

QUESTION AUX EXPERTS

Pourquoi a-t-on des courbatures ?

Ces douleurs seraient dues à une inflammation, liée aux dommages musculaires que provoque un effort intense.

Stephen ROTH



Allongé dans votre lit, vous retardez le moment de vous lever : vos jambes sont lourdes et douloureuses. La veille au matin, vous vous êtes remis au footing et avez couru près d'une heure, sur un terrain pentu. Résultat : vous êtes perclus de courbatures. Ces dernières culminent généralement 24 à 72 heures après un effort extrême et se caractérisent par une douleur musculaire parfois intense, ainsi que par une perte de puissance et d'amplitude des mouvements. À quoi les courbatures sont-elles dues ?

Commençons par décrire le fonctionnement du corps lors d'un exercice physique. La respiration s'accélère et apporte davantage d'oxygène aux muscles. Une série de réactions biochimiques décomposent le glucose de l'organisme, ce qui produit de l'énergie. En temps normal, une partie de ces réactions sont aérobies, c'est-à-dire qu'elles consomment de l'oxygène. Cependant, ce dernier ne peut être fourni en quantité suffisante lors d'efforts intenses, par exemple quand on doit transporter une lourde armoire ou — fait plus rare aujourd'hui ! — battre un prédateur à la course.

Dans ce cas, pour fournir de l'énergie, des réactions anaérobies prennent le relais dans les muscles. Elles produisent de l'acide lactique, sous une forme nommée lactate. Les cellules musculaires peuvent maintenir cette voie énergétique anaérobie à une intensité élevée pendant une à trois

minutes, lors desquelles l'acide lactique s'accumule.

En conséquence, l'acidité augmente, ce qui perturbe les voies métaboliques de transformation du glucose en énergie. Les muscles peinent alors à poursuivre leurs contractions. Il s'agit là d'un mécanisme de défense naturel pour qu'ils ne dépassent pas leurs limites et ne subissent pas des dommages permanents durant un effort extrême. Ce mécanisme est renforcé par une sensation douloureuse, provoquée par l'accumulation d'acide lactique et d'autres métabolites, et qui pousse à arrêter l'exercice. Par la suite, de l'oxygène redevient disponible et l'acide lactique est reconverti en un produit utilisable par le métabolisme aérobie, qui redémarre.

L'acide lactique n'est pas responsable

L'acide lactique est-il responsable des courbatures, comme on le croit souvent ? Non : les chercheurs ont mesuré sa concentration juste après un effort et ont trouvé qu'il n'y a qu'une faible corrélation entre cette concentration et l'intensité des courbatures, estimée quelques jours plus tard.

D'où proviennent donc les courbatures ? La plupart des études suggèrent qu'elles sont dues à l'endommagement des cellules musculaires provoqué par un effort intense et à la libération de métabolites variés dans le tissu entourant ces cellules. Une réponse

inflammatoire se déclenche alors pour réparer les dégâts. Elle se traduit par un gonflement et des douleurs qui culminent un jour ou deux après l'effort et disparaissent plus ou moins vite selon l'importance des dommages.

Les courbatures sont particulièrement favorisées par les contractions dites excentriques, lors desquelles le muscle se contracte en même temps qu'il est étiré par une charge. Imaginez par exemple qu'on vous lance un objet de 500 kilogrammes et que vous essayez de l'attraper au vol : vos biceps ne vont pas pouvoir se raccourcir en se contractant, malgré l'effort fourni... Ces contractions excentriques sont celles qui endommagent le plus les cellules musculaires. Dès lors, un exercice physique déclenche des courbatures plus intenses lorsqu'il met en œuvre de telles contractions, et ce même si l'on ne ressent pas de douleur pendant l'effort. C'est le cas par exemple d'une course en descente.

On entend souvent que les anti-inflammatoires pourraient prévenir ou soigner les courbatures. C'est bien le cas, mais ils ne sont pas recommandés pour autant. En effet, ils ralentiraient aussi la réparation des dégâts musculaires, et donc la récupération dans les semaines suivant l'exercice. Le produit anticourbature idéal n'existe pas encore... ■

Stephen ROTH est professeur de physiologie de l'exercice à l'Université du Maryland, aux États-Unis.

SCIENCE & GASTRONOMIE

L'auto-organisation des mets

En jouant sur des phénomènes tels que la gélification, la sédimentation et la floculation, on peut transformer le lait en un gel fibreux.

Hervé THIS

La qualité des pâtisseries est le fruit du travail de « construction » des pâtisseries qui empilent des couches de différentes consistances, couleurs et goûts. Les cuisiniers ne sont pas en reste : le célèbre Marie-Antoine Carême étudiait l'architecture pour structurer ses mets.

Le cuisinier peut créer des structures en observant les phénomènes naturels. Par exemple, quand on cuit du riz à la casserole et que l'eau vient à manquer, apparaissent des « cheminées » réparties de façon approximativement hexagonale. Pourra-t-on maîtriser de tels phénomènes afin de donner de la structure à du blanc d'œuf cuit ou à un gel de gélatine dans un bavaise ?

