

Une banque de café arabica

Une nouvelle méthode de conservation des grains de café.

Parmi les 80 espèces de caféiers répertoriées dans le monde, seules deux d'entre elles sont cultivées : *Coffea arabica* et *Coffea canephora*, alias Robusta. L'arabica est moins amer, plus aromatique et contient deux fois moins de caféine que le Robusta, mais résiste moins bien aux parasites. Comment améliorer les variétés cultivées pour qu'elles allient qualités gustatives et résistance aux parasites ? Les biologistes de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) étudient le génome des différentes espèces de café, afin de repérer les caractères qui les intéressent et les possibilités de les introduire par hybridation dans les variétés cultivées. Pour étudier toutes les ressources génétiques de café, ils doivent le conserver longtemps : Stéphane Dussert et ses collègues, de l'IRD de Montpellier, ont mis au point une technique de conservation des graines d'Arabica dans l'azote liquide.

Contrairement aux graines des espèces cultivées sous les latitudes tempérées, les graines du café ne supportent pas la déshydratation ni les basses températures. Aujourd'hui, les collections de café sont conservées « au champ », c'est-à-dire sous forme de plantations qui doivent être cultivées et entretenues (la plus importante se trouve au Costa Rica). Elles sont coûteuses et exposées aux aléas climatiques, aux maladies et aux attaques des ravageurs. Comment pourrait-on conserver des graines « hors champ » ?

Elles ne survivent pas à une immersion directe dans l'azote liquide, car l'eau qu'elles contiennent déchire les mem-

branes cellulaires lorsqu'elle se transforme en glace. Les graines sont placées dans des enceintes dont le taux d'humidité est abaissé, afin que la déshydratation ait lieu. Au cours de la phase suivante de congélation, l'eau résiduelle forme une phase qui n'endommage pas l'intégrité des cellules. Cette phase commence par un refroidissement lent jusqu'à -50°C , où les lipides cristallisent sous une forme qui ne met pas la survie des cellules en danger. Alors seulement, les graines sont plongées dans l'azote liquide.

Pour que les graines retrouvent leur pouvoir germinatif, les biologistes de l'IRD les réchauffent, puis les réhydratent en les plaçant dans une solution dont le potentiel osmotique (les concentrations en électrolytes non diffusibles) est adapté pour que l'eau pénètre lentement dans les graines. Adaptée aux graines de café, cette méthode semble, de surcroît, réparer certains dommages dus au procédé de cryoconservation. Elle inhiberait notamment les radicaux libres nuisibles, responsables des réactions d'oxydation qui accélèrent le vieillissement des cellules. Les grains de café pourraient ainsi être conservés de façon quasi illimitée. Grâce à ce procédé, on dispose aujourd'hui de la première cryobanque de *Coffea arabica*, version moderne de la collection au champ.



Graines de *Coffea arabica*.

Claude Dejoux, IRD

220 millions d'années, 23 mètres de long...

Comment se nourrissait le plus grand reptile marin ?

En 1994, la paléontologue canadienne Elisabeth Nicholls a découvert un ichtyosaure, reptile marin géant, vieux de 220 millions d'années, dans le lit d'une rivière de Colombie britannique. Depuis, les paléontologues travaillent à la récupération de ce fossile. Le travail est titanesque : le fossile est sur un terrain accidenté et boisé, la rivière recouvre les roches contenant le fossile une partie de l'année, et le climat est si rigoureux que l'on ne peut creuser que pendant quelques semaines en été. Encore faut-il lutter contre les moustiques qui infestent la région, et se garder des grizzlis et ours noirs qui rôdent aux alentours.

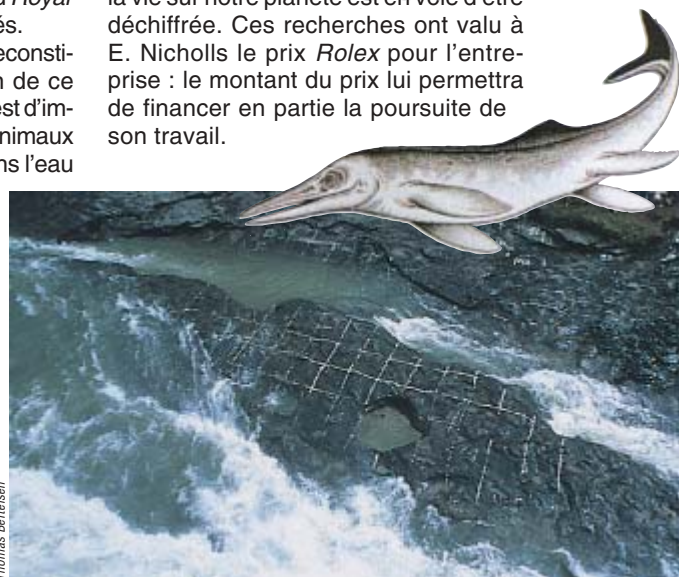
Après plusieurs années de travail, E. Nicholls et son équipe de 17 paléontologues ont dégagé, en 1999, le crâne et des éléments de nageoires enfouis dans le calcaire pour en étudier les caractéristiques au laboratoire. Le crâne comporte

