

Les dessins dans la pierre du Fujairah

Des chercheurs genevois ont fouillé pendant huit ans les montagnes désertiques du Fujairah, un des sept Etats des Emirats arabes unis (E.A.U.). Ils ont trouvé des tombes, des villages fortifiés et d'étranges gravures datant de l'âge du fer. Voyage entre 1350 et 300 avant Jésus-Christ.



Le camp retranché de Husn Madhab devait être occupé pendant des périodes relativement longues. Il ressemble à un diamant posé au sommet d'une colline à 70 mètres d'altitude

A

PIED, à cheval ou à dos de chameau, les personnages sont figés dans la pierre depuis environ

trois mille ans. Certains brandissent des lances, quelques-uns arborent des attributs sexuels marqués, et aucun n'a encore livré tous ses mystères. Entre 1987 et 1994, un groupe de chercheurs genevois, dirigés par Pierre Corboud, archéologue au Département d'anthropologie et d'écologie de la Faculté des sciences de l'Université de Genève (section de biologie), ont effectué des fouilles dans les vallées et le désert du Fujairah, à raison de quelques mois par année. Leur but : comprendre les habitants de cette région de la péninsule arabique durant la préhistoire et plus précisément la période de l'âge du fer (de 1350 à 300 avant Jésus-Christ). Les chercheurs genevois ont établi la carte archéologique du Fujairah (environ 77 sites pour plus de 500 structures archéologiques). Ils ont fouillé les vestiges de tombes et de villages fortifiés. Et ils ont répertorié les pétroglyphes¹ alentour.

Contrairement aux six autres Etats des Emirats arabes unis (E.A.U.), le Fujairah est tourné vers le golfe d'Oman, au sud du détroit d'Ormuz. Les navires préfèrent souvent s'arrêter dans son port plutôt que de se risquer à franchir le fameux détroit. De nombreuses marchandises y transitent avant d'être acheminées par voies terrestres vers Dubai et Abou Dhabi, situés à l'ouest et au nord des Emirats, sur les bords du golfe arabo-persique.

Jusqu'à la publication par les archéologues genevois d'une monographie sur les « Tombes protohistoriques de Bithnah » en 1996, seule l'archéologue anglaise Beatrice de Cardi avait écrit un article sur le Fujairah, une trentaine d'années auparavant. Le groupe de Pierre Corboud travaille actuellement sur une seconde publication, consacrée cette fois aux établissements fortifiés de l'âge du fer, en particulier à l'habitat en hauteur de « Husn Madhab », et aux pétroglyphes. Elle doit paraître prochainement.

LE PANTHÉON DE COMBATS

Dans le désert de pierre du Fujairah, des hommes ont gravé des dessins sur des blocs rocheux, voici plusieurs milliers d'années. Difficile de les dater avec précision même si de nombreux indices portent à penser qu'ils remontent à de l'âge du fer, comme les tombes et camps fortifiés voisins. « Ces populations anté-islamiques représenteraient autant de potentats à vocation guerrière, ayant développé des systèmes d'irrigation sophistiqués, une économie d'échange dynamique. C'est dans ce contexte que des graveurs auraient matérialisé leur panthéon et relaté leurs combats militaires », explique Grégoire de Ceuninck, assistant au département qui s'est plus particulièrement intéressé à leur cas. « Rappelons cependant que cette proposition demeure aussi plausible qu'indémontrable », relativise le chercheur.

Au total, 272 motifs gravés, regroupés sur 80 panneaux rocheux disséminés dans neuf sites, ont été décrits et photographiés par les archéologues genevois. On trouve ces pétroglyphes sur des axes de passage de la population. Ils ont tous été gravés dans la pierre par piquetage. Les impacts du percuteur sont souvent peu précis et peu profonds. Les dessins ne se superposent jamais. Ils se juxtaposent les uns aux autres, même si plusieurs styles sont présents sur le même panneau. Ils ont des dimensions comprises entre 10 et 30 centimètres chacun. « Leur taille, relativement modeste, est compensée par leur accumulation en des points stratégiques. Cette accumulation confère aux sites un effet spectaculaire », confie Grégoire de Ceuninck.

