

brai d'écorce de bouleau, très adhérent, l' α -, la β -amyrine ou le β -sitostérol pour d'autres goudrons végétaux issus de feuillus, tels l'aune, le chêne ou le hêtre.

Deux échantillons étaient constitués d'hydrocarbures associés à des acides gras et à du cholestérol : vraisemblablement un mélange de bitume et d'une matière grasse animale qui jouait le rôle de plastifiant et améliorait l'adhésion. L'utilisation du bitume est connue au Proche-Orient depuis 40 000 ans, mais c'est la première fois qu'elle est mise en évidence au Néolithique en Europe sur la base d'analyses chimiques.

Les préhistoriens pensaient jusqu'à présent qu'en Europe tempérée, les adhésifs néolithiques étaient surtout fabriqués à base de brai de bouleau. La diversité des matériaux est donc surprenante, d'autant plus qu'ils sont tous utilisés pour la même fonction, l'emmanchement de flèches. Comme la production de céramiques, la fabrication de

ces adhésifs relève probablement d'activités domestiques, fortement dépendantes des traditions familiales au sein des différentes maisonnées : les matières premières et les températures auxquelles elles sont transformées sont spécifiques à chacune. Cette diversité aurait été renforcée par le mélange des adhésifs récupérés et réutilisés après l'abandon des pointes en silex.

Les adhésifs à base de bitume, dont il n'existe aucun gisement naturel à proximité du site, proviennent probablement d'échanges, dans le cadre de contacts qui ont été démontrés par ailleurs, entre les habitants de Chalain et ceux des villages néolithiques situés dans l'Ouest de la Suisse. Mais il est trop tôt pour déterminer la nature exacte et le niveau des échanges : l'objet de l'échange était-il le bitume seul, ou la flèche déjà emmanchée dans la hampe ?

En outre, la diversité des adhésifs témoigne de l'évolution des techniques

au cours du temps : certains d'entre eux ont été utilisés à toutes les époques, tandis que d'autres sont caractéristiques de périodes chrono-culturelles déterminées. Quelques-uns des goudrons végétaux ainsi que les adhésifs à base de bitume ont en effet seulement été retrouvés dans des niveaux datés de la période Horgen (3200 à 3100 avant notre ère), alors que d'autres sont absents pendant cette période, mais représentés pendant la seule période Clairvaux (3040 à 2950 avant notre ère). Pendant cette dernière période, les types d'adhésifs utilisés étaient en outre moins nombreux : comme celle des autres matériaux et objets plus classiquement étudiés en archéologie préhistorique, la fabrication des adhésifs obéit à diverses traditions techniques qui ont évolué au cours du temps.

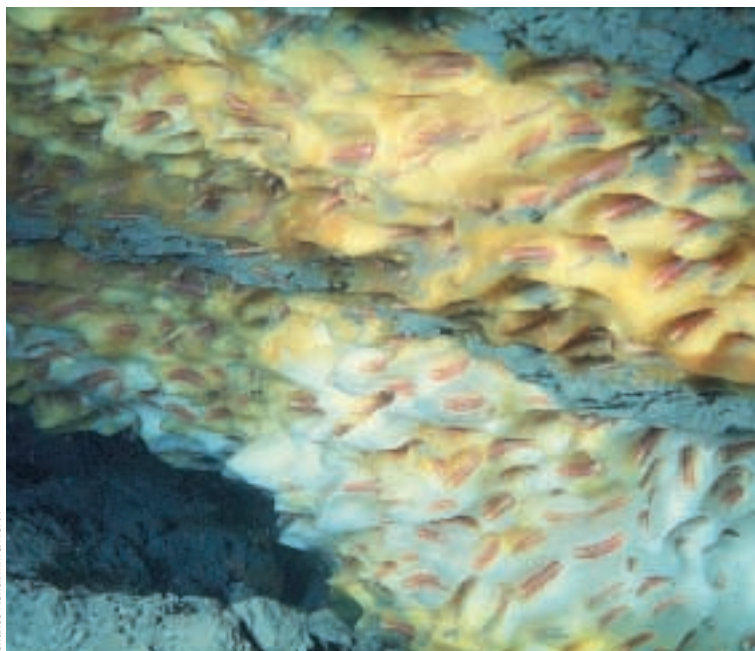
M. REGERT, UMR 171, LRMF et ENS,
P. PÉTREQUIN, UMR 6565 CNRS
et Université de Franche-Comté

Vers des mers

Le fond des mers serait peuplé de plus de dix millions d'espèces animales, dont un millier à peine a été répertorié. Aussi, la découverte d'une nouvelle espèce ne semble guère importante... sauf si elle occupe un habitat peu hospitalier. Dans le golfe du Mexique, à l'aide d'un sous-marin téléguidé, Carl Fisher, de l'Université de Pennsylvanie, et son équipe, ont découvert une colonie de vers bivalves sur de la glace de méthane.

