

téristiques retrouvées chez la plupart des individus obèses porteurs de la délétion. À l'inverse, les rares sujets (1/2000 en moyenne) présentant un nombre excessif de copies de cette même région (trois au lieu de deux) ont des difficultés à s'alimenter et un risque 20 fois plus important de développer une maigreur extrême.

La région du chromosome 16 touchée compte une trentaine de gènes, parmi lesquels le gène *SH2B1* émerge pour expliquer le phénotype d'obésité. Il code une protéine qui interagit avec un régulateur de la sensibilité à la leptine. En outre, des souris dont le gène est inactivé se nourrissent beaucoup plus, développent une résistance grave à l'insuline et présentent une surabondance de leptine – des caractéristiques que l'on retrouve chez les patients obèses porteurs de la délétion. Au contraire, la surexpression de *SH2B1* chez la souris induit une résistance à l'obésité en réponse à un régime gras. Un variant génétique dans la région de *SH2B1* a aussi été associé à l'obésité commune.

Du sport pour lutter contre son génome

Les nouvelles générations de séquenceurs à très haut débit (qui séquent les 3,5 milliards de nucléotides du génome en une semaine) permettront de faire un inventaire exhaustif de ces désordres structuraux et d'évaluer leur contribution au risque génétique d'obésité. À côté de cette approche génétique de l'obésité, les généticiens étudient si l'environnement influe sur la prédisposition à l'obésité liée aux variants génétiques répertoriés. Les résultats les plus spectaculaires concernent l'impact du sport sur la prise de poids liée à des mutations du gène *FTO* : les effets des gènes *FTO* mutés sur la prise de poids sont marqués dans un contexte de sédentarité, mais abolis par la pratique intense d'un sport, et ce aussi bien chez les adolescents que chez les adultes. Une étude récente portant sur 20 000 sujets anglais et 12 gènes de prédisposition à l'obésité a confirmé l'effet bénéfique du sport pour lutter contre la prise de poids due à des causes génétiques : chaque allèle à risque supplémentaire aboutit en moyenne à une prise de poids de 592 grammes chez les individus sédentaires contre 370 grammes seulement chez les sportifs.

Après la découverte de plus de 70 gènes ou régions associés à l'obésité, plusieurs

conclusions se dessinent. D'abord, cette pathologie est avant tout une maladie génétique du comportement alimentaire. Nous ne sommes donc pas tous égaux dans notre ressenti de la faim, les individus génétiquement programmés pour être affamés étant plus vulnérables aux sollicitations de nos sociétés modernes, caractérisées par un accès quasi illimité à la nourriture. Notre comportement alimentaire semble être influencé bien plus par des processus biologiques que par notre simple volonté, ce qui devrait conduire nos sociétés à considérer les obèses d'un regard moins accusateur.

Les récentes découvertes de la génétique mettent aussi à mal le dogme de l'obèse qui ne mange pas plus qu'un autre, mais à qui tout profite : même dans le cas extrême d'une déficience monogénique de type *MC4R*, un contrôle strict de la prise alimentaire prévient le développement de l'obésité. En outre, il n'y a pas de différence majeure d'architecture génétique entre obésité infantile et obésité adulte. Les mêmes gènes conduisent aux deux. C'est donc l'environnement qui fait la différence.

Autre fait marquant, la différence entre un individu en léger surpoids et un individu obèse morbide s'explique plus par le nombre de variants génétiques à risque accumulés que par des variants génétiques distincts. De plus, les caractéristiques de l'obésité dépendent plus de la nature du variant génétique (plus ou moins délétère, polymorphisme *versus* délétion) que de celle du gène en cause. Enfin, les effets de la pratique régulière d'une activité sportive ou d'une alimentation équilibrée sur la prise de poids sont d'autant plus bénéfiques que le patrimoine génétique est à risque.

Dans les prochaines années, la carte génétique de prédisposition à l'obésité devrait se préciser. De nouvelles voies biochimiques impliquées dans la régulation de l'appétit devraient être mises au jour. Les espoirs se concentrent sur le dépistage précoce des individus à haut risque, par des approches combinant l'information du génome, mais aussi de l'épigénome (l'ensemble des modifications épigénétiques du génome), du transcriptome (les produits de la transcription de gènes), du microbiome (les bactéries de la flore intestinale) et de l'environnement. Une médecine préventive et une prise en charge personnalisées pourront alors être mises en place pour ces sujets – voire, qui sait, de nouvelles stratégies thérapeutiques...

■ LES AUTEURS



David MEYRE est directeur de recherche INSERM en détachement à l'Unité CNRS UMR8199 à Lille. Il est professeur associé au Département d'épidémiologie clinique et biostatistiques de l'Université McMaster à Hamilton, au Canada.

Philippe FROGUEL est professeur à l'Université Lille 2 Droit et Santé où il dirige l'Unité CNRS UMR8199. Il est aussi professeur de médecine génomique au Collège impérial de Londres, en Angleterre.

■ BIBLIOGRAPHIE

A. Ichimura *et al.*, Dysfunction of lipid sensor GPR120 leads to obesity in both mouse and human, *Nature*, vol. 483, pp. 350-354, 2012.