Une fois sur deux, il s'agit de dessins abstraits. Cavaliers et personnages stylisés apparaissent ensuite le plus souvent. Puis, toujours par ordre de fréquence, viennent chevaux, serpents, chameaux et empreintes de pieds. On voit plus rarement des chameliers, des mains et des quadrupèdes. Parfois, des scènes entières sont représentées dans la pierre. Elles montrent l'affrontement de groupes de cavaliers armés de lances. Et au milieu, des pieds de même taille ont été gravés. Selon l'archéologue, ces empreintes peuvent symboliser une emprise territoriale.





Dromadaire domestique
monté par un personnage
installé sur sa bosse



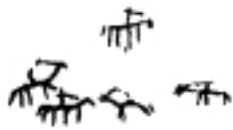
Personnage réaliste

Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger

Les huit années de fouilles des chercheurs genevois ont été financées par la Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger (FSLA). La fondation, présidée lors de sa création et jusqu'en 1996 par le prince Hans-Adam II du Liechtenstein, a pour but de favoriser le travail d'archéologues suisses à l'étranger. Elle a été créée en 1986, sur l'initiative du professeur bernois Hans-Georg Bandi et de son collègue neuchâtelois Michel Egloff. C'est avec eux que les autorités du Fujairah avaient pris contact pour une première campagne de recherches. Les accords ont été renouvelés jusqu'en 1994, date à laquelle les chercheurs genevois ont décidé de mettre fin à leur mission sur le terrain pour se consacrer à la publication des résultats.



Serpent



Les dessins dans la pierre du Fujairah

►►► CAMP RETRANCHE

Les indices d'événements militaires ne manquent pas dans la région. Pierre Corboud et son équipe ont notamment effectué des fouilles dans le camp retranché de Husn Madhab. «*Il s'agit du site d'habitat attribué à l'âge du fer le plus intéressant et spectaculaire connu dans l'émirat du Fujairah*», selon l'archéologue. Son mur d'enceinte, conservé par endroits sur environ 1,50 mètre de hauteur, délimite un losange de 80 sur 50 mètres. Deux portes, aménagées dedans, permettent d'y entrer. Le lieu ressemble à un «diamant» posé au sommet d'une colline (70 mètres d'altitude). Probablement que le camp était occupé pendant des périodes relativement longues, et non comme un refuge occasionnel. «*On pense qu'ils sont le pendant de villages non fortifiés dans la plaine*», indique Pierre Corboud.

A l'âge du fer, la région n'était pas si aride que maintenant. Le climat actuel s'installait tout juste, animé par des épisodes humides de moindre importance, dont le dernier remonte vers 675 av. J.-C. Vers 1000 av. J.-C., la péninsule arabe allait vivre une véritable révolution avec la découverte de filons de cuivre dans ses montagnes. Le commerce avec les populations voisines allait se développer. La signification des pétroglyphes allait s'effacer peu à peu tandis que leur marque dans la pierre persisterait jusqu'à nos jours.

JEAN-NOËL TALLAGNON ●

1 Le mot vient de «petra», la pierre, et de «gluphein», graver.

Références:

- P. CORBOUD, A.-C. CASTELLA, R. HAPKA, P. IM-OBERSTEG. «Les tombes protohistoriques de Bithnah» (Fujairah, Emirats arabes unis). *Terra Archaeologica* 1 (1996). ISBN 3-8053-1737-9
- G. De Ceuninck. «Les pétroglyphes du Fujairah — Emirats arabes unis». *Arabia and its Neighbours — Essays on prehistorical and historical developments*, Brepols, pp. 33-46 (1998). ISBN 2-503-50665-8
- <http://archo.unige.ch/grap>

Diabète: une maladie génétique

les pays développés

CERTAINS mécanismes du diabète restent encore obscurs. Quels gènes favorisent la maladie? Quelles

cellules présentent les premiers signes de défaillance, celles qui produisent l'insuline ou celles qui réclament cette hormone pour stocker le glucose? Le débat occupera les discussions des chercheurs réunis à Genève du 5 au 9 mai prochain lors de la huitième édition de *l'International Symposium on Insulin Receptors and Insulin Action* («ir01»). Ce congrès accueille tous les trois ans des sommités mondiales en matière de diabète depuis le début des années quatre-vingt. Le comité d'organisation de l'édition 2001 est présidé par Jean-Louis Carpentier, professeur au Département de morphologie de l'Université de Genève.

