

Les super-Terres rocheuses vieillissent plus lentement que la Terre, car elles conservent plus longtemps leur chaleur interne grâce à leur masse supérieure.

Des planètes trois à cinq fois plus massives que la Terre sont peut-être trop grosses pour manifester une tectonique des plaques : la pression et la viscosité de leur manteau seraient si élevées qu'elles empêcheraient les mouvements de convection interne. En revanche, une planète rocheuse deux fois plus massive présenterait une tectonique des plaques assez active pour entretenir des cycles géologiques et un champ magnétique pendant plusieurs milliards d'années. Une telle planète aurait aussi un diamètre supérieur d'environ 25 % à celui de la Terre : ses éventuels organismes vivants disposeraient donc d'une surface habitable plus étendue d'environ 56 %.

À quoi ressemblerait une planète superhabitable ? La pesanteur y serait plus forte, et une super-Terre moyenne aurait donc probablement une atmosphère plus dense que la Terre. L'érosion des montagnes serait alors plus rapide. En d'autres termes, une telle planète aurait un air plus épais et un relief plus plat. Si elle comporte des océans, le paysage planétaire aplani signifierait que l'eau y forme de nombreuses mers peu profondes parsemées de chapelets d'îles, plutôt que des océans abyssaux avec quelques rares gros continents. La biodiversité dans les mers terrestres étant plus riche dans les eaux peu profondes qui bordent les côtes, un tel « monde d'archipels » serait très avantageux pour la vie. L'évolution, plus active dans des écosystèmes insulaires isolés, stimulerait la biodiversité.

Privé de vastes continents, un monde d'archipels n'aurait-il pas une habitabilité globale plus faible ? Pas nécessairement. On remarque en effet que les régions centrales d'un continent sont souvent des déserts stériles, car trop éloignées de l'air océanique, humide et tempéré.

Sur Terre, certaines régions sont trop chaudes et d'autres trop froides pour qu'une vie abondante s'y développe. Une plus grande homogénéité climatique dépend en particulier de la direction de l'axe de rotation propre de la planète par rapport au plan de l'orbite de révolution. L'axe de rotation de la Terre, par exemple, a une inclinaison d'environ 23,4 degrés, ce qui est à l'origine des saisons et réduit un peu les écarts de température entre les régions équatoriales chaudes et les régions

polaires froides. La différence serait plus marquée si l'axe était perpendiculaire au plan orbital. Un monde d'archipels dont l'inclinaison de l'axe de rotation serait encore plus favorable que celle de la Terre pourrait avoir un équateur chaud sans être excessif, ainsi que des pôles relativement tempérés, sans glace. Et, grâce à la plus grande taille du globe et sa surface plus importante, les terres accueillantes pour la vie seraient plus nombreuses que s'il était composé de vastes continents.

Des mondes meilleurs... et plus nombreux !

Réunies, toutes ces réflexions sur l'habitabilité suggèrent que les planètes superhabitables sont un peu plus grosses que la Terre et qu'elles ont des étoiles hôtes un peu plus petites et moins brillantes que le Soleil. Si ce raisonnement est correct, sa conclusion est passionnante pour les astronomes, parce qu'il est beaucoup plus facile de détecter des super-Terres en orbite autour d'étoiles naines que des jumeaux du système Terre-Soleil. Jusqu'à présent, les statistiques sur les populations d'exoplanètes suggèrent que les super-Terres autour de petites étoiles sont bien plus répandues dans la Voie lactée que les analogues du système Terre-Soleil. Il semblerait donc que les astronomes aient beaucoup plus d'endroits où rechercher la vie qu'ils ne le pensaient.

Ainsi, la planète Kepler-186f serait superhabitable. Elle a un diamètre supérieur de 11 % à celui de la Terre et elle est probablement rocheuse, en orbite dans la zone habitable d'une étoile naine de type M. Elle serait âgée de plusieurs milliards d'années. Malheureusement, nous ne pouvons l'observer avec assez de détails pour étudier son habitabilité, car elle est distante d'environ 500 années-lumière.

Des candidats superhabitatables plus proches de nous seront peut-être bientôt découverts grâce à divers projets, en particulier la mission *Plato* de l'Agence spatiale européenne, qui devrait être lancée d'ici 2024. Ces planètes seront aussi des cibles de choix pour le télescope spatial *James Webb*, un observatoire dont le lancement est prévu pour 2018.

Avec un peu de chance, nous serons bientôt capables de pointer du doigt une région du ciel où se cache une planète qui, contrairement à ce que pensait Leibniz, serait plus accueillante que la Terre. ■

Quelques chiffres

200 milliards d'étoiles
environ peuplent
la Voie lactée, notre galaxie.

3 à 4 fois
plus abondantes
que les étoiles de type
solaire, les naines de type K
ont une longévité comprise
entre 15 et 30 milliards
d'années.

1 013 exoplanètes
ont été découvertes par
le télescope spatial *Kepler*
jusqu'à présent.

4 175 candidates au titre
d'exoplanète figurent encore
dans les données de *Kepler*.

8 super-Terres de masse
comprise entre une et deux
fois celle de la Terre
et situées dans la zone
habitable de leur étoile
sont connues.

Pourquoi vous avez faim... ou pas !

Gilles Mithieux

Pour réguler la sensation de faim, le cerveau sonde en permanence les réserves énergétiques et nutritionnelles de l'organisme. Les échanges nerveux avec le système digestif joueraient un rôle clef.