S. Jacquemont *et al.*, Mirror extreme BMI phenotypes associated with gene dosage at the chromosome 16p11.2 locus, *Nature*, vol. 478, pp. 97-102, 2011.

D. Meyre *et al.*, Genome-wide association study for early-onset and morbid adult obesity identifies three new risk loci in European populations, *Nat. Genet.*, vol. 41, pp. 157-159, 2009.

A. J. Walley *et al.*, The genetic contribution to non-syndromic human obesity, *Nat. Rev. Genet.*, vol. 10, pp. 431-442, 2009.

PLAISIR

la nouvelle carte cérébrale

Morten Kringelbach et Kent Berridge

Les circuits cérébraux associés au plaisir ont été précisés. De meilleurs traitements de la dépendance et de certaines maladies mentales pourraient en découler.

Dans les années 1950, le psychiatre Robert Heath, de l'Université Tulane, aux États-Unis, lança un programme controversé : il consistait à implanter des électrodes dans le cerveau de patients atteints d'épilepsie, de schizophrénie, de dépression et d'autres maladies mentales graves. Son objectif initial était de localiser le siège biologique de ces maladies et de les guérir en stimulant artificiellement les régions cérébrales en cause.

Selon Heath, les résultats furent spectaculaires. Des patients dans un état quasi catatonique – une attitude psychomotrice parfois associée à la schizophrénie et caractérisée notamment par une passivité et une attitude négative exacerbées – ont souri, discuté et même ri. Toutefois, quand la stimulation cessait, les symptômes réapparaissaient.

Heath fournit alors à quelques malades un dispositif permettant de déclencher eux-mêmes la stimulation dès qu'ils en ressentaient le besoin. L'un d'eux, le patient

B-19, était un homosexuel âgé de 24 ans, qu'il tentait de guérir de sa dépression et de priver de son désir pour les hommes : lors d'une séance, B-19 déclencha ses électrodes quelque 1 500 fois en trois heures ! Selon Heath, cette autostimulation obsessionnelle procurait à ce patient des sensations de plaisir ; il se sentait alerte et empli de bienveillance. Le patient protesta vigoureusement contre l'arrêt des stimulations en fin de séance.

Ces expériences ont aidé à définir le « centre du plaisir », un ensemble de structures cérébrales supposé associé à cette sensation. Elles ont également engendré un grand intérêt scientifique et culturel pour les fondements biologiques du plaisir. Au cours des 30 années suivantes, les neurobiologistes ont identifié les composés chimiques que s'échangent ces régions cérébrales. Est ainsi née l'idée de mondes « idéaux » où l'activation de ces aires cérébrales produirait une « béatitude » instantanée.

L'ESSENTIEL

- On a découvert dans le cerveau des « points chauds hédoniques », qui accroissent le plaisir lorsqu'ils sont stimulés.
- Ils diffèrent du circuit dit de la récompense, qui serait le médiateur du désir plus que du plaisir.
- Un découplage des circuits du plaisir et du désir pourrait être à l'origine de la dépendance – une idée susceptible d'inspirer de nouveaux traitements.

Grâce à la biologie moléculaire et à des techniques modernes de stimulation de cerveau profond, nous avons redéfini les circuits cérébraux du plaisir, qui sont bien plus restreints et plus complexes qu'on ne le pensait. Nous espérons ainsi ouvrir la voie à des traitements plus efficaces de la dépression, de la dépendance et d'autres troubles.

Qu'il soit ressenti comme un délicieux frisson ou comme une douce chaleur, le plaisir est plus qu'un luxe éphémère, recherché uniquement quand les besoins fondamentaux sont satisfaits. Il permet aux animaux de satisfaire leurs besoins vitaux. La nourriture, le sexe et, dans certains cas, la communication sociale engendrent des sensations agréables et servent de récompenses naturelles à tous les animaux, y compris l'homme.

J. Olds et P. Milner essayèrent de reproduire ces découvertes en plaçant les électrodes – de façon plus ou moins approximative – dans différentes aires cérébrales. Ils trouvèrent des régions associées au comportement inverse : les rongeurs aimaient les sentir stimulées par un léger courant électrique et s'efforçaient d'obtenir cette stimulation – de même qu'ils répètent une

Quand ces zones étaient stimulées alors que les rats se trouvaient en un lieu particulier d'une grande boîte, les animaux revenaient systématiquement vers ce lieu. De la sorte, ils pouvaient être conduits presque n'importe où. Dans certains cas, ils choisissaient même la stimulation plutôt que la nourriture : si les chercheurs déclenchaient la stimulation à mi-parcours d'un labyrinthe au bout duquel les rats savaient qu'une friandise les attendait, les animaux s'arrêtaient sans chercher à aller plus loin. Quand un dispositif permettait aux rats de stimuler leur propre cerveau en appuyant sur un petit levier, ils le faisaient de façon quasi obsessionnelle – jusqu'à plus de 1 000 fois en une heure. Lorsqu'on coupait le courant, les rats appuyaient encore sur le levier plusieurs fois, avant de s'en désintéresser et d'aller dormir.

Une mesure inadaptée du plaisir

Cependant, il y a environ dix ans, nous avons remis en question l'utilisation de la fréquence des autostimulations électriques comme mesure du plaisir. Les sujets pourraient les déclencher pour une raison autre que l'agrément de la sensation résultante.