Selon une estimation de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 140 millions de personnes souffrent de diabète dans le monde. Les populations des pays développés sont particulièrement vulnérables en raison de leur sédentarité et d'une alimentation inadaptée. La progression de l'espérance de vie augmente la statistique, le diabète apparaissant avec l'âge dans sa variante «type 2». Cette dernière représente 90% des cas.

Premier symptôme du diabète: le patient a de plus en plus besoin d'uriner pour évacuer le surplus de sucre dans le sang. Il a soif (pour compenser ce qu'il urine) et il maigrit.

GRAVES COMPLICATIONS

La maladie peut conduire à de graves complications: troubles oculaires, rénaux ou nerveux, maladies cardiaques, voire amputations. Car en l'absence d'insuline, les cellules fonctionnent mal. Elles n'absorbent plus le glucose pour le stocker, soit en graisse dans les tissus adipeux, soit en glycogène dans le foie et les muscles. Le sucre, c'est-à-dire une des sources d'énergie majeures de l'organisme, reste dans le sang.

Le diabète de «type 1» se déclare très jeune. Des cellules désignées par la lettre «β», responsables de la production d'insuline dans le pancréas (au niveau des îlots de Langerhans), sont détruites. Les raisons sont souvent d'origine virale et relatives à un contexte immunologique propice. Le patient doit alors s'injecter régulièrement de l'insuline par pour pallier le manque.

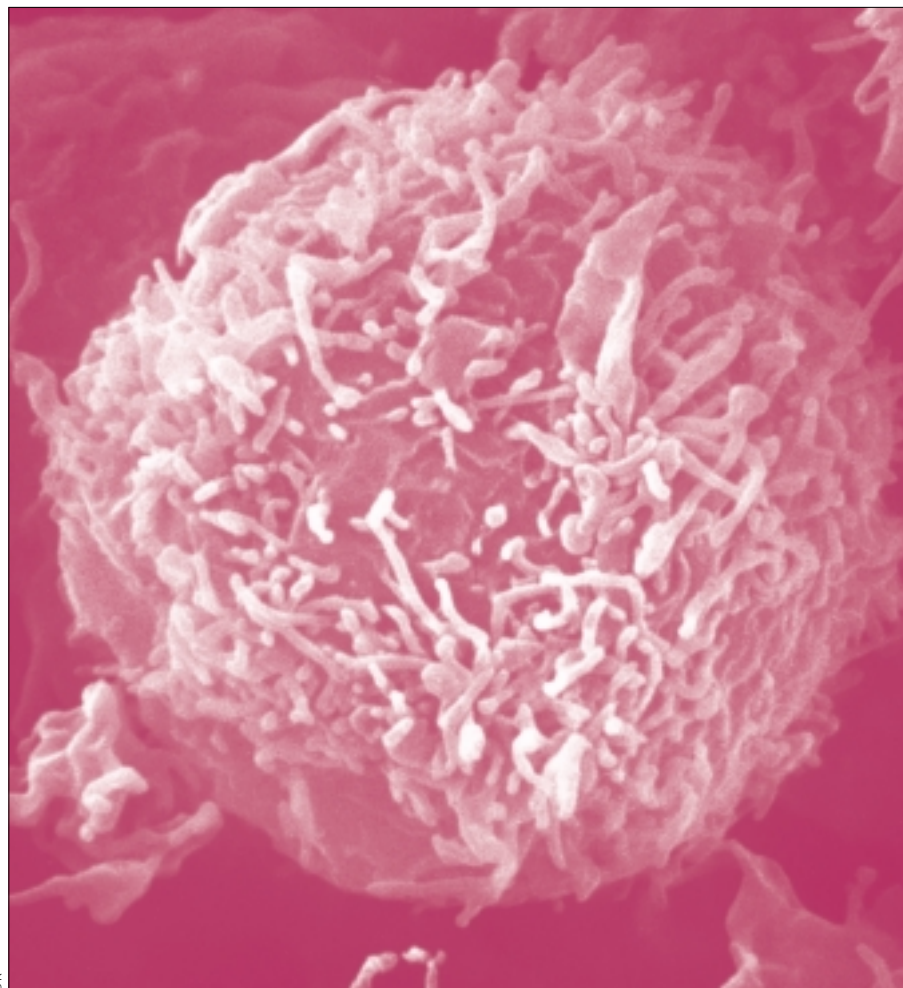
Outre de mauvaises habitudes alimentaires et un mode de vie sédentaire, le diabète de «type 2» dénote des prédispositions génétiques. «*Nous possédons déjà des modèles expérimentaux pour déterminer quels ensembles de gènes sont impliqués*», indique Jean-Louis Carpentier. Il n'existe pas un seul responsable génétique mais plusieurs

Un symposium international se tient à Genève début mai pour comprendre les mécanismes de la maladie.

