



La castration chimique

PHILIPPE BOUCHARD

On ne sait pas bloquer efficacement le comportement sexuel sans risque pour l'individu.

Comment juguler les pulsions sexuelles pathologiques des délinquants sexuels ? Dans l'hypothèse simpliste d'une commande du comportement sexuel par les hormones masculines que sont les androgènes, on a parfois évoqué la technique de castration chimique, c'est-à-dire l'administration de composés qui modifieraient le fonctionnement du système hormonal et, de ce fait, inhiberaient le comportement sexuel. Dans quelles conditions administrer de tels traitements ?

En tant que médecin, je me résoudrais difficilement à traiter des personnes qui ne l'auraient pas expressément demandé ou qui n'auraient pas été informées des effets secondaires des traitements : une castration chimique qui aurait été décidée à titre pénal ne pourrait être appliquée par un médecin sans discussion sérieuse des avantages et des inconvénients.

De toute façon, nous verrons qu'une telle éventualité n'est même pas à envisager : si l'on peut bloquer – réversiblement – la production des androgènes ou leurs effets, la castration chimique n'est pas une technique que l'on puisse administrer durablement sans risque.

TRANSSEXUALISME ET CANCER

Une méthode de castration chimique est déjà employée depuis plusieurs années pour traiter les hommes qui veulent changer de sexe ou ceux qui souffrent de cancer de la prostate aggravés par les hormones androgènes (la testostérone, la dihydrotestostérone), sécrétées par les testicules ou métabolisées dans les tissus cibles. On a voulu bloquer l'effet de ces hormones en saturant leurs récepteurs (sans les stimuler) à l'aide d'une molécule nommée acétate de cyprotérone. Toutefois cet «antagoniste des androgènes» a plusieurs défauts graves : il n'est pas constamment efficace dans la suppression d'effets ou de la production des androgènes ; et quand il est

efficace, il engendre notamment une ostéoporose (une fragilisation des os) qu'on sait encore mal combattre. De surcroît, l'absence d'androgènes expose à un risque encore mal évalué d'atteintes cardiovasculaires, de sorte que le traitement ne peut être administré longtemps sans risques. Or à quoi servirait une castration chimique qui ne s'exercerait que pendant quelques mois ? Pour être utile, elle devrait rester efficace le temps qu'un traitement psychiatrique ait fait son effet, c'est-à-dire pendant plusieurs années.

CONTRÔLE SUPÉRIEUR

Une autre technique, plus régulièrement efficace, est l'utilisation d'«agonistes de la GnRH», c'est-à-dire de molécules qui se lient aux récepteurs de l'hormone GnRH (*gonadotropin releasing hormone*, ou «hormone de libération des gonadotrophines») et inhibent les effets de cette dernière. Sécrétée par l'hypothalamus, la GnRH agit normalement sur l'hypophyse. Ses agonistes bloquent la libération des hormones gonadotrophines que sont la FSH (*folliculin stimulating hormone*, ou «hormone de stimulation des follicules») et surtout la LH (*luteinizing hormone*, soit «hormone lutéinisante») ; sans ces hormones, les testicules ne sécrètent pas les androgènes, et le comportement sexuel est supprimé tant que le traitement est suivi.

Toutefois, les expériences sur les personnes qui veulent changer de sexe ont montré que seules de fortes doses d'agonistes suppriment les effets des hormones FSH et LH : la vie sexuelle disparaît, mais la technique est coûteuse, et elle n'évite pas les graves effets à long terme discutés précédemment.

Ces problèmes sont bien connus chez les femmes qui souffrent d'un cancer du sein. Dans ce cas, on effectue une «suppression ovarienne adjuvante ou palliative», afin d'éviter que les ovaires sécrètent des estrogènes qui provoquent la croissance des cellules du sein et favorisent le cancer : selon les cas, on éli-

mine les ovaires par chirurgie ou par radiothérapie, ou bien l'on utilise des agonistes de la GnRH pour provoquer une ménopause clinique. De même, chez les femmes souffrant d'autres maladies bénignes, dépendantes des hormones (fibromes utérins ou endométriose), on limite l'administration des agonistes de la GnRH à trois mois environ ou bien on propose un traitement de remplacement par des estrogènes à petites doses, afin de pallier les effets délétères de la suppression hormonale complète.