L'ESSENTIEL

- La sensation de faim, qui pousse à s'alimenter, permet de prévenir les carences énergétiques et nutritionnelles.
- Cependant, elle ne doit pas occuper l'esprit en permanence, sous peine de conduire à des excès.
- On a longtemps cru que pour réguler la faim, le cerveau ne se fondait que sur la tension de l'estomac et les informations véhiculées par la circulation sanguine.
- On découvre aujourd'hui que d'autres interactions directes avec l'appareil digestif, via les nerfs périphériques, jouent un rôle essentiel.

© Pictive / Sideways Design/shutterstock.com





Midi approche. Vous sentez la faim vous envahir. Cette sensation remplit une fonction physiologique cruciale, puisqu'elle vous pousse à vous alimenter quand vous manquez d'énergie et de nutriments. Elle vous permet ainsi de survivre. Comment est-elle déclenchée ? Et comment est-elle atténuée peu à peu au fil du repas, puis neutralisée pendant plusieurs heures ? La question est d'importance, à l'heure où l'obésité explose à l'échelle planétaire – au point que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) parle d'épidémie. Chez de nombreuses personnes en surpoids, la sensation de faim serait dérégulée.

On a longtemps pensé que, pour réguler cette sensation, le cerveau se fondait sur les informations hormonales véhiculées dans le sang, ainsi que sur des paramètres mécaniques tels que la tension de l'estomac. Cependant, les recherches récentes ont révélé des échanges complexes entre le cerveau et l'appareil digestif, *via* les nerfs périphériques.

L'AUTEUR



Gilles MITHIEUX est directeur de recherche au CNRS et dirige l'unité mixte Nutrition

et cerveau (Inserm-Université Lyon 1), à Lyon.

BIBLIOGRAPHIE

G. Mithieux et A. Gautier-Stein, Intestinal glucose metabolism revisited, *Diabetes Res. Clin. Pract.*, vol. 105(3), pp. 295-301 2014.

F. De Vadder et al., Microbiota-generated metabolites promote metabolic benefits via gut-brain neural circuits, *Cell*, vol. 156, pp. 84-96, 2014.

J.-P. Warne et A.W. Xu, Metabolic transceivers: In tune with the central melanocortin system, *Trends Endocrinol. Metab.*, vol. 24, pp. 68-75, 2013.

G. Mithieux, Nutrient control of hunger by extrinsic gastrointestinal neurons, *Trends Endocrinol. Metab.*, vol. 24, pp. 378-384, 2013.

H.-R. Berthoud, Anatomy and function of sensory hepatic nerves, *Anat. Rec. A. Discov. Mol. Cell. Evol. Biol.*, vol. 280, pp. 827-835, 2004.



CETTE IMAGE VOUS DONNE FAIM ? Rien d'étonnant, car cette sensation est fortement influencée par le plaisir associé à l'acte alimentaire – ou à sa simple évocation – et par la préférence pour certains aliments (très variable selon les individus). Qui n'a jamais eu une faim soudaine en voyant un plat apprécié ou en respirant une odeur de cuisine ? On comprend mal ces phénomènes, sans lien apparent avec le maintien de l'équilibre énergétique ou nutritionnel du corps, mais on cherche à les éclaircir, car leur dérèglement pourrait être impliqué dans l'obésité.

Ces échanges joueraient un rôle prépondérant, en particulier dans la satiété.

On se cantonnera ici aux systèmes de régulation visant au maintien de l'équilibre énergétique et nutritionnel du corps. D'autres phénomènes influent sur la sensation de faim, mais ils sont encore mal compris (voir la photographie ci-dessus).

Midi approche, donc. On sait depuis une vingtaine d'années que trois hormones et des signaux mécaniques régulent le déclenchement de la faim et sa diminution progressive quand on mange. À l'«arrière-plan» de votre esprit s'exercent les effets de la leptine, une hormone produite par le tissu adipeux – les cellules grasses – en proportion de sa masse. Véhiculée par le sang, la leptine atteint le cerveau, en particulier l'hypothalamus. Cette aire cérébrale profonde est irriguée par des capillaires sanguins dits fenestrés, dont la paroi est percée de pores qui laissent passer certaines grosses molécules.

De ce fait, l'hypothalamus est plus sensible aux hormones que les autres structures cérébrales, isolées de la circulation sanguine par la barrière hémato-encéphalique. Cette série de couches de cellules et de protéines disposée autour des vaisseaux isole le cerveau des substances toxiques et des micro-organismes pathogènes présents dans le sang.

Parvenue à l'hypothalamus, la leptine se lie à des récepteurs spécifiques situés à la surface de certains neurones. En réaction,

la sensation de faim s'atténue (voir l'encadré page ci-contre). Quand la masse du tissu adipeux diminue, par exemple lorsqu'une personne maigrit, la leptine se raréfie dans le sang ; la faim augmente alors. Précisons cependant que les personnes dotées d'une quantité significative de graisse n'ont pas moins faim, car une résistance à la leptine s'installe. C'est l'un des problèmes rencontrés dans l'obésité.

La leptine exerce donc un rôle de témoin de l'état des réserves énergétiques du corps et signale au cerveau la nécessité ou non de les reconstituer. Ses effets sur la faim s'exerceraient en permanence, sans périodicité liée au rythme des repas.

Une faim réglée comme une horloge

Le déclencheur de la faim qui vous saisit à l'approche du petit-déjeuner, du déjeuner ou du dîner, serait alors la ghréline, une hormone produite par l'estomac. Sécrétée juste avant l'heure habituelle des repas, elle passe dans le sang et va aussi se lier à des récepteurs sur les neurones de l'hypothalamus. L'effet est inversé par rapport à la leptine : la faim augmente.

Les mécanismes qui entraînent la sécrétion de ghréline avant le repas sont encore mal connus. Ils pourraient être liés à l'horloge circadienne, une horloge biologique interne