Ce type de diabète s'apparente à un cercle vicieux. Les cellules cibles de l'insuline présentent un ou plusieurs défauts de captation ou d'utilisation du glucose. Parfois, les deux mécanismes sont défectueux. La quantité de sucre augmente dans le sang. Les cellules β sécrètent plus d'insuline pour compenser et amplifier le signal hormonal. Et ainsi elles se fatiguent de leur côté. «*La machine est grippée, aussi bien au niveau de la sécrétion de l'insuline qu'au niveau du site d'action de l'hormone. Mais où est le défaut initial?*» interroge Jean-Louis Carpentier. *Le symposium* va notamment traiter de cet aspect.»

JEAN-NOËL TALLAGNON ●

ue qui préfère



DR

La cellule et l'insuline

L'insuline joue un rôle de messager. Arrivée en vue d'une cellule, elle est captée par des récepteurs situés de préférence sur des projections qui flottent comme des cheveux à la surface des cellules (microvilli). En se liant au récepteur, l'insuline l'active. Le signal autorisant l'importation de glucose est donné: des transporteurs rejoignent la surface de la cellule pour faire entrer du sucre contenu dans le sang.

L'activation du récepteur par l'insuline déclenche également des cascades de stimulations d'enzymes qui permettent de stocker le glucose à l'intérieur de la cellule.

Le rôle de l'insuline ne s'arrête pas là. Liée au récepteur qu'elle vient d'activer, l'hormone glisse à la surface de la cellule pour s'associer à des portes d'entrée (Clathrin-Coated Pits). Une fois à l'intérieur, le couple se sépare rapidement. L'insuline est dégradée tandis que le récepteur regagne la surface où il peut de nouveau capter de l'insuline.

Pourquoi ces allers et retours? En faisant varier les vitesses d'entrée et de ressortie des récepteurs, il est possible de moduler leur nombre en surface et par là même de contrôler la sensibilité des cellules à l'insuline. Autre avantage, la dégradation de l'insuline permet de contrôler son activité biologique. *«Enfin, il n'est pas exclu que la transmission de certains signaux biologiques requière l'entrée du couple insuline-récepteur»*, indique Jean-Louis Carpentier.

Références:

- S.I. TAYLOR. «Deconstructing Type 2 Diabetes». *Cell* 97, pp. 9-12 (1999)
- A. VIKAMAKI, K. UEKI, C.R. KAHN. «Protein-protein interactions in insulin signalling and the molecular mechanisms of insulin resistance». *J. Clin. Invest.*, 103, pp. 931-943 (1999)
- J.-L. CARPENTIER, I. HAMER, M. FOTI. «Insulin receptor trafficking». *Frontiers in Animal Diabetes research* (2001) (à paraître)
- www.ir01.unige.ch

Liée au récepteur qu'elle vient d'activer, l'insuline s'associe aux «Clathrin-Coated Pits», photographiés ici, pour pénétrer à l'intérieur de la cellule.

Les nouveaux défis de la génétique seront relevés à Genève

En décembre dernier, la Confédération sélectionnait dix pôles de recherche nationaux (PRN).

Parmi eux, deux projets de l'Université de Genève étaient retenus. *Campus* a révélé la teneur de celui du professeur Øystein Fischer dans son n° 49.

Le deuxième pôle genevois est celui de Denis Duboule, professeur de génétique à l'Université de Genève. Intitulé *Aux frontières de la génétique*, le programme prévoit un réseau centré sur la région lémanique, avec trois axes de développement : la recherche, les technologies de pointe et la formation.

