minéraux (Zircon, Monazite), maintenant, les mesures sont possibles sur de plus en plus de minéraux et en simultané.

Quelques exemples sont expliqués :

- on peut dater mais également savoir si une roche plutonique est d'origine mantellique ou crustale.
- l'utilisation de la datation de cristaux de calcite par la méthode U/Pb permet de montrer dans un fossile d'Ammonite qu'il y a une cimentation en 2 temps (encore impossible il y a 5 ans).
- on peut dater directement sur une lame mince, pas seulement sur un minéral séparé de la roche (il y a 10 ans, c'était impossible).

La pétrochronologie :

Elle utilise tous les progrès (analyse in-situ, en contexte, multi-éléments …) en combinant une étude pétrographique, géochimique et géochronologique et ce afin de savoir exactement ce que l'on date dans une roche. Ainsi on peut raconter son « histoire ».

- 1er exemple explicité : une datation du faciès éclogite (publication de Rubatto, 2002). Le pic de métamorphisme est daté grâce à l'âge des excroissances du grenat.
- 2ème exemple, la pétrochronologie a permis de comprendre la mise en place des éclogites de Najac au sud du Massif Central (publication de Lotout et al, 2018).

Les cellules du cerveau

Alain BESSIS
Institut de Biologie de l'Ecole Normale Supérieure de Paris

Alain Bessis est directeur de recherche au CNRS et professeur attaché à l'ENS, Institut de Biologie, Ecole Normale Supérieure, Inserm 1024 – CNRS 8197. Ses travaux ont contribué à montrer que les microglies, les macrophages du cerveau, ont plusieurs rôles physiologiques dont celui de régulateur de la fonction des synapses.

Le cerveau, fabuleux trésor de l'humanité

Dans la première partie de son exposé, illustrée avec précision par des documents d'archives et les descriptions minutieuses de célèbres scientifiques (Van Leeuwenhoek, Von Gerlach, Golgi, Schwann, Cajal,...), Monsieur Alain Bessis a retracé l'historique des recherches sur le cerveau et les cellules cérébrales et montré comment au fil du temps, à travers l'évolution des idées, des progrès scientifiques et médicaux, le cerveau et les cellules cérébrales sont devenus des objets de curiosité.

Depuis l'apparition des nouvelles techniques d'imagerie médicale, les recherches sur le cerveau ont bénéficié d'un véritable foisonnement, d'une incroyable frénésie d'études. Les découvertes à son sujet se multiplient, et le fonctionnement de cet organe est peu à peu dévoilé.

Le cerveau, une machinerie impressionnante

Dans la deuxième partie de l'exposé, Monsieur Alain Bessis nous a montré que l'efficacité extraordinaire de notre cerveau repose sur les interactions harmonieuses des différentes cellules cérébrales et que beaucoup de pathologies du cerveau sont liées à des altérations de ces interactions.

Notre cerveau est constitué, entre moitié de neurones et pour l'autre moitié, de différents types de cellules appelées collectivement « cellules gliales ». Ces cellules gliales, réparties en quatre familles (astrocytes, oligodendrocytes, microglies et épendymocytes), jouent un rôle protecteur et complémentaire très important pour l'activité neuronale et la propagation du message nerveux. Elles soutiennent, nourrissent, nettoient et protègent les cellules cérébrales dans leur ensemble.

Pour pouvoir conduire et transmettre les signaux électriques et donc coder de l'information, les 100 milliards de neurones ont besoin d'une quantité considérable d'énergie. Cette contrainte énergétique majeure a façonné les interactions entre les types cellulaires et a permis de comprendre les rôles des astrocytes, des 100 milliards des cellules épithéliales des vaisseaux et finalement indirectement, des microglies. En plus d'un rôle dans le métabolisme énergétique ces cellules ont développésdes fonctions spécifiques supplémentaires qui contribuent à rendre notre cerveau encore plus performant.

Les astrocytes, de forme étoilée, aux nombreux prolongements radiaires, sont les plus grosses cellules du système nerveux. Ils assurent un support mécanique aux neurones. Ils les approvisionnent en nutriments et assurent l'équilibre du milieu extracellulaire. Ils agissent sur le comportement des neurones et interviennent au niveau de la mémoire et du sommeil. Ils constituent une interface fonctionnelle entre les neurones et les vaisseaux sanguins.