Dans les sédiments, l'activité bactérienne produit du méthane qui est ensuite transporté par des courants qui y circulent. Lorsque cette eau chargée en méthane est comprimée et refroidie (à quelques degrés), des glaces de méthane se forment, le plus souvent enfouies à plus de 500 mètres dans les sédiments marins. En Méditerranée et dans le golfe du Mexique la glace de méthane peut affleurer sous la forme de monticules de quelques mètres de large.

Près des sources de fluides froids, chargés en hydrocarbures, en éléments minéraux réduits (sans oxygène), en sel ou en hydrogène sulfuré, les biologistes connaissent des commu-



Dans le golfe du Mexique, à plus de 600 mètres de profondeur, une dense colonie de vers vit sur un affleurement de méthane solidifié.

nautés de vers bivalves qui vivent en symbiose avec des bactéries. Ces bactéries utilisent l'énergie chimique des éléments contenus dans les fluides comme source d'énergie pour synthétiser de la matière organique nécessaire à la survie des vers. Sur les glaces de méthane, où la concentration en hydrocarbures est extrême, on pensait que des organismes similaires ne pouvaient survivre.

En profondeur, le seul moyen d'étude efficace est le sous-marin. En juin dernier, à 250 kilomètres au Sud de la Nouvelle-Orléans, le sous-marin de poche télécom-

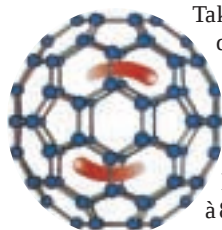
mandé de l'équipe de biologistes plonge à plus de 600 mètres de profondeur. Il photographie, sur la glace de méthane, des milliers de vers de quelques centimètres de long. Quelles sont les relations entre ces vers et les sources gazeuses ? Les biologistes supposent que ces vers se nourrissent de bactéries présentes sur les monticules ou vivent en symbiose avec elles. Plusieurs vers ont été extraits de leur habitat et rapportés au laboratoire pour y être étudiés. Une question se pose : jouent-ils un rôle dans la manière dont ces dépôts se forment et se dissolvent ?

Filets préhistoriques

Nos ancêtres chassaient-ils au filet il y a 25 000 ans? Une équipe américaine affirme que des empreintes conservées dans de l'argile des sites de Pavlov et de Dolni Vestonice, en République tchèque, ont été laissées par des fibres textiles. Les traces de nœuds qu'ils ont identifiées seraient caractéristiques de l'assemblage de mailles. Cette découverte coïncide avec les nombreux restes de petits mammifères découverts sur les mêmes sites, et que les populations préhistoriques auraient piégés au filet.

Danse d'atomes

La molécule à 60 atomes de carbone, le fullerène, suscite études et surprises.



Takeshi Akasaka et ses collègues de l'Université de Niigata ont observé que, dans une molécule voisine, de formule La_2C_{80} , à la température ambiante, les deux atomes de lanthane piégés dans la cage à 80 atomes de carbone tournent comme des écureuils en cage sur un cercle déterminé par la position des atomes de carbone liés en pentagones.

La couleur des oiseaux

Dans de nombreuses espèces d'oiseaux, les «belles» couleurs d'un mâle lui gagnent les préférences des femelles. Selon A. Bennett, de l'Université de Bristol, nous ne pouvons comprendre le détail de ces préférences avec nos yeux : chez les étourneaux, la réflectance du plumage des mâles aux longueurs d'onde de l'ultraviolet, que les oiseaux perçoivent mais pas les humains, est l'un des critères qui déterminent le choix des femelles.