Le problème de l'homme traité par des antagonistes de la synthèse de la testostérone est identique : la technique est au point, mais la prise en charge et les risques à long terme sont insuffisamment évalués. Comme pour le cas de traitements féminins, on pourrait éventuellement, dans le cadre d'essais thérapeutiques, évaluer la quantité de testostérone que l'on pourrait administrer, en même temps que des agonistes de la GnRH, afin d'éviter les effets secondaires que provoque la privation d'androgènes ; toutefois la testostérone augmente la libido, de sorte qu'on ignore à ce jour si un tel traitement aurait l'objectif castrateur cherché et quel seuil de testostérone est efficace.

Plus généralement, le mécanisme du comportement sexuel reste mal connu. Si les systèmes hormonaux n'en sont pas une clef absolue, comment est-il commandé ? Serge Stoléro, à l'Hôpital de Bicêtre, examine aujourd'hui les centres cérébraux qui sont activés lors des excitations sexuelles, mais la physiologie du phénomène reste énigmatique.

Au total, nous n'avons pas aujourd'hui de médicament qui bloque la vie sexuelle sans effets secondaires. On ne peut donc envisager de castration chimique sans tenir compte de ces risques à long terme.

Philippe BOUCHARD est chef du service d'endocrinologie de l'Hôpital Saint-Antoine, à Paris.

Glace et glacières

JEAN MARTIN

Avant l'avènement de la glace artificielle, la glace naturelle était conservée pendant plusieurs mois dans des glacières, constructions isolantes en pierre ou en brique.

«Vous en telle ou meilleure pensée reconfortez votre malheur, et buvez frais si peut se faire.»

Rabelais, *Gargantua*.

Aujourd'hui, les réfrigérateurs sont universels, à tel point que l'on s'interroge : comment vivait-on sans eux ? On utilisait la glace naturelle (ou la neige), conservée du mois de décembre au mois d'octobre dans des glacières, parfois nommées puits à neige.

Des tablettes en écriture cunéiforme datant de 2 000 ans avant notre ère indiquent que des glacières existaient déjà dans la région de l'Euphrate. Le roi Zimri-Lim d'Assyrie (–1775– –1760) aurait été l'inventeur de glacières construites à Terqua. Des textes mentionnent l'existence de telles glacières dans l'ancienne capitale des Hittites, Hattusas, ainsi que dans l'actuel Iraq, voire plus au Sud.

Aux environs de –1000, le Chinois Shi Ching signale des dépôts souterrains de la précieuse glace, en précisant qu'elle est distribuée uniquement aux personnes aisées. Les Grecs utilisent la glace : pour ne pas trop souffrir du climat lors

du siège de Pétra, Alexandre le Grand se fait préparer des mélanges de fruits et de miel réfrigérés avec de la neige conservée dans une trentaine de fosses qu'il a fait construire à cet effet.

Certains auteurs anciens, tel Hippocrate, condamne l'usage de la «glace pleine d'impuretés» préjudiciable à la santé par temps de canicule. Malgré ces avertissements, les Grecs consomment de la glace, comme en témoignent de nombreux rafraîchissoirs. Ancêtres des bouteilles thermos, ces rafraîchissoirs étaient des récipients à double paroi, la boisson à rafraîchir étant au centre et la glace entre les deux parois.

Les Romains consomment aussi de la glace. Ils conservent ainsi certains aliments, surtout des huîtres, dont ils sont friands. Toutefois, la quantité de glace disponible est limitée, et le séchage, le fumage et la salaison sont déjà – et seront longtemps – les seules techniques de conservation utilisées.

Si certains aiment à prendre des bains refroidis par de la glace dans les *fridaria*, d'autres, comme Sénèque, lui attribuent des vertus médicinales. Ainsi, l'empereur Hadrien (76-138), atteint d'hydropisie, s'ap-

plique sur le cœur de la glace contenue dans une vessie de porc ; cela soulage la douleur qui lui étreint la poitrine et atténue ses angoisses. La glace est utilisée pour arrêter des hémorragies rebelles, pour soulager des coliques hépatiques, des fièvres, des gangrènes, etc.