« **L**E GÉNOME humain est séquencé. Nous entrons dans l'ère postgénomique, qui met à notre disposition une quantité colossale d'informations,

lance Denis Duboule. *S'ajoute à cela l'apport des nouvelles techniques associées à la génétique – génomique, protéomique – qui vont faire passer la médecine du stade empirique au stade moléculaire.* » Le chercheur genevois donne la mesure de la révolution en cours par un exemple parlant. *«Jusqu'à présent, une analyse de sang livrait 3 ou 4 renseignements sur une protéine donnée. Dans dix ans, 300 à 400 informations seront disponibles à partir d'une seule goutte prélevée. La compréhension du fonctionnement des gènes, dans leur ensemble, permettra d'envisager une connaissance globale des causes d'un grand nombre de maladies – et éventuellement de leurs traitements.»*

Le pôle de recherche doit permettre à la Suisse de rester compétitive en génétique pour les quinze ans à venir. Les Etats-Unis, le Japon, la Chine mènent des opérations similaires. En Europe, il faut compter avec la Grande Bretagne, la France, l'Italie et l'Allemagne. Pour rendre la recherche nationale plus performante, le programme va s'atteler à la décroissance, en fonctionnant sur le mode du réseau. A cette fin, le PRN a reçu du Fonds national la somme de 14,2 millions de francs pour les trois premières années. L'Université de Genève, qui regroupe onze des quinze groupes du réseau, apporte un soutien équivalent au projet.

LE GÈNE, LA CELLULE ET L'ORGANISME : La recherche fondamentale constitue la mission première du pôle. *«Nous ne savons pas grand-chose, confie Denis Duboule, du fonctionnement des gènes, de leur organisation au sein des chromosomes et de l'articulation des chromosomes dans le noyau de la cellule. Comment passe-t-*

on d'un système de codage linéaire (la molécule d'ADN) à un organisme tridimensionnel qui évolue dans le temps? Comment les gènes fonctionnent-ils de façon cohérente pour réaliser le programme unique de chaque espèce? Cela reste à découvrir. Aujourd'hui, on s'aperçoit que les gènes ne sont pas tout-puissants et que des niveaux d'organisations et de régulations supérieurs (épigénétiques) sont en place. Les chromosomes ont-ils une fonction autre que d'être de simples supports aux gènes? Réflètent-ils déjà un niveau d'organisation intermédiaire entre les gènes et l'organisme?»

Les pistes à explorer ne manquent pas. Pour y parvenir, le centre de recherche jettera des ponts entre les trois niveaux de complexité que sont les gènes, la cellule et l'organisme. Des chercheurs de différentes disciplines travailleront ensemble. Cette approche globale est inédite.

TECHNOLOGIES DE POINTE

La haute technologie sera au service de cette mise en réseau. Trois plates-formes techniques communes seront développées et mises à la disposition de la communauté scientifique nationale. Au programme : les puces à ADN, l'imagerie cellulaire et l'analyse à haut débit des protéines.

«Les puces à ADN sont de minuscules supports (comme des puces électroniques) qui contiennent un très grand nombre de séquences d'ADN, explique le chercheur genevois. Leur utilisation permettra de lancer de nombreux projets dans lesquels une analyse à grande échelle de la fonction des gènes est requise. Pratiquement tous les laboratoires membres du réseau sont en quête de cette technologie, trop coûteuse pour être mise en place par un laboratoire unique.»

L'imagerie cellulaire permettra de voir ce qui se passe dans une cellule, de repérer les constituants moléculaires, de suivre leurs déplacements. *«Le but est de pouvoir suivre à la trace une molécule unique. Cela demande des microscopes très perfectionnés.»* Quant aux protéines, leur analyse à haut débit fait appel entre autres à

Denis Duboule.
Le chercheur genevois est à la tête
du pôle de recherche national
en génétique.



PHOTO: OLIVIER VOGELSANG

la spectrométrie de masse, et donc à des équipements qui doivent être partagés entre plusieurs équipes.

Mais l'axe technologique du PRN ne se résume pas à la création de laboratoires sophistiqués. Il vise également à développer le transfert de technologie et à instituer un pont avec le secteur privé. Comment? *«En construisant un corps répondant vis-à-vis de la société civile. Le pôle deviendra le partenaire universitaire auquel le secteur privé, les médias mais aussi les autres instituts et laboratoires pourront se référer.»*

UNE GRANDE UNIVERSITÉ SUISSE

A elle seule, la formation représentera près de la moitié du budget alloué au pôle. Là aussi, il s'agit de briser des barrières jugées trop rigides en fondant une école doctorale lémanique ouverte aux étudiants suisses et étrangers. Avec la mobilité pour maître mot, un nouveau programme d'études devrait proposer un cursus complet dans le domaine de la génétique humaine et moléculaire et dans ces nouveaux champs d'études que sont la génomique et la protéomique.

