



Les saveurs du fromage

HERVÉ THIS

L'acide lactique et les sels minéraux sont les principales molécules qui donnent de la saveur au fromage de chèvre.

Les arômes ont le beau rôle dans l'industrie alimentaire : de nombreuses sociétés se préoccupent d'en produire et d'en vendre aux industriels qui fabriquent les yaourts, les soupes, les sauces... Toutefois les aliments qui n'ont que de l'arôme ne sont flatteurs qu'au nez ; il leur manque de la saveur, notamment. D'où l'intérêt pour les molécules sapides (qui ont de la saveur), encore trop mal connues. Ces molécules exercent-elles le même effet quand elles sont dans les aliments et quand elles sont en solution dans l'eau, où leurs propriétés sont étudiées depuis longtemps ? Au Laboratoire INRA de recherches sur les arômes, à Dijon, Christian Salles, Erwan Engel et Sophie Nicklaus ont étudié cette question en analysant des fromages de chèvre, les «boutons de culotte».

Après mastication de l'aliment, les molécules sapides sont véhiculées par la salive jusqu'aux récepteurs gustatifs des papilles. Aussi les physico-chimistes cherchent essentiellement ces molécules parmi les composés solubles dans l'eau, c'est-à-dire dans la partie aqueuse des aliments. Pour le fromage, cette dernière contient notamment du lactose (un sucre), de l'acide lactique (formé par les micro-organismes, à partir du lactose, au cours de la fabrication), des sels minéraux, des acides aminés, des peptides (de courts enchaînements d'acides aminés). Si la saveur de la plupart de ces composés est connue, on ignorait leur effet en mélange : parmi les composés de la fraction aqueuse des fromages, certains masquent l'effet d'autres molécules sapides, d'autres en augmentent l'effet (exhausteurs).

Pour identifier ces effets, les physico-chimistes ont testé des solutions qui ne comprenaient que certains des composés, dont la présence avait été déterminée dans la fraction aqueuse de boutons de culotte.

Les peptides ne pouvant être identifiés simplement, les chercheurs de Dijon les ont isolés de la fraction hydrosoluble récupérée à partir de 20 kilogrammes de fromage : après des centrifugations,

ils ont fractionné le jus par des ultrafiltrations successives, sur des membranes qui ne laissaient successivement passer que des molécules de masse moléculaire inférieure à 10 000, puis à 1 000 et enfin à 400 ; les membranes retenaient les peptides.

Pour évaluer l'effet des divers composés sur chacune des saveurs, un jury de dégustation de 16 personnes a comparé la fraction aqueuse reconstituée à une solution de même composition, à l'exception d'un ou plusieurs composants qui avaient été volontairement omis. Évidemment ces «tests d'omission» étaient faits dans des conditions rigoureuses : produits anonymes, cabines individuelles, lumière rouge pour éviter les effets de couleur... Chaque dégustateur était muni d'un pince-nez, qui supprimait la perception des arômes.

Lors des séances de mesure qui ont suivi un entraînement, les dégustateurs devaient noter sur une échelle chacune des saveurs par rapport à une solution de référence spécifique pour chaque saveur, pour chaque échantillon présenté.

Les premières analyses sensorielles ont surpris : alors que de nombreuses études laissaient entrevoir des propriétés sapides des peptides, ces derniers n'ont pas d'effet direct ou indirect sur la saveur, quel que soit leur masse moléculaire ! Pourquoi avait-on précédemment trouvé une saveur amère à ces molécules ? Se réservant d'élucider ultérieurement l'effet sapide éventuel de ces composés à partir d'autres fromages, les physico-chimistes ont poursuivi leur étude sans les peptides.

Par comparaison de solutions dont on avait ou non retiré le lactose, les chercheurs ont découvert que ce composé n'avait pas d'effet sur la sapidité des solutions modèles. Les acides aminés, également, sont apparus insipides. En revanche, l'acide lactique et les sels minéraux sont des molécules qui contribuent puissamment à la sapidité. L'acidité était

principalement due aux ions hydrogène libérés par l'acide phosphorique et par l'acide lactique, avec un effet exhausteur du chlorure de sodium : ainsi, en présence de sel, la note acide est supérieure. Pourquoi ? La question est ouverte...