Oscillation superfluide

Voici plus de 30 ans, B. Josephson et R. Feynman avaient prévu l'oscillation quantique des superfluides. Des physiciens américains l'ont observée : ils ont séparé deux compartiments d'hélium superfluide à une pression légèrement différente par une membrane comprenant des milliers de trous de dix micromètres de diamètre. Près de la membrane, ils ont placé un microphone et ont enregistré le son résultant des allers et venues de l'hélium, plusieurs milliers de fois par seconde. Lorsque ce son est amplifié des milliards de fois, l'oscillation produit un sifflement audible dont la fréquence varie avec la différence de pression, conformément aux prévisions des deux prix Nobel.

Qui vivra verra

La syntaxe de proverbes communs à l'italien et au français.

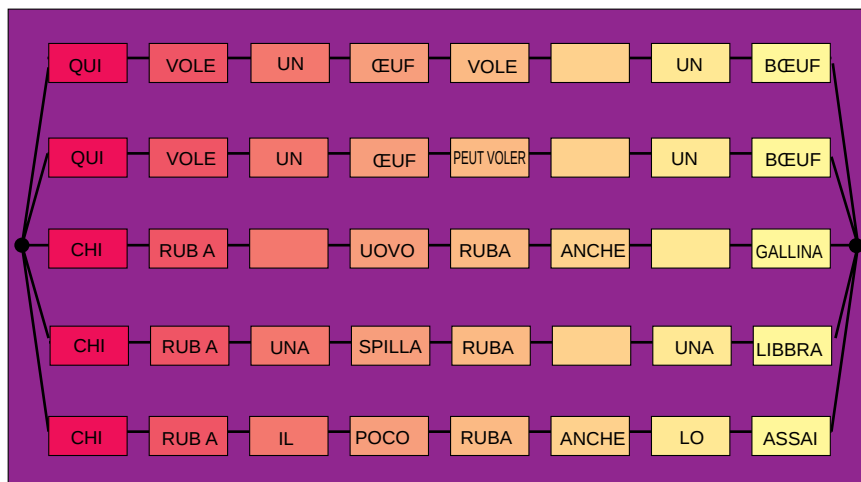
Les expressions idiomatiques gênent les traducteurs humains ou automatiques, car leur traduction automatique impose la reconnaissance de leur nature. Un programme qui rencontrerait dans un texte en italien la phrase *Chi va con lo zoppo impara a zoppiare* et qui n'y verrait pas un proverbe fournirait la traduction littérale *Qui va avec un boiteux apprend à boiter*, et il serait fautif, car la langue française possède des proverbes équivalents : *Qui hante chien, puces remporte* ou *Qui est avec les loups doit hurler*. Pis encore, les expressions idiomatiques ne sont pas des exceptions que l'on pourrait traiter cas par cas : Maurice Gross, de l'Université Paris VII, en a recensé près de 25 000 pour le français ! À l'Université de Bari, Mirella Conenna a défriché le problème pour la classe des proverbes français et italiens qui commencent par *Qui* ou *Chi* : *Qui dort dîne*, *Qui casse paye*, *Qui a bu boira*, *Chi va piano va sano*...

Comment identifier automatiquement les proverbes dans un texte ? En changeant le temps, on distingue une expression figée d'un proverbe. On peut ainsi changer le temps de la phrase figée *Je suis certain qu'il faut prendre le taureau par les cornes*, car la phrase *J'étais certain qu'il fallait prendre le taureau par les cornes* reste cohérente ; en revanche, *Qui dormait dînait* donne un sentiment de faute : le proverbe ne se conjugue pas. Toutefois ce genre de manipulation n'est pas facilement effectué par un ordinateur.

M. Conenna a recueilli dans les divers recueils 2 000 proverbes italiens et 1 000 proverbes français commençant respectivement par *Chi* ou *Qui*. Pourquoi les proverbes de ce type particulier sont-ils plus nombreux en italien qu'en français ? Sans doute parce que les phrases qui commencent par *Qui* sont archaïques en français, alors que la construction avec *Chi* reste habituelle en italien : nul n'est prophète en son pays.