Après les invasions barbares, aux IV^e et V^e siècles, l'usage de la glace semble disparaître en Occident, mais il est maintenu dans le monde musulman, comme en atteste le sorbet offert par Saladin, sultan d'Égypte et de Syrie, à l'empereur Richard Cœur de Lion, au XII^e siècle.

C'est sans doute par l'Espagne, en contact avec le monde musulman, et par les croisades que la glace naturelle réapparaît en Occident. En 1533, Henri II épouse Catherine de Médicis : la reine apporte d'Italie le secret des sorbets, et l'on recommence à conserver la glace. Pour fabriquer les sorbets, on ne se contente pas de glace pure : on mélange du salpêtre ou du sel à la glace, car la température de ces mélanges réfrigérants est inférieure à celle de la glace pure (la dissolution de ces sels nécessite de la chaleur qui est prélevée au milieu, ce qui en abaisse la température).

Henri III, puis Louis XIV sont friands de sorbets ; toute la cour et de nombreux bourgeois les imitent. L'usage de la glace naturelle augmente à partir du XVII^e siècle. Le commerce de la glace s'intensifie, surtout dans le Sud de la France, et y restera florissant jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Vers 1860, on découvre comment fabriquer la glace artificielle : c'est le crépuscule de la glace naturelle. Restent deux questions : d'où venait cette glace et comment la conservait-on ?

L'APPROVISIONNEMENT

La glace naturelle était produite, l'hiver, sur des lacs, des étangs, des bassins, des douves, des canaux, etc. On creuse aussi des bassins, dits de congélation, spécifiquement destinés à la production de glace ; ils sont profonds d'environ 50 centimètres, très étendus et alimentés par de petits cours d'eau.



Jean-Loup Charnet

Ramassage de glace sur un étang du bois de Boulogne. Après avoir été «récoltée», la glace était transportée dans des charrettes jusqu'à des glacières toutes proches ; construites au milieu du XIX^e siècle, ces glacières assuraient l'approvisionnement de Paris en glace.

En France, de tels bassins ont été creusés en Provence dans le massif de la Sainte-Baume au XVII^e siècle et dans les Alpes de Haute-Provence au XIX^e siècle. Certains glaciers de montagne, qui descendent à relativement basse altitude, comme dans les Alpes du Nord, à Argentières ou aux Bossons, par exemple, ont été exploités assez tardivement, de la fin du XIX^e siècle jusqu'au début du XX^e.

Certaines grottes, très froides, ont également fourni de la glace naturelle, notamment dans le Jura ou en Auvergne, mais cette production était marginale. La neige a été une source de froid, surtout dans des régions montagneuses de moyenne altitude, comme la Montagne Noire, au Sud du Massif central. Tassée, elle donnait une glace dite «bulleuse», de moins bonne qualité que celle des bassins.

Jusqu'au XVI^e siècle, seuls quelques privilégiés utilisent de la glace. Puis le commerce se développe. Il est réglementé à partir de Louis XIII et sous Louis XIV. Privilège royal, le droit de commercialiser la glace est distribué avec parcimonie, surtout à des nobles.

Plus tard, le privilège de la distribution de glace est progressivement racheté par des grandes villes et, parallèlement à ces privilèges royaux, deux systèmes juridiques coexistent : un commerce libre et un fermage, qui doit assurer un approvisionnement de glace régulier et garantir la stabilité des prix. Toutefois, des conflits éclatent, des procès interminables sont intentés et une contrebande s'installe. Certains glaciers s'enrichissent. À la Révolution, le commerce de la glace devient libre.

LES DIFFICULTÉS DU STOCKAGE

On parvient à conserver la glace naturelle en raison de la valeur élevée de sa chaleur latente de fusion : la quantité de chaleur qu'il faut fournir pour faire fondre un kilogramme de glace est égale à 330 kilojoules, c'est-à-dire la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un litre d'eau pour élever sa température de 0 à 80 °C.

Néanmoins, toute la difficulté est de conserver cette glace pendant plusieurs mois : le secret de la conservation réside dans son stockage. La glace doit

être isolée de l'extérieur et de l'eau de fonte, soigneusement évacuée.