L'idée forte est de transformer la Suisse en une grande université, oubliant les spécificités cantonales et institutionnelles. Sur le modèle américain, un concours sélectionnerait chaque année une quinzaine d'étudiants venus du monde entier, dont les meilleurs éléments locaux. Une bourse leur serait attribuée, qu'ils décident ou non de travailler dans un laboratoire membre du programme. *«Le pôle aurait ainsi une fonction de bailleur de fonds pour les étudiants, permettant une plus grande indépendance des jeunes chercheurs par rapport à leur professeur. C'est une étape critique si nous voulons former une relève de qualité faite de scientifiques libres-penseurs et responsables.»*

SOPHIE DAVARIS ●

Quinze laboratoires articulés autour de l'arc lémanique

Aux frontières de la génétique s'articule autour de l'arc lémanique. Quinze laboratoires leaders dans leurs domaines vont collaborer dans des projets de biologie moléculaire, de génétique fondamentale et humaine, de biologie du développement et de génomique. A Genève, 11 groupes travailleront sur le projet: 7 de la Faculté des sciences et 4 de la Faculté de médecine. L'ISREC et l'Université de Lausanne fournissent 2 autres laboratoires; l'Université de Zurich est également membre du projet, avec deux scientifiques.

La génétique: tout un vocabulaire à décoder

Le **génom**e est l'ensemble du matériel génétique contenu dans une cellule. A l'intérieur d'une cellule, on trouve le noyau. Et dans le noyau, les chromosomes. Mis bout à bout, ils représentent la totalité du matériel génétique (ADN). Les gènes sont disposés sur les chromosomes mais ne représentent que 1% du total de cette information. Le reste de l'ADN (99%) n'a pas de fonction connue. Toutes les cellules de notre corps contiennent la même copie de notre génome.

La **génomique** est l'étude de l'ensemble du matériel génétique d'une espèce (le contenu du noyau cellulaire) qui utilise des outils d'étude à «haut débit».

La **protéomique** est l'étude des protéomes, qui sont l'ensemble des protéines que l'on trouve dans une cellule particulière à un moment particulier. La protéomique utilise également des approches à grande échelle. Alors que le génome est unique pour chaque espèce — toutes les cellules ont le même ADN — les protéomes sont innombrables au sein d'un animal (presque chaque cellule a un contenu protéique différent de sa voisine).

L'**analyse à haut débit** est une analyse à grande échelle de problèmes analysés jusqu'alors de manière artisanale. Avant, dans une maladie, le comportement d'un seul gène était étudié. Aujourd'hui, grâce à des machines robotisées et une grosse force informatique, l'analyse va pouvoir porter sur 5000 gènes, et plus.

De la lumière dans les molécules

Et si, pour effectuer leurs réactions, les chimistes utilisaient la lumière à la place de produits toxiques ? Le groupe de Christian Bochet, maître assistant au Département de chimie organique de l'Université de Genève, travaille depuis deux ans pour développer de telles méthodes, dites « photochimiques ». A la clef, une première : grâce à cette seule technique, le chercheur a réussi la synthèse d'une molécule complexe, l'enkephaline, aux propriétés médicinales proches de celles de la morphine. Cette prouesse a été réalisée en collaboration avec le groupe du professeur Bernd Giese de l'Université de Bâle.

D'une manière générale, la chimie organique s'apparente à un jeu de construction dont il faudrait assembler les pièces par ruses successives. Les molécules (composées de carbone, oxygène, azote, phosphore et hydrogène) s'associent sans discipline. Elles vont au plus facile : elles s'attirent les unes les autres, selon leurs affinités, mais sans faire de distinction entre les différents arrangements possibles. Tout l'art des chimistes consiste à les guider pour que les réactions soient « sélectives », c'est-à-dire que les molécules se lient les unes aux autres selon des positions voulues. Pour cela, il faut occuper au préalable certains emplacements avec des groupes d'atomes bloquants — ou « protecteurs ». Une fois tout le monde en place,

reste à désintégrer ces éléments protecteurs, non désirés dans le produit fini. L'opération n'est souvent possible qu'en employant des acides ou des bases toxiques.

Des Genevois ont réussi la synthèse d'une molécule complexe en utilisant pour la première fois une méthode photochimique.