Un des objectifs de l'étude étant l'amélioration des systèmes automatiques de traduction, M. Conenna a analysé la structure syntaxique des proverbes recensés, afin d'engendrer des moteurs de recherche capables de les reconnaître. Elle a ainsi montré que tous les proverbes qui commencent par *Qui* sont décrits par la structure $(\text{Qui/Chi } V W)_0 V W$, où *V* représente un verbe et *W* une séquence de compléments éventuels. Par exemple, *Qui dort dîne* est une structure du type $\text{Qui } V_1 V_2$, tandis que *Qui veut noyer son chien l'accuse de la rage* est de type $\text{Qui } V_1 N_1 N_2 V_2 N_3$. Avec ces données, elle a construit un dictionnaire électronique, c'est-à-dire un fichier d'ordinateur où sont enregistrés les proverbes commençant par *Qui*. Ce dictionnaire a été ajouté au programme INTEX, qui contient déjà les dictionnaires électroniques mis au point dans le laboratoire de M. Gross pour les formes simples, fléchies, les mots composés, les noms propres, les toponymes, etc.

Le programme INTEX identifie toutes les occurrences des formes, ainsi que des catégories grammaticales. Appliqué à l'année 1993 complète du journal *Le Monde*, ce programme a d'abord cherché l'occurrence du mot «proverbe» : dans 59 des 79 cas identifiés, le proverbe venait toujours d'ailleurs (les auteurs du *Monde* ou les personnes dont les propos sont rapportés par le journal citent volontiers Confucius, par exemple). Cette caracté-



Les proverbes français et italiens qui commencent par *Qui* ou *Chi* peuvent être décrits par une même structure syntaxique. Dans cette structure, certains mots peuvent être omis.

ristique n'est pas d'aujourd'hui : M. Conenna avait montré que, sous le règne de Louis XIV, les proverbes étaient surtout espagnols et italiens.

Puis, à la recherche des *Qui dort dîne* ou autres *Qui vivra verra*, le programme a cherché toutes les phrases commençant par *Qui* : sur les 1 176 occurrences trouvées, 307 étaient des phrases interrogatives, ce qui (!) n'a laissé qu'un cor-

pus de 869 phrases. L'analyse ultérieure, sur les années 1992 et 1994, a donné respectivement 406 et 256 autres candidats. Le corpus des proverbes était inférieur à l'ensemble des phrases trouvées : par exemple, *Qui dit folklore dit musiques du monde*, *Qui dit intégration dit nation*, *Qui dit prototypes pense expérience* ne sont pas des proverbes, mais des phrases qui sont en dérivées.

À quoi bon de telles descriptions ? Tout d'abord, les ordinateurs recherchent facilement des structures dans des bases de données. La liste des structures formelles de proverbes contribuera à leur reconnaissance dans les textes à traduire. En outre, l'étude aide les linguistes à décrire les proverbes : en les classant par types syntaxiques, on trouve rapidement les ressemblances profondes.

Poches d'ozone

Des poches d'ozone découvertes par des avions de ligne.

L'ozone stratosphérique protège la biosphère des radiations ultraviolettes solaires, nocives pour la santé. Inversement, à basse altitude et à haute concentration, l'ozone peut avoir des effets délétères. Aussi cherche-t-on à mesurer la quantité d'ozone dans l'atmosphère et à comprendre ses déplacements.

Quatre-vingt-dix pour cent de l'ozone sont situés dans la stratosphère (entre 10 et 30 kilomètres d'altitude), les dix pour cent restants sont dans la troposphère (entre dix kilomètres d'altitude et le sol). Ces deux régions sont séparées par une frontière, la tropopause, caractérisée par une inversion du gradient de température qui limite les échanges d'air (la température diminue dans la troposphère et croît dans la stratosphère). À l'aide d'instruments de mesure placés à bord de cinq avions de lignes *Airbus 340* (des compagnies *Air France*, *Austrian Airlines*, *Lufthansa* et *Sabena*), dans le cadre du programme de la Commission européenne MOZAIC, nous avons découvert des poches riches en ozone dans la troposphère équatoriale.

Pour mesurer l'ozone, le programme MOZAIC utilise des avions commerciaux, dont la fréquence de vol et la couverture géographique sont inégalables : les cinq avions équipés ont effectué à ce jour plus de 5 000 vols au-dessus de l'Amérique du Nord et du Sud, de l'Afrique et de l'Asie. Les mesures sont réalisées lors des décollages et des atterrissages, ainsi que pendant les périodes de croisière. Comme l'altitude de la tropopause augmente de 7 kilomètres, aux pôles, à 17 kilomètres, à l'équateur, ces avions subsoniques volent dans la troposphère et dans la stratosphère (les avions volent entre 10 et 12 kilomètres).