un museau allongé qui ressemble à celui du grand dauphin moderne, mais en beaucoup plus volumineux. Les cinq blocs de calcaire contenant le crâne ont été enlevés par hélicoptère et convoyés au *Royal Tyrrell Museum* pour être analysés.

Quand la mâchoire aura été reconstituée, l'énigme de l'alimentation de ce reptile sera élucidée. La question est d'importance : la plupart des grands animaux marins trouvent leur nourriture dans l'eau de mer en filtrant celle-ci à travers une série de fanons fixés à leurs mâchoires. Le cachalot est la seule exception parmi les grosses baleines : il a des dents pour saisir et mastiquer ses proies, par exemple le calmar géant. Quel était le mode d'alimentation de notre ichtyosaure ? L'étude de sa dentition constituera un jalon décisif dans notre connaissance des reptiles marins préhistoriques. Le crâne est en cours d'examen à l'aide de marteaux-piqueurs miniatures... Le grand espoir est que l'estomac de l'animal contiendra des restes de nourriture. La taille de ce nouveau spécimen retient l'attention, mais quand les caractéristiques des os seront décrites, peut-être retrouvera-t-on dans

les tiroirs des musées d'autres ossements semblables, ce qui permettrait de préciser son implantation géographique.

Une nouvelle page de l'histoire de la vie sur notre planète est en voie d'être déchiffrée. Ces recherches ont valu à E. Nicholls le prix *Rolex* pour l'entreprise : le montant du prix lui permettra de financer en partie la poursuite de son travail.



Thomas Bertelsen

Site du fossile de l'ichtyosaure, la rivière Sikanni Chief : le quadrillage repère les différentes parties de l'animal et correspond au découpage de la roche avant son enlèvement par hélicoptère pour étude au laboratoire. En haut, reconstitution d'un ichtyosaure.

Prairies sous dioxyde de carbone

Les prairies pourraient jouer le rôle de réserve de carbone, limitant ainsi l'effet de serre.

La concentration du gaz carbonique augmente. Elle est aujourd'hui supérieure d'un tiers à la valeur qu'elle avait avant l'ère industrielle, il y a quelque 100 ans, et d'après les prévisions, elle devrait doubler d'ici 50 ans, ce qui devrait se traduire par une hausse de la température moyenne de près de 3 °C. Jean-François Soussana et Pierre Loiseau du Centre de recherche de l'INRA de Clermont-Ferrand ont étudié les répercussions de ces changements climatiques sur la croissance de l'herbe dans les prairies. Ils en concluent que la production des prairies augmentera, de sorte que les éleveurs pourraient nourrir davantage d'animaux.

Les agronomes voulaient étudier les conséquences d'un doublement de la concentration en dioxyde de carbone et d'une augmentation de la température de 3 °C, les autres conditions climatiques restant inchangées. Pour ce faire, ils ont planté une espèce de graminée très commune dans les prairies françaises sur un sol limoneux initialement pauvre en matière organique. Ils ont protégé les plantations par trois «tunnels» de polyéthylène. Ils ont fait circuler dans deux des tunnels une concentration en dioxyde de carbone deux fois supérieure à la normale, et la température de l'un des tunnels était maintenue à 3 °C au-dessus de la température ambiante. Un des tunnels laissés dans les conditions ambiantes servait de référence.



Une parcelle de prairie a été exposée durant plusieurs mois à une concentration élevée en dioxyde de carbone ; le gaz était diffusé par des anneaux sur le couvert végétal. Le rendement a été amélioré, mais les caractéristiques biologiques des plantes ont été modifiées.

Afin d'évaluer comment les graminées absorbent l'azote sous concentration élevée en dioxyde de carbone, les agronomes ont stimulé la croissance de l'herbe à l'aide d'un engrais azoté. Puis, ils ont arrosé les prairies et imité la fauche et le pâturage en tondant à intervalles réguliers.