Des chimistes de l'Inra à Nantes avaient étudié comment l'ajout de gélatine fait grumeler du lait bouillant. Toutefois, cette décomposition est aléatoire. En 2001, des physico-chimistes ont observé que l'ajout de gomme xanthane produisait le même résultat qu'avec la gélatine ; mieux, Christian Sanchez et ses collègues de l'ENSAIA, à Nancy, avaient montré que des structures fibreuses apparaissent parfois quand un gel laitier se forme en présence de xanthane.

Tout récemment, Anne Rohart et Camille Michon, d'AgroParisTech, ont précisé les mécanismes du phénomène. Au départ, le lait est stable, car les micelles de caséines (des protéines) et de phosphate de calcium dont il est constitué sont couvertes de caséines kappa, qui sont électriquement chargées : la répulsion électrostatique des micelles assure la stabilité dans l'eau.

On obtient des gels laitiers (yaourts, par exemple) en acidifiant, par divers moyens : avec des bactéries lactiques, qui transforment le sucre du lait (le lactose) en acide lactique, ou en ajoutant un composé nommé glucono-delta-lactone, qui se dissocie dans l'eau et acidifie lentement le milieu. La lenteur de l'acidification importe : quand elle est trop rapide, comme quand on ajoute du jus de citron dans du lait chaud, la coagulation fait une myriade de petits grumeaux coagulés, au lieu de former un gel macroscopiquement lisse, comme celui du yaourt.

Le second partenaire des gels laitiers autostructurants est le xanthane. Là, un autre phénomène nommé déplétion-floculation modifie le milieu. La grande taille des molécules de xanthane ne leur permet pas de s'insérer entre des groupes de micelles de caséine. Il s'ensuit que, entre ces dernières, la concentration en xanthane est nulle, alors qu'elle est notable à l'extérieur des groupes. Par osmose, les molécules d'eau quittent les groupes pour diluer le xanthane extérieur, ce qui conduit au rapprochement des micelles. L'ajout de xanthane à du lait conduit ainsi à la formation de deux phases, l'une riche en protéines et l'autre riche en xanthane. Ces phases n'ayant pas la même densité, une sédimentation peut se produire. Si la gélification de la phase dispersée s'effectue pendant ce temps, des microgels allongés sont formés.

Trois phénomènes coexistent : la formation de structures, la sédimentation de zones denses et la gélification des zones « laitières ». Si les vitesses de chacun sont ajustées, des colonnes de gels laitiers sont piégées dans

la phase continue épaissie par le xanthane. Ce processus peut être généralisé de nombreuses façons. La sédimentation peut être remplacée par un crémage. La prise en gel pourrait être obtenue par coagulation des protéines à la chaleur ou par ajout d'ions calcium à une solution d'alginate de sodium. Enfin, la formation de structures pourrait résulter d'évaporations guidées, notamment par la pose d'une grille percée de trous régulièrement espacés au-dessus du système liquide initial.

En attendant, nous utiliserons poudre de lait et gomme xanthane pour obtenir un système fibreux. Dispersons d'abord de la poudre de lait dans un liquide (de l'eau, du vin, du bouillon, du jus de fruit), à pH neutre. Laissons la poudre de lait s'hydrater, puis chauffons-la à 80 °C pendant une dizaine de minutes, afin de dénaturer les protéines. Réduisons la température à 60 °C, ajoutons environ 0,05 % de gomme xanthane, 1,5 % de glucono-delta-lactone à 43 °C et réduisons la température à la température ambiante. Moins compliqué qu'une recette de faisan à l'Albuféra, n'est-ce pas ? ■



Hervé THIS, physico-chimiste, est directeur du Centre international de gastronomie moléculaire AgroParisTech-Inra et directeur scientifique de la Fondation Science & culture alimentaire [Académie des sciences].



Retrouvez la rubrique
Science & gastronomie sur
www.pourlascience.fr



© Jean-Michel Thiriet

THOMSON REUTERS

ENDNOTE™

STRUCTURER ET ORGANISER VOS SOURCES : **ENDNOTE.**

L'OUTIL DE RÉFÉRENCEMENT N°1 POUR LES CHERCHEURS

Mac® ou Windows® – sur votre bureau ou en ligne – EndNote® vous aide à collecter et créer votre recherche plus rapidement. Que vous mettiez à jour un CV ou un programme d'enseignement, que vous envoyiez des demandes de financement ou écriviez un manuscrit, EndNote® vous apporte les outils pour organiser et partager votre recherche où que vous soyez. Votre travail gagne ainsi en efficacité.



**Distributeur officiel
en Suisse**

SCIENTIFIC SOLUTIONS SA
Rue du Midi 2 - CH 1009 Pully-Lausanne - Suisse
Tél. : +41 (0) 21 711 15 20 www.scientific-solutions.ch



**Distributeur officiel
en France, Belgique
et au Luxembourg**

RITME
34, bd Haussmann - 75009 Paris - France
Tél. : +33 (0) 1 42 46 00 42 www.ritme.com