La conservation est meilleure quand la masse de glace est importante et homogène. Les pertes thermiques se produisent à l'interface entre la glace et l'air ou entre la glace et l'eau. Ainsi, on doit minimiser le rapport de la surface de la glace sur son volume. Or, dans le cas d'une forme sphérique, par exemple, la surface est proportionnelle au carré du rayon, tandis que le volume est proportionnel au cube du rayon. On minimise les pertes en augmentant le rayon : pour des volumes inférieurs à 50 mètres cubes, près de 90 pour cent de la glace risquent de fondre

en moins de six mois. Au contraire, pour des volumes supérieurs à 50 mètres cubes, et pour des glaciers bien conçus, on peut conserver 80 pour cent de la glace pendant six mois. Sur les très grands volumes, la glace peut même être conservée deux, voire trois ans.

Les premières glaciers ont été de simples anfractuosités naturelles, où l'on entassait de la neige compactée, ou de la glace, et que l'on recouvrait de branchages. La glace se conservait mal.

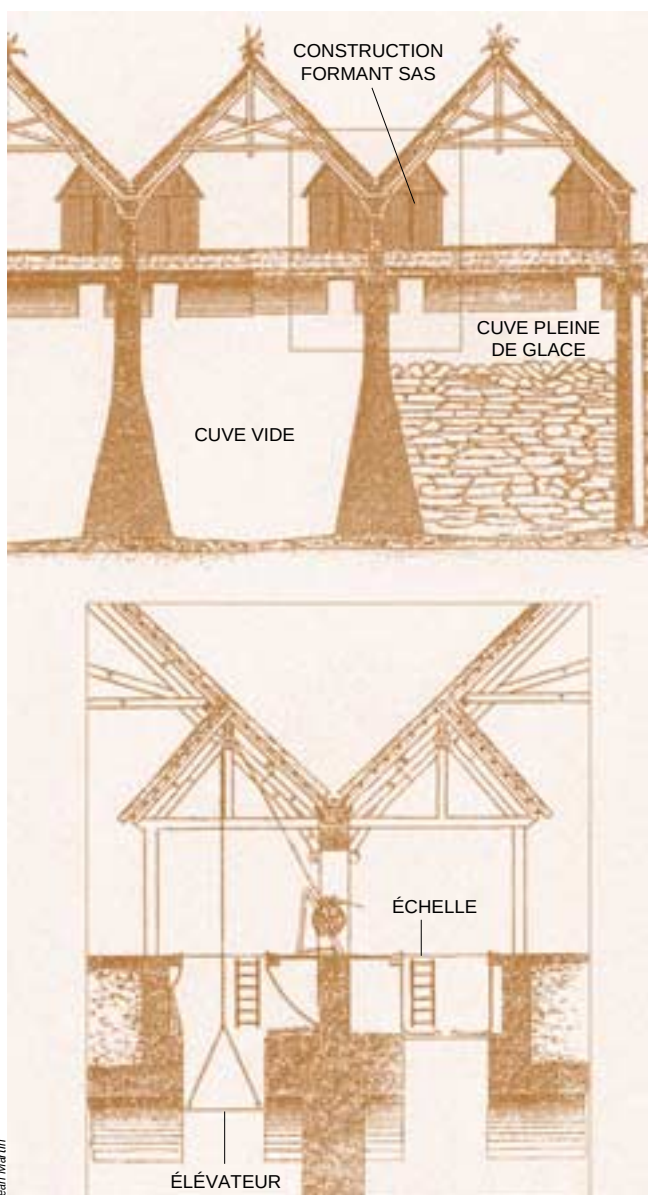
Des constructions plus élaborées apparaissent vers le XV^e siècle avant notre ère, en Iran notamment. Elles sont constituées de fosses artificielles, revêtues de briques et coiffées d'une couverture conique en argile. À l'origine, elles ne sont pas équipées de drains pour évacuer la glace fondue, et la conservation de la glace reste médiocre.

En France, les glaciers les plus anciennes, souvent partiellement détruites, datent du XII^e siècle ; elles étaient alors essentiellement à usage médical. Au XVII^e siècle, le domaine royal en abritait plusieurs : à Saint-Germain-en-Laye et surtout à Versailles, au potager, ou encore au Parc-aux-cerfs, à Satory. La plupart des glaciers bien conservées datent des XVIII^e et XIX^e siècles.