Christian Bochet a identifié des groupes bloquants « photosensibles ». Chacun réagit et se désintègre lorsqu'il est soumis à une longueur d'onde électromagnétique donnée. Le groupe du chercheur étudie actuellement l'effet des ultraviolets, les fameux UV responsables du bronzage. Les autres zones du spectre (rayons-x, rayons gamma et micro-ondes notamment) auraient été trop délicates à utiliser, excepté la lumière visible, mais les scientifiques auraient alors dû travailler dans l'obscurité le plus clair de leur temps.

CONTRÔLE CHROMATIQUE

« On commence à pouvoir communiquer avec les molécules à l'aide de la lumière. En d'autres termes, on sait parler sélectivement à quelques individus d'un groupe grâce à un contrôle chromatique », explique Christian Bochet. Mais les processus en jeu sont complexes. Les pho-

tons qui composent les UV éjectent les électrons qui tiennent les groupes ensemble. La rupture ne s'opère pas instantanément. La molécule passe d'abord par un état « excité » très instable. Il existe alors un risque que la molécule chasse finalement le photon gêneur plutôt que l'électron de liaison entre les deux groupes. On parle alors de « fluorescence ». Ce photon peut alors causer des dommages chez les molécules voisines. Un autre risque aux effets dévastateurs : celui de surchauffe. D'où l'importance de trouver des groupes photosensibles qui se cassent rapidement et sans faire de vagues énergétiques autour d'eux.

La méthode de Christian Bochet est particulièrement intéressante en chimie « combinatoire ». Cette technique consiste à greffer une molécule sur une bille en résine, et cela à des centaines d'exemplaires pour tester différentes configurations. Une fois le travail terminé, le chercheur genevois propose de désintégrer le lien molécule-bille — ou « linker » — avec les UV. C'est ce qu'il a réussi lors de la synthèse de l'enkephaline. Cette molécule complexe se fabrique en ajoutant plusieurs acides aminés de manière séquen-

tielle. Le premier se croche sur la bille avec un linker. Le second, grâce à un groupe bloquant, se positionne sur le précédent selon une orientation voulue. Le leurre est désintégré avec une longueur d'onde UV pour placer un troisième acide aminé, lui-même bloqué. Et ainsi de suite jusqu'au cinquième. Finalement, le linker est à son tour pulvérisé en usant d'une autre longueur d'onde UV.



La prochaine étape pour le groupe de Christian Bochet sera de parvenir non plus à séparer mais à lier des groupes en utilisant la lumière. Les enjeux apparaissent énormes. De telles méthodes devraient faire le régal de l'industrie pharmaceutique.

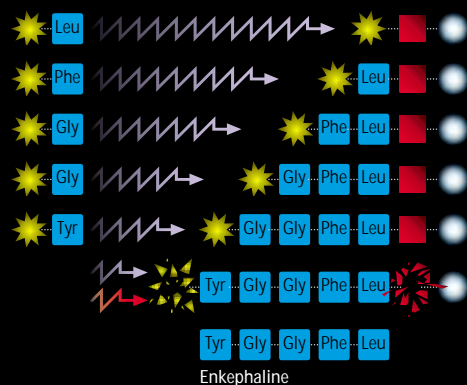
JEAN-NOËL TALLAGNON ●

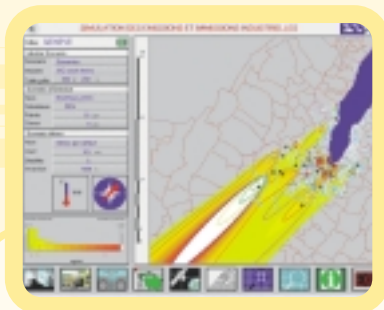
Références :

► C. BOCHET. « Wavelength-selective cleavage of photolabile protecting groups », in *Tetrahedron Letters* (2000). 6341-6346

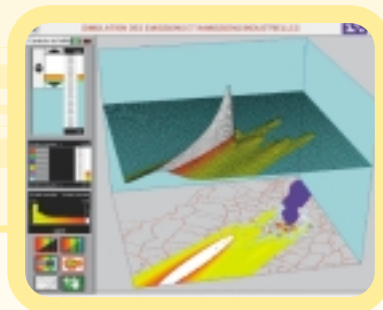
Synthèse automatique de médicaments

A chaque étape, un rayon UV désintègre le groupe bloquant  qui oriente l'acide aminé. A la fin, un autre UV pulvérise le lien  avec la bille sur laquelle la construction s'est faite.