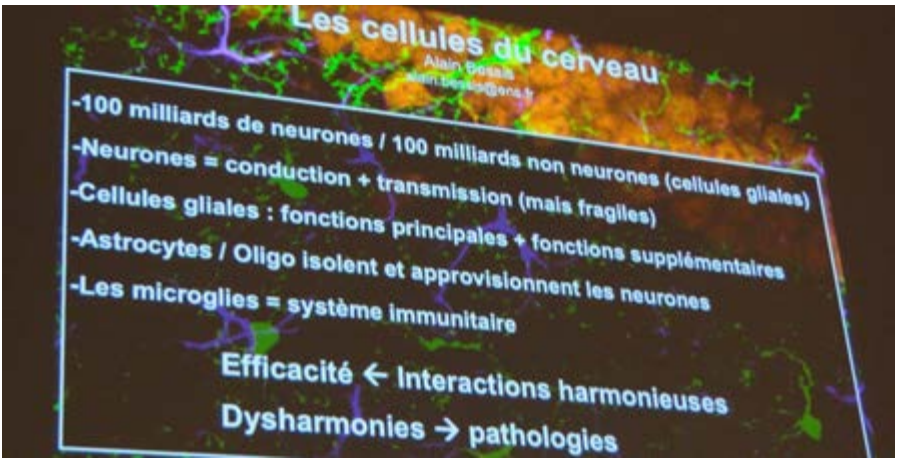
Les oligodendrocytes, de plus petite taille, fabriquent la gaine de myéline qui entoure les axones de nombreux neurones dans le cerveau et permet l'accélération de la propagation du message nerveux. Outre l'isolation, ils régulent aussi la circulation du liquide céphalo-rachidien.

Les microglies, d'origine hématopoïétique, sont les macrophages du cerveau. Ils participent à la défense immunitaire du cerveau et de ses neurones en détruisant les microbes et en éliminant les déchets des cellules qui dégénèrent.

Les épendymocytes, cellules épithéliales bordant le canal de l'épendyme et les ventricules cérébraux, assurent l'interface entre le système nerveux et le liquide céphalo-rachidien et le font circuler grâce à la présence de cils mobiles.

Cette conférence, très appréciée des participants, a été une excellente mise à jour des connaissances sur le rôle les cellules du cerveau.

Discussions d'après conférence.



Le résumé de la conférence

Les perturbateurs endocriniens : leurs effets sur la santé et le développement du cerveau.

Jean-Baptiste FINI , CR CNRS
Museum d'Histoire Naturelle,
Unité de Recherche UMR 7221 «Evolution des régulations endocriniennes»

En introduction, quelques rappels des maux de nos sociétés modernes, en Europe :

- Des problèmes de la fonction de reproduction
- Des augmentations de cancers
- Une augmentation de l'obésité et des maladies associées
- Les maladies neurodéveloppementales et les expositions aux molécules neurotoxiques connaissent une augmentation exponentielle.

Quelles sont les molécules incriminées ? Elles appartiennent à TOUS les groupes chimiques.

Rappel sur l'origine du concept des perturbateurs endocriniens : la législation.

Le livre de Theo Colborn « Our Stollen Future » a permis de faire avancer les

choses : il montre par des faits scientifiques qu'il existe des perturbations des fonctions physiologiques par des substances présentes dans l'environnement.

La vie fœtale est un moment crucial d'exposition aux perturbateurs endocriniens. Les conséquences peuvent se manifester à n'importe quel âge.

Il sera donc très compliqué de prouver qu'une substance ayant agi durant la vie fœtale est responsable d'une maladie qui se développe tardivement à l'âge adulte.

En 2008, la loi REACH (enRegistrement, Évaluation, Autorisation et restriction des substances Chimiques) est adoptée par l'EU, mais il n'y a pas d'obligation réglementaire.

La définition d'un perturbateur endocrinien :

C'est une substance ou un mélange de substances altérant les fonctions du système endocrinien et induisant des effets nocifs sur la santé d'un organisme intact ainsi que sur sa descendance.

Le texte final a été adopté en février 2018 pour les biocides et en avril 2018 pour les produits phytosanitaires.

Différentes approches pour tester l'activité de mélanges de substances chimiques et l'impact sur la physiologie

Les méthodes classiques d'étude toxicologique ne peuvent pas forcément être transposées aux perturbateurs endocriniens : une molécule seule n'a pas forcément d'effet mais c'est la combinaison avec une ou plusieurs autres molécules qui a un effet. C'est l'effet synergique.

Il faut inventer de nouvelles méthodes d'étude.

Où se trouvent les perturbateurs endocriniens ?

Les perturbateurs endocriniens sont soit des produits chimiques utilisés comme pesticides, des polluants industriels, des produits pharmaceutiques, mais également des hormones naturelles (animales ou humaines), des phytohormones.