LA MAÇONNERIE

Au XVIII^e siècle, de très nombreux châteaux en sont pourvus, mais la glace reste un produit réservé à des privilégiés, sauf peut-être en Provence et dans le Languedoc, où les glaciers abondent et où la concurrence est forte. Au XIX^e siècle, une population moins fortunée commence à utiliser la glace, et la construction de très grandes glaciers fait baisser les prix.

Les glaciers sont constituées d'une cuve, plus ou moins enterrée, maçonnée, le plus souvent de forme circulaire, cylindrique ou tronconique, surmontée d'une coupole, où sont percés un ou plusieurs orifices d'accès latéraux munis de portes formant sas. Les matériaux utilisés sont la pierre de pays ou la brique, parfois les deux simultanément. La porte extérieure de chargement est orientée au Nord pour éviter que le Soleil n'y darde ses rayons.



Les glaciers du bois de Boulogne étaient constituées de dix cuves de stockage creusées dans le sol. Les cuves étaient recouvertes de bâtiments en bois. On pénétrait dans les cuves en passant par une petite construction qui servait de sas et améliorait l'isolation. La glace était descendue au moment du stockage et remontée au moment de l'extraction par des élévateurs. Les ouvriers descendaient dans les cuves par des échelles. La partie inférieure de ces plans est un agrandissement du cadre dessiné sur le schéma du haut.



Les glacières que l'on retrouve en France datent généralement des XVII^e et XVIII^e siècles. Celle de Satory-Versailles (à gauche) date de la fin du XVII^e siècle. D'une capacité de 750 mètres cubes, elle a une porte de chargement (à gauche sur la photographie) et deux portes de déchargement (l'une d'elles est à droite sur la photographie).



Une des glacières de Pivaut, dans le Var (à droite), date du XVIII^e siècle ; elle a une capacité de 900 mètres cubes, des murs de deux mètres d'épaisseur et un unique accès pour la manutention de la glace.

Jean Martin

Parfois, des ouvertures supplémentaires, situées au sommet de la coupole, servent au chargement de la glace, ou à l'éclairage. Quelques glacières, très anciennes, n'ont que cet orifice, comme à l'abbaye de Maillezais, en Vendée (XIII^e siècle).

Sous la cuve, on creuse un puisard ou une rigole, avec une canalisation qui évacue l'eau de fusion. Le sol est parfois suffisamment perméable pour absorber l'eau de fonte. Le fond de la cuve est pourvu d'un platelage de bois, qui évite le contact direct de la glace avec la maçonnerie et qui assure la dispersion de l'eau de fonte (un platelage est constitué de deux couches de poutres formant un plancher ajouré). Il est parfois recouvert de branchages et de paille.

L'ensemble de l'édifice a souvent l'apparence d'une butte de terre où poussent des arbustes, des taillis, voire des arbres. Parfois l'ensemble est placé dans un bâtiment, comme aux abbayes de Jumièges et de Maillezais, ou dans une cave, comme à Crécy-Couvé (dans l'Eure). Des tours, à murs épais et trapus, servaient de glacières en Provence.

Les cuves ont un diamètre variant de moins de deux mètres à 18 mètres, avec des capacités de 3 à 4 500 mètres cubes. Les glacières à usage privé ont des diamètres compris entre 4 et 5 mètres, et un volume de 50 à 100 mètres cubes. En revanche, les glacières royales atteignent 10 mètres de diamètre et 700 mètres cubes de volume. Au début du XIX^e siècle, on construit plutôt des cuves parallélépipédiques de grandes dimensions, afin de stocker davantage de glace et de satisfaire la demande croissante.

La glacière du bois de Boulogne avait été construite par la ville de Paris en 1857 pour approvisionner la capitale en glace, laquelle était récoltée sur les étangs du Bois. Cette grande glacière était constituée par deux rangées de cinq cuves cubiques de 12 mètres de côté chacune,

en béton, creusées dans le sol et accolées. L'ensemble, qui avait une capacité totale de 16 000 mètres cubes, était couvert de plusieurs bâtiments en bois, où l'on entreposait les voitures et les engins de manutention de la glace ; chaque cuve avait son propre élévateur. Cette glacière fut détruite par le feu en 1868!