Que peut-on conclure de cette étude ? Pour les plantes, le dioxyde de carbone est une ressource puisqu'elles fabriquent leurs tissus grâce à la photosynthèse. Afin d'apprécier l'effet de l'accroissement de cette ressource, les agronomes ont étudié le cycle du carbone dans leurs prairies modèles. Pendant les deux ans et demi qu'a duré l'expérience, ils ont fait le bilan des échanges gazeux aériens et souterrains. Ils ont aussi suivi le trajet souterrain du dioxyde de carbone qui avait été marqué au carbone 13. Ces mesures montrent que la photosynthèse augmente et que les échanges entre le compartiment souterrain et l'atmosphère sont de plus en plus rapides et intenses. En réaction à l'augmentation du dioxyde de carbone atmosphérique, le sol stocke notablement plus de carbone. On en déduit que les prairies pourraient jouer un rôle de «puits de carbone».

Ces modifications du cycle du carbone s'accompagnent aussi d'un changement du cycle de l'azote dans le sol : la disponibilité de l'azote minéral pour les végétaux diminue et le développement de l'herbe et autres légumineuses est favorisé. Si le comportement des plantes évolue, leur valeur nutritive aussi. D'après diverses mesures, l'herbe qui pousse en présence d'une concentration supérieure en dioxyde de carbone contient plus de sucres solubles : elle a, par conséquent, une plus grande valeur énergétique, mais contient moins de protéines. Ces résultats ont été confirmés au cours d'une seconde expérience : des blocs de prairie semi-naturelle ont été exposés durant deux ans à une atmosphère contrôlée de dioxyde de carbone émis par des anneaux diffusant le gaz sur le couvert végétal (voir l'illustration).

Ainsi, l'effet de serre et le changement climatique qu'il provoque devraient augmenter le rendement d'une prairie du Massif central de quelque 20 pour cent, à condition que la pluviométrie ne change pas. Toutefois, ces résultats sont fondés sur des données expérimentales obtenues grâce à une augmentation brutale de la concentration en dioxyde de carbone. Or, loin d'être brusque, l'augmentation de cette concentration dans l'atmosphère s'étalera sur plusieurs dizaines d'années. Sur une telle période, les plantes évolueront, de même que les pratiques agricoles et celles des éleveurs. Quoi qu'il en soit, l'effet de serre aura sans doute des effets inattendus.

Le mystère du fond diffus

Les rayons X qui baignent le cosmos viendraient du cœur brillant des galaxies.

Dans les années 1960, dès les premières observations du rayonnement X interstellaire, avec des instruments embarqués dans des fusées, les astrophysiciens ont mis en évidence la présence d'un fond diffus : une émission continue de rayons X qui baigne tout le cosmos. Quelle en est l'origine ? Les rayons X sont libérés lors de phénomènes qui mettent en jeu des énergies énormes, où les températures sont comprises entre un million et 100 millions de degrés. Le rayonnement du fond diffus est-il émis par une multitude de sources ponctuelles que l'on n'a pas encore repérées ou est-il émis par le gaz chaud qui est présent entre les amas de galaxies ? Les données transmises par le satellite XMM-Newton et qui ont été étudiées par Philippe Ferrando et ses collègues, du Service d'astrophysique du Commissariat à l'énergie atomique de Saclay, confirment la première hypothèse et nous éclairent sur la nature des sources ponctuelles.

Depuis 30 ans, les astrophysiciens ont essayé de détecter des sources ponctuelles de rayons X dont la sommation des émissions reconstituerait le fond diffus. Toutefois, dans notre Galaxie, des nuages de gaz absorbent les rayons X de faible énergie (inférieures à un kiloélectronvolt). Les observations se sont donc portées sur une région du ciel, où le gaz interstellaire est moins dense : le «pointé de Lockman», dans la constellation de la Grande Ourse, qui, en absorbant peu de rayons X de faible énergie, autorise une analyse sur une large gamme d'énergie.

Les satellites qui ont précédé XMM-Newton ont détecté des sources ponctuelles responsables de 80 à 90 pour cent du fond diffus dans la gamme des faibles énergies (de 0,5 à 2 kiloélectronvolts) et de 30 pour cent, des énergies moyennes et hautes (entre 2 et 5 kiloélectronvolts pour les énergies moyennes et entre 5 et 10 pour les énergies élevées). Avant XMM-Newton, on ignorait l'origine des 10 pour cent de faibles énergies et des 70 pour cent des énergies moyennes et élevées restants.

Les rayons X sont très pénétrants et traversent les miroirs de détection des télescopes, sauf pour des incidences