La saveur salée résulte de l'effet des chlorures de sodium, de potassium, de calcium et de magnésium, ainsi que du phosphate de sodium. Une partie de la saveur amère provenait des chlorures de calcium et de magnésium ; elle était partiellement réprimée ou masquée par des associations avec le chlorure de sodium et par les phosphates. Quant aux saveurs sucrée et umami (dus notamment au monoglutamate de sodium, largement utilisé dans les soupes ou sauces industrielles), elles étaient si faibles que les chercheurs n'ont pu leur associer des composés hydrosolubles.

Que déduire de telles études, au-delà des contributions précises qu'elles révèlent sur les divers composés de la partie hydrosoluble des fromages ? Tout d'abord, on ne peut pas attribuer une saveur à un seul composé, et, pis encore, les divers composés sapides ont des effets répresseurs ou exhausteurs les uns sur les autres. D'autre part, on sait maintenant le type de composés qu'il faudrait ajouter aux fromages pour renforcer certaines saveurs ou, au contraire, en masquer d'autres. L'industrie fromagère peut difficilement pratiquer de tels ajouts (pour des raisons législatives, et aussi parce que les molécules dissoutes dans le lait seraient perdues en quantités non maîtrisables, lors de l'égouttage), mais les Gourmands peuvent s'amuser à saupoudrer leurs fromages de divers sels : à vos chlorures, à vos phosphates !

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 25 janvier 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

L'eau douce du fond de la mer

L'eau douce circulant dans les réseaux souterrains jaillit parfois au fond des mers. On peut capter ces sources.



Marc Debatty

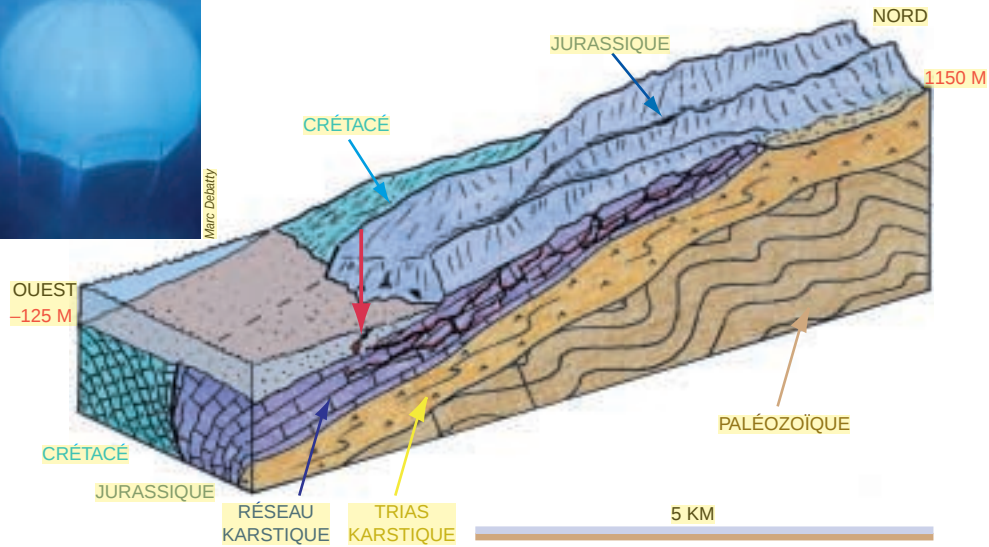
Dans l'Antiquité, les marins grecs se ravitaillaient en eau douce sans accoster, en immergeant une amphore retournée lestée qu'ils basculaient au-dessus de la source pour la remonter remplie d'eau potable. En Grèce moderne, près du port d'Itéa, les bergers font boire leurs troupeaux... sur le rivage d'une crique où jaillit, à quelques mètres du bord, l'eau douce d'une source au débit élevé.

Ces sources sous-marines émergent de massifs côtiers carbonatés, où ont été creusées des structures originales, les karsts, résultant de la dissolution du calcaire par les eaux de ruissellement : le gaz carbonique des eaux pluviales élargit les interstices de la roche calcaire et crée un réseau complexe de chenaux, de conduits souterrains et de grottes.

