

La cuisson amollit les légumes, sauf quand elle les durcit !

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 08.06.Q04

avril 2024

Mots clés : cuisson, légumes, pectines

La cuisson des tissus végétaux à la température de 100 °C, notamment dans de l'eau, dégrade les molécules de pectine qui assurent la cohésion des tissus : ces derniers sont alors amollis, au point que l'on peut les écraser en purées ou en compotes.

En revanche, l'activation d'enzymes pectine méthylestérases, à des températures inférieures à 50 °C, renforce les tissus en associant les molécules de pectine par des ions calcium naturellement présents dans les tissus.

Pourquoi cuire les ingrédients alimentaires ? Pour plusieurs raisons simultanées :

- éliminer les micro-organismes pathogènes qui contaminent leur surface ;
- dégrader des composés toxiques thermolabiles, par exemple les lectines des haricots blancs ;
- tuer des parasites éventuellement présents, notamment dans le poisson, le cheval, le porc ;
- changer la consistance des denrées, par exemple amollir des denrées trop dures ou, inversement, solidifier des liquides et les rendre transportables ;
- donner du goût ;
- augmenter la bioactivité des composés nutritifs des denrées ;
- améliorer la digestibilité des macro- et des micro-nutriments ;
- détruire certains facteurs antinutritionnels.

On le voit, les raisons ne manquent pas, mais une question scientifique importante est de comprendre les effets de la chaleur sur les denrées, tissus animaux (viandes, poissons, œufs) ou végétaux (fruits, légumes).

Une stratégie d'étude

Pour examiner ces effets, la meilleure méthode consiste à passer d'abord du niveau macroscopique au niveau microscopique, puis du niveau microscopique au niveau moléculaire, l'approche chimique étant celle qui explique le mieux les phénomènes *in fine*.

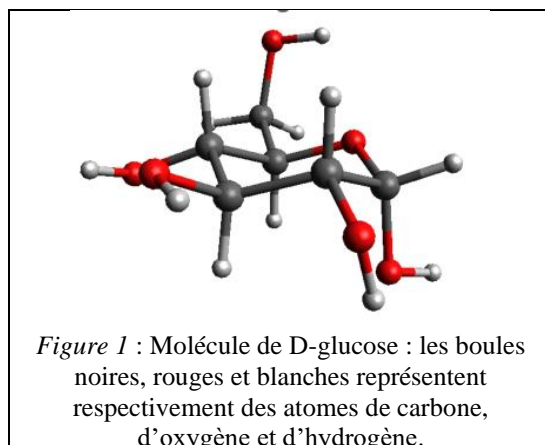
En commençant par le plus fréquent : la cuisson des racines et des tubercules (carottes, navets, panais, pommes de terre, etc.) ou de parties aériennes de plantes (tiges et feuilles : cardes, céleri, épinards, etc.) : quand ces tissus végétaux sont chauffés (classiquement, cela se fait dans l'eau), ils s'amollissent généralement. C'est d'ailleurs une prescription – présente dans la plupart des manuels de cuisine – que de cuire avec un *départ à l'eau chaude*, avec l'exception des pommes de terre qui sont cuites avec un *départ à froid* imposé par la présence d'amidon et leur fort diamètre.

Quand un amollissement des tissus végétaux est obtenu, on observe – macroscopiquement – que l'on peut écraser des derniers sans difficulté, notamment pour faire des purées. Pourquoi ? Le microscope montre que les parois cellulaires (qui jointoyaient les cellules constituant le tissu végétal) ont été dégradées, au point que la compression du tissu végétal cuit permet la séparation des cellules individuelles, ou de groupes de cellules : dans les deux cas, les structures peuvent glisser les unes contre les autres, restant pour la plupart entières. On obtient une purée, une compote.

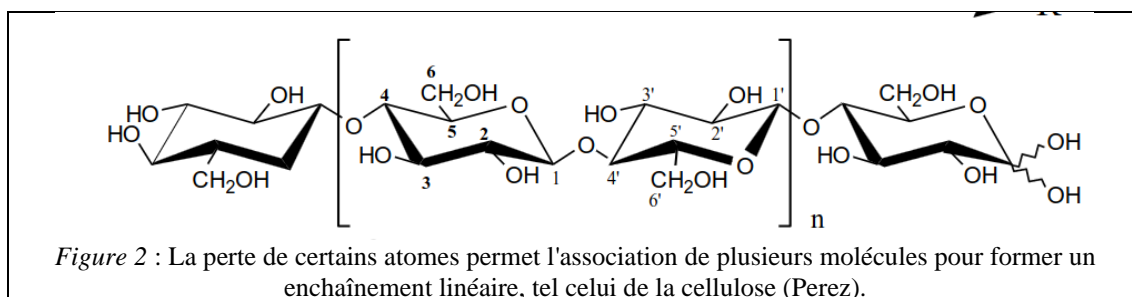
Pourquoi ce ciment intercellulaire est-il dégradé ? À ce niveau, la description chimique s'impose : les cellules végétales sont limitées par une membrane, faite notamment de molécules de phospholipides et de protéines, mais, surtout, elles sont entourées par une paroi, constituée principalement de trois types de composés : des celluloses (25 %), des hémicelluloses (10 %) et des pectines (40 %). Ces composés de la paroi végétale forment un ciment qui jointoie les cellules.

La dégradation des pectines