Dans la haute troposphère des régions tropicales, les avions ont rencontré des poches d'air très riche en ozone : plus

de dix fois la concentration moyenne. D'une largeur typique de 5 à 80 kilomètres, ces poches sont souvent localisées près des grands nuages tropicaux. Dans ces poches, les instruments ont également enregistré une forte humidité (présence de cristaux de glace), des variations de température et de fortes turbulences.

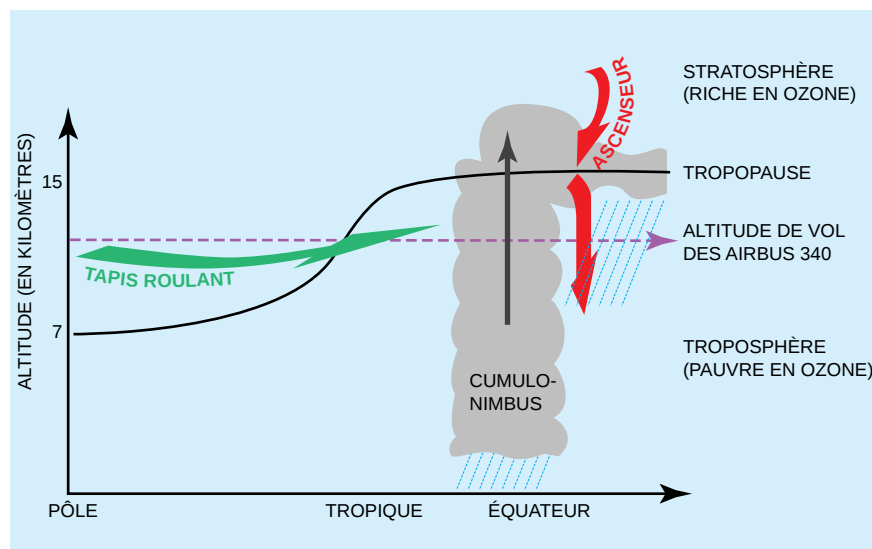
Les concentrations d'ozone y sont trop élevées pour être expliquées par une production photochimique d'ozone à partir des sources de pollution ou de feux de biomasse ou par une production par les éclairs dans les nuages équatoriaux. Ainsi, nous pensons que ces pics d'ozone de la troposphère équatoriale proviennent de la stratosphère.

Pour expliquer l'observation des poches d'ozone, nous proposons deux mécanismes de transport «à travers» la tropopause, qui constitue normalement une barrière au transport de l'air stratosphérique (*voir la figure*). Dans le premier mécanisme dit «tapis roulant», l'ozone serait transporté vers la tropopause subtropicale dans un sens pôle-équateur et presque horizontalement sans échange de chaleur, en suivant les courants méridiens. Des phéno-

mènes de turbulence et de mélange assureraient alors le passage à travers la tropopause.

L'autre mécanisme, dit de l'«ascenseur», utilise les courants ascendants et descendants des nombreux cumulonimbus de cette région. Le passage à travers la barrière que constitue la tropopause équatoriale se déroulerait selon le mécanisme suivant : injection de cristaux de glace dans la basse stratosphère par les cheminées ascendantes des cumulonimbus, mélange avec l'air riche en ozone suivi d'une descente des particules mélangées par suite de leur refroidissement (évaporation des cristaux de glace) sous la forme de coulées autour des cumulonimbus. Cette hypothèse nécessiterait une alimentation continue des coulées en cristaux de glace. La confirmation de ces mécanismes bouleverserait nos connaissances du rôle de la convection nuageuse sur le transport des espèces chimiques en zone équatoriale et remettrait en cause l'étanchéité de la barrière dynamique subtropicale.

K. SUHRE, J.-P. CAMMAS et A. MARENCO, Labo. d'aérologie du CNRS, Toulouse



À bord d'*Airbus 340*, les instruments du programme MOZAIC ont détecté des poches riches en ozone dans la troposphère tropicale. Cet ozone provient de la stratosphère, soit en suivant les courants méridiens des pôles (flèche verte), soit en utilisant des «ascenseurs» que constituent les cumulonimbus tropicaux (flèches rouges).