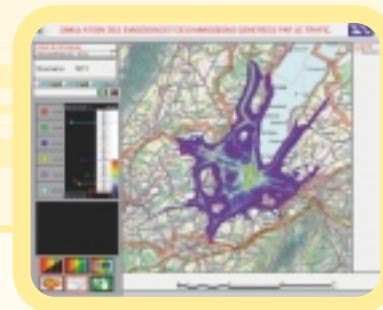




Représentation de la manière dont se disperse la pollution industrielle d'oxydes d'azote sur Genève, un jour de bise.



Vue en trois dimensions des panaches d'oxydes d'azote. Le jet provenant de l'usine des Cheneviers s'élève au-dessus du canton.



Dispersion des émissions de dioxyde d'azote dues au trafic.

Enjeux économiques et qualité de l'air dans un « métamodèle »

Les chercheurs du Logilab, le laboratoire de logistique de la section des Hautes études commerciales (HEC) de la Faculté des sciences économiques et sociales (SES), travaillent sur les liens entre économie et qualité de l'air. Tissu industriel, choix énergétiques, systèmes de transports, épisodes météorologiques, caractéristiques géographiques, développement urbain, santé publique, tous ces paramètres, et d'autres, doivent entrer dans un seul modèle: le « métamodèle ».

Alain Haurie, professeur de recherche opérationnelle, et son équipe s'appliquent à élaborer des scénarios fiables ayant pour cadre le canton de Genève. L'outil final devra mettre en rapport les coûts économiques et les bénéfices écologiques de décisions politiques en matière d'environnement. Un modèle moins global, MARKAL-Genève, avait permis en 1994-1995 de simuler l'ensemble du secteur de l'énergie. Il avait été utilisé pour éclairer le débat sur l'électricité nucléaire.

Les ordinateurs du Logilab brassent dans leurs équations mathématiques des masses de chiffres pour comprendre notamment comment la pollution se diffuse et se disperse. Dans de telles entreprises de modélisation, il faut d'abord définir la nature des produits polluants.

Dioxyde de soufre, oxyde d'azote, monoxyde de carbone, composés organiques volatiles (solvants, hydrocarbures légers, etc.), ozone et poussières circulent dans l'atmosphère. Tous réagissent non seulement aux conditions météorologiques (vent, ensoleillement), mais également entre eux. Il ne suffit pas de déterminer quelques sources industrielles de pollution.

Les ordinateurs du Logilab brassent dans leurs équations mathématiques des masses de chiffres pour comprendre la pollution

Il faut également tenir compte des émissions d'installations résidentielles et commerciales de chauffage. Cerise sur le gâteau de la modélisation, les gaz d'échappement des véhicules. Là encore, il faut donner le plus fidèle reflet de la réalité. Et cela pour un espace donné et des périodes qui se ne résument pas aux seuls pics de pollution.

Des scénarios écrits en fonction de conditions météorologiques sont simulés et confrontés à la réalité de mesures sur le terrain. On voit comment vont évoluer les taux de polluants dans l'air si on décide de

réduire les émissions de tel ou tel produit. Mais rien n'est encore dit sur les conséquences économiques. « On doit maintenant regarder si les choix sont politiquement acceptables », indique Alain Haurie.

Après la modélisation de la pollution de l'air, vient celle de l'activité économique. Une kyrielle de paramètres traduisent à leur tour la complexité de la réalité. Quelles sont les technologies employées? Quelle est leur efficacité si l'on tient compte des coûts d'investissement, d'entretien, etc.? Avec quel rendement la transformation de matières premières s'accomplit-elle? La structure du marché est précisée selon la capacité des acteurs industriels à peser sur les prix. Dernier paramètre, l'incertitude qui résulte non seulement de l'imperfection des modèles mais aussi du caractère souvent aléatoire des données qui l'alimentent.

Une fois tous ces paramètres intégrés dans les équations du métamodèle, la région genevoise sera la première à bénéficier d'une étude pilote. Les ordinateurs du Logilab ingurgiteront des centaines de données cantonales afin de nous éclairer en matière de politique environnementale. Premiers résultats d'ici 2005.

JEAN-NOEL TALLAGNON ●

Références:

- ▶ <http://ecolu-info.unige.ch/logilab/>
- ▶ <http://ecolu-info.unige.ch/recherche/>