Les sources d'exposition sont l'environnement (air, eau, nourriture) ou l'exposition professionnelle.

Les effets sont visibles sur la fonction de reproduction et la fonction thyroïdienne de nombreuses espèces (chez tous les Vertébrés). Ils ont un impact sur la santé humaine.

Ont été démontrés les effets :

- du DDT-dichlorodiphényltrichloroéthane puissant insecticide,
- du diéthylstilbestrol (DES, commercialisé en France sous le nom Distilbène),
- d'une exposition au Bisphénol A (présents dans les plastiques),

Comme perturbateurs de la fonction de reproduction, induisant des malformations de l'appareil reproducteur, l'apparition de cancers, ou augmentant l'adipogenèse.

Les hormones thyroïdiennes jouent un rôle crucial au cours du développement et particulièrement d'un développement harmonieux du cerveau.

De faibles concentrations en hormones thyroïdiennes maternelles au début de la grossesse entrainent une baisse des capacités intellectuelles, une diminution de la matière blanche et une réduction du volume cortical.

Des études ont démontré que la métamorphose du têtard en grenouille est sous le contrôle des hormones thyroïdiennes.

Un test validé par l'OCDE permet de cibler les perturbateurs thyroïdiens. Il est basé sur un têtard transgénique : il est fluorescent sans hormones thyroïdiennes et l'intensité de la fluorescence est hormone dépendante.

Le mélange des 15 substances avec les concentrations les plus faibles trouvées dans le liquide amniotique de 54 femmes américaines a des effets perturbateurs puissants.

Ainsi, il est montré que les fœtus se développent dans une soupe chimique qui n'est pas inerte et qui perturbe la signalisation thyroïdienne.

Les conséquences sur le développement du cerveau suite à une exposition *in utero* de ces neurotoxiques sont irréversibles.

Les décisions prises à l'heure actuelle sous estiment les risques dûs aux effets de mixture et les fenêtres de vulnérabilité.

Réponse à une question sur le « glyphosate » : Ils ont testé le glyphosate et il n'y a pas d'augmentation du taux de cancers. Par contre, le mélange de molécules présentes dans l'herbicide Roundup, lui, augmente le taux de cancers.

Le réchauffement climatique – du diagnostic à l'action

Par Jean JOUZEL,
Directeur de recherche émérite au CEA, ancien vice-président du groupe de travail scientifique du GIEC

En 1987, les résultats de l'étude des glaces de Vostok et la correspondance entre température de l'air, et les taux de CO_2 et CH_4 ont permis la prise de conscience du lien en effet de serre et réchauffement climatique, à l'origine de la création du GIEC en 1988. Sa mission est d'évaluer la situation climatique pour donner des informations scientifiques aux décideurs, mais pas de mettre en œuvre des recherches, ni de faire des recommandations.

Le diagnostic

La première convention du climat (COP1) à Berlin en 1985 puis la COP3 à Kyoto ont établi la nécessité de réduire la production anthropique de CO_2 pour stabiliser la température mondiale. En 2009 à Copenhague (COP15), seuls l'Europe et quelques pays (15% des producteurs) ont ratifié l'accord de réduction de la hausse de tempé-

rature à +2°C. A Paris en 2015, la COP21 s'appuyant sur le cinquième rapport du GIEC, établit l'accord actuel largement ratifié de réduction à +1,5°C associé à une enveloppe financière d'aide aux pays en développement.

Au cours de cette même période, le taux de CO_2 a augmenté de +40%, celui de méthane a été multiplié par 2,6 et celui des oxydes d'azote (autres gaz à effet de serre) a augmenté de 20%. L'année 2016 a été l'année record de température avec un effet Niño maximal ; 2017 a été la deuxième année la plus chaude et 2018 semble se placer au 3ème ou 4ème rang. Le réchauffement moyen enregistré entre 1981 et 2001 a été de +0,5°C. Sur la même période les variations solaires et l'activité volcanique n'ont participé au réchauffement qu'à hauteur de 0,1°C.

Depuis le début de l'ère industrielle la quantité d'énergie excédentaire a augmenté de 1%. Elle est absorbée par les océans (93%) et la fonte des glaces (3%), d'où une hausse du niveau marin estimée à +3 mm/an.

L'avenir ?

Le scénario « émetteur » (RCP8.5) correspondant à la production actuelle, prédit un réchauffement de 5°C avec un maximum de 7°C pour l'arctique, sans stabilisation du climat au-delà de 2100.