La circulation de l'eau dans ces réseaux s'effectue par gravité, en écoulement libre, ou sous pression dans des «conduites forcées» et des siphons, engendrant parfois des rivières souterraines, comme à Padirac, dans le Lot. Les eaux sont drainées jusqu'à un niveau de base, constitué par une couche imperméable ; elles ressurgissent sous forme de sources dites «vauclusiennes», qui se caractérisent par un débit important et de grandes variations de régime.

Ainsi, le réseau drainant, en bordure de mer, aboutit à des sources qui affluent et jaillissent à l'air libre ; elles sont souvent en relation directe avec des failles importantes qui jouent un rôle de conduit naturel. Comment ces résurgences peuvent-elles être sous-marines ? Deux phénomènes peuvent alors se produire : soit une subsidence du socle continental, affaiblement lent plus ou moins régulier ; soit une montée du niveau marin résultant d'une fonte des calottes glaciaires.

Dans les deux cas, la partie basse du réseau karstique est recouverte par la mer, et certaines sources sont progressivement submergées. Quand le conduit karstique est étanche et que la charge d'eau douce est supérieure à la pression de la colonne d'eau de mer à la profon-



Coupe géologique de la région au large du cap de Mortola, à proximité de Menton. Une partie du réseau karstique est immergée, et la résurgence d'eau douce est sous-marine. Cette résurgence à une profondeur de 36 mètres est captée à l'endroit désigné par la flèche rouge. En vignette, dispositif de captation de l'eau douce.

deur de l'émergence, l'eau douce continue à jaillir sur le fond marin. C'est le cas des rivières souterraines de Port Miou et de Bestouan (le plus vaste réseau immergé d'Europe) dans le massif des calanques, entre Marseille et Cassis.

Nous avons étudié l'émergence sous-marine située à 800 mètres au large du cap Mortola, à l'Est de Menton. La source émerge à 36 mètres de profondeur, au pied d'un dépôt de tuf calcaire. À la fin de l'été 1999, son débit atteignait 500 litres par seconde. Elle est alimentée par un massif datant du Jurassique (il y a quelque 170 millions d'années) formant un vaste ensemble karstifié entre Sospel et la mer. Vers le rivage, ce massif se réduit à une étroite bande que quelques failles relient aux roches du Crétacé supérieur, peu perméables, situées de part et d'autre : l'eau est ainsi canalisée entre ces deux accidents de terrain ; la source du cap Mortola se situe dans le prolongement de la faille orientale.

Quelle est la cause de la submersion de cette source ? La dernière glaciation du Würm, qui a duré 70 000 ans, a atteint son apogée il y a environ 21 000 ans, entraînant une baisse du niveau de la Méditerranée de 125 mètres et une réactivation des karsts, créant des grottes accessibles et habitées : ainsi, la grotte Cosquer s'orne de dessins qui datent de -18 000 à -27 000 ans.

À cette époque, la source de Mortola jaillissait à près de 90 mètres au-dessus du rivage. Lors du réchauffement, l'eau

a recouvert les vallées. On distingue plusieurs gradins d'érosion, dont l'un, à -36 mètres, date de -8500 environ (entre -8400 et -9000). Nos lointains ancêtres devaient s'y abreuver !

Aujourd'hui, on cherche à localiser les sources sous-marines d'eau douce lors de campagnes géophysiques et océanographiques qui précisent les paramètres physico-chimiques de l'eau. Grâce à des photos satellites, à des clichés aériens, et au positionnement fourni par le GPS (le système de positionnement global), et après une série de plongées, on estime le débit et les caractéristiques topographiques et structurales de l'émergence. Cette exploration scientifique permet d'évaluer le «gisement». Quand celui-ci paraît économiquement valable, on met en place un dispositif de récupération de l'eau douce qui respecte l'environnement naturel de la source.

Pour le captage de Mortola, le matériel mis en œuvre comprend une calotte sphérique souple de huit mètres de diamètre et de trois mètres de hauteur ancrée par des plots en béton, une cheminée haute de 12 mètres, et une pompe immergée disposée au pôle de la calotte sphérique. La souplesse de l'ensemble assure une excellente résistance à un courant supérieur à trois nœuds. Une filiale «Asie» de notre société vient d'être créée afin de mettre en production des champs aquifères off-shore en Indonésie.

P. BECKER, T. CARLIN et P. LEMPÉRIÈRE
NYPHEA-GÉOCCÉAN SOLMARINE