À Paris, vers 1860, la capacité de stockage atteint 46 000 tonnes, grâce aux glacières du bois de Boulogne, de Vincennes, de Gentilly, etc.

Pour compléter l'approvisionnement, notamment lors des hivers doux, on importe, à partir de 1873, de la glace des pays nordiques (surtout de Norvège). Cette glace débarque au Havre, à Rouen et à Bordeaux. Vers 1890, la quantité importée atteint 50 000 tonnes par an. Les glacières des Alpes de Haute-Provence, avec un bassin de congélation de 20 hectares, complètent l'approvisionnement de la Côte d'Azur. À cette époque, la glace des grandes glacières de Sylans, dans l'Ain, dont la capacité est de 50 000 tonnes, est expédiée par chemin de fer jusqu'en Algérie.

REEMPLISSAGE ET EXTRACTION DE LA GLACE

Les glacières étaient remplies en hiver, dès que la quantité de glace formée était suffisante. La «récolte» devait être rondement menée, car le temps risquait de se radoucir ; on utilisait alors une main-d'œuvre abondante. Les blocs de glace arrivaient par chariots, ou à dos d'homme dans des hottes ; ils étaient soigneusement empilés, les morceaux les plus irréguliers étaient cassés ; de temps à autre, on arrosait les blocs d'eau froide afin de souder les morceaux de glace et de former un bloc plus homogène. Lorsque le niveau supérieur de la cuve était atteint, on étalait un épais matelas de paille, lui-même recouvert de madriers. Le déchargement, en principe effectué de

nuît, était généralement étalé de mai à octobre, selon les besoins. Un ou deux ouvriers pénétraient dans la cuve par un sas, retiraient partiellement la couverture isolante et brisaient la glace à l'aide d'un ciseau d'acier ; les morceaux prélevés étaient remontés dans le sas à l'aide de cordes et de poulies. Les blocs de glace, tassés, étaient enveloppés dans de grosses toiles, puis chargés à l'extérieur sur des chariots garnis de paille ; ils gagnaient alors leur lieu d'utilisation.

Une pièce était parfois construite à l'extrémité du sas : nommée l'avant-glacière, elle servait au chargement de la glace dans les chariots. En dehors des périodes d'utilisation, on y conservait diverses denrées. Toutefois, la viande n'y était pas entreposée longtemps, car, dans une glacière, la température n'était jamais inférieure à 0 °C, la température de la glace fondante.

À la fin du XIX^e siècle, la glace artificielle, produite en toute saison, s'est substituée à la glace naturelle, et les glacières ont été définitivement abandonnées après 1914. Aujourd'hui, seules subsistent des glacières maçonnées, mais de nombreuses glacières étaient tout en bois. C'était généralement un bâtiment rectangulaire, construit au-dessus du sol et à double paroi ; l'espace libre était laissé vide, ou rempli de sciure ou de copeaux, et la glace était placée dans la chambre intérieure.

Les glacières, abandonnées, tombent en ruine. Ces édifices sont récemment sortis de l'oubli ; certains sont restaurés, et l'histoire de ces constructions et celle du commerce de la glace naturelle, qui a duré plusieurs siècles, commencent à ressurgir.

Jean MARTIN a étudié les glacières et publié *Les glacières françaises. Histoire de la glace naturelle*, aux éditions Errance, 1997.



Le lait solide

HERVÉ THIS

Comment faire gélifier le lait sans risque.

Lentement, au fil des siècles, la cuisine a appris à confectionner des aliments solides à partir du lait, liquide. Les fromages, tout d'abord, sont des «conserves» de lait que l'on obtient en déstabilisant le lait et en éliminant l'eau de ce dernier sous la forme du petit lait. Les yaourts s'obtiennent par chauffage de laitensemencé par des bactéries *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* : les micro-organismes transforment le principal sucre du lait, le lactose, en acide lactique, qui acidifie le milieu et provoque la formation d'un réseau dans tout le liquide (d'un point de vue physique, le yaourt est un gel).