Plusieurs catégories de risques sont à envisager :

- l'acidification des océans, le blanchiment des coraux…
- les phénomènes extrêmes (canicules, sécheresses, cyclones…)
- les populations en danger (réfugiés, ressources en eau potable, inondations…) : on constate l'augmentation des inégalités entre les pays vulnérables et non vulnérables, ce qui crée un frein à l'évolution des civilisations.
- l'érosion de la biodiversité : comme exemple, la vitesse maximale des migrations des zones climatiques prévue est de 70 km/décennie or les plantes herbacées, les arbres, les rongeurs et les primates suivent une vitesse de migration inférieure à 20 km/décennie. Par conséquent, les rendements mondiaux des cultures devraient baisser à partir de 2030.
- l'accroissement des phénomènes irréversibles (fonte du permafrost, niveau des mers...) : l'élévation du niveau des mers prévisible sera de 80 centimètres à 1 mètre à la fin du siècle ; jusqu'à 2 à 3 mètres à la fin du siècle suivant, et à l'échelle du millénaire la fonte définitive du Groenland soit une hausse de 7 mètres !

En France, le scénario RCP 8, prévoit un réchauffement de 5 à 6°C en 2100 (1°C en moins sur la façade atlantique).

2003 (été caniculaire) a été l'année la plus chaude référencée, avec +3°C par rapport à l'été de référence du siècle, il deviendra habituel à partir de 2050. Les records de température entre 1950 et 2005 sont de 42 à 42,7°C en France ; ils seraient de 48,5 à 53,5°C en 2100.

Comment stabiliser le climat ?

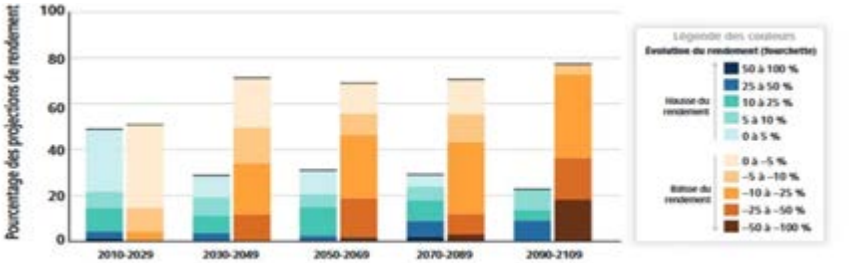
Pour une augmentation réduite à +2°C, la neutralité carbone doit être atteinte en 2075 donc 70% de nos « droits à produire » sont déjà utilisés. Pour une hausse

réduite à +1,5°C (scénario « sobre » = RCP2.6 et accords de Paris) il faut la neutralité carbone en 2050 et une production divisée par 3, cela signifie qu'il faut laisser 90% de nos réserves actuelles de combustibles fossiles où elles sont !

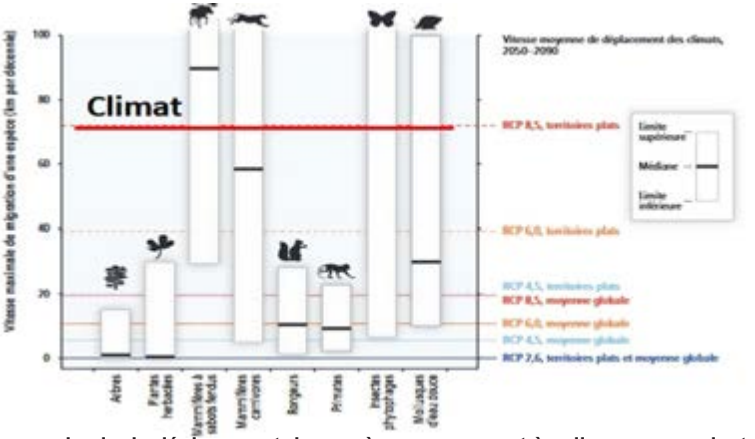
Une partie du chemin étant déjà engagée, ces accords ne pourront être tenus sans envisager des technologies de piégeage du CO_2 (biomasse, sous-sol…) car il faudra piéger l'équivalent de 25 ans de la production actuelle.

Cependant cet effort technologique et financier important (2% du PIB de chaque pays d'Europe) devrait générer 6 millions d'emplois en moyenne en Europe, soit 600 000 à 900 000 emplois en France à l'horizon 2050 (bâtiment, énergies renouvelables, réparations…).

Deux idées que l'on voit rarement : impact sur la biodiversité et sur l'agriculture.



Les rendements des principales cultures (blé, riz, maïs et soja) seront affectés dans les régions tropicales et tempérées.



Vitesse maximale de déplacement des espèces par rapport à celle correspondant à la température en 2100.