Ces dernières années, l'industrie agro-alimentaire a perfectionné les fermentations, ainsi que le caillage, et elle a découvert que le procédé exact de solidification détermine la texture, ce qui lui permet de proposer des plats lactés variés. À l'aide de composés gélifiants ou épaississants, qu'elle emploie pour la confection de sauces, elle a inventé des desserts lactés... mais des accidents inexplicables se produisent : quand on ajoute de la gélatine à du lait chaud, par exemple, un déplaisant grumelage a souvent lieu. À l'INRA de Nantes, Jean-Louis Doublier, Sophie Bourriot et Catherine Garnier montrent que tous les épaississants et gélifiants déstabilisent le lait, quand leur concentration est excessive.

Pourquoi ce comportement commun alors que les épaississants et gélifiants agro-alimentaires sont variés ? La gélatine est extraite des os d'animaux ; les amidons des graines et des tubercules, les carraghénanes et les alginates sont tirés des algues ; les galactomannanes (gommes guar, gomme de caroube, par exemple) proviennent de graines ; les pectines de végétaux, et la gomme xanthane est obtenue par fermentation d'amidon.

L'examen chimique de ces divers composés révèle des points communs : à l'exception de la gélatine, tous sont des polysides, des composés de la même famille chimique que les sucres ; les nombreux groupes hydroxyle (-OH) de ces molécules assurent l'épaississement des solutions en se liant à de nombreuses molécules d'eau.

Dans le lait, toutefois, les polysides interagiraient également avec diverses

protéines dissoutes et avec les protéines nommées caséine, qui se regroupent en micelles ; celles-ci sont soit dispersées dans le lait, soit à la surface des gouttelettes de matière grasse. Pourquoi observe-t-on alors une déstabilisation quand des forces entre polysides et caséine devraient, semble-t-il, lier les polysides aux micelles et aux gouttelettes de matière grasse ?

J.L. Doublier et ses collègues ont exploré cette question à l'aide de la technique de la microscopie confocale à balayage laser, qui n'examine les objets



Un mélange de gomme guar (en rouge) et de caséine (en vert) est homogène et stable quand la concentration en guar est faible (en haut), instable sinon (en bas) : le guar se sépare de la caséine.

qu'à une distance précise de l'objectif et sur une épaisseur réduite. À l'aide de marqueurs de la caséine, d'une part, et des polysides, d'autre part, ils ont cherché des zones riches en polysides et les zones riches en protéines, même dans des mélanges où aucune déstabilisation n'apparaissait à l'œil nu... et ils ont ainsi découvert que tous les polysides conduisent à une séparation de phases, quand leur concentration est notable ; les polysides se rassem-

blent dans certaines zones de la solution, et la caséine dans d'autres zones. Pis encore : pour certains polysides, cette séparation se produit parfois à partir d'une concentration très faible, mais elle n'est pas immédiate ; elle est d'autant plus lente que le milieu est visqueux, de sorte que l'industriel qui la négligerait risquerait de voir ses produits se dissocier entre le moment où il les fabrique et celui où ils sont consommés.

Les physico-chimistes japonais S. Asakura et O. Oozawa ont identifié le mécanisme de déplétion-floculation, qui se produit dans les suspensions de particules et semble avoir lieu dans le lait. Des particules sont en équilibre quand elles se repoussent (par des forces électrostatiques, entre les molécules électriquement chargées de leur surface) plus qu'elles ne s'attirent. Toutefois cet équilibre est rompu par la présence d'un polymère si gros qu'il ne peut se disposer entre les particules voisines : la concentration en polymère est nulle dans cet espace, nommé zone de déplétion.

Or par diffusion des molécules dans les solutions, les concentrations en chaque type de molécules tendent à s'égaliser. Comme les polymères ne peuvent migrer vers la zone de déplétion, ce qui augmenterait leur concentration, c'est l'eau qui quitte cette zone, afin de réduire la concentration en polymère à l'extérieur des zones de déplétion ; lorsque l'eau diffuse ainsi, les particules sont rapprochées. Dans le lait, les particules de caséine «floculent» ainsi, formant les zones observées... et les grumeaux redoutés.

Ce phénomène très général explique que l'on retrouve les mêmes instabilités pour le lait additionné des divers polysides. La seule façon de le circonvenir consiste à utiliser aussi peu de polysides que possible.

Les marins disent que «trop fort n'a jamais manqué» : il faudrait surdimensionner la coque, les cordages, le mat et les espars pour éviter la rupture. En matière d'agro-alimentaire, cette idée ne vaut rien.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 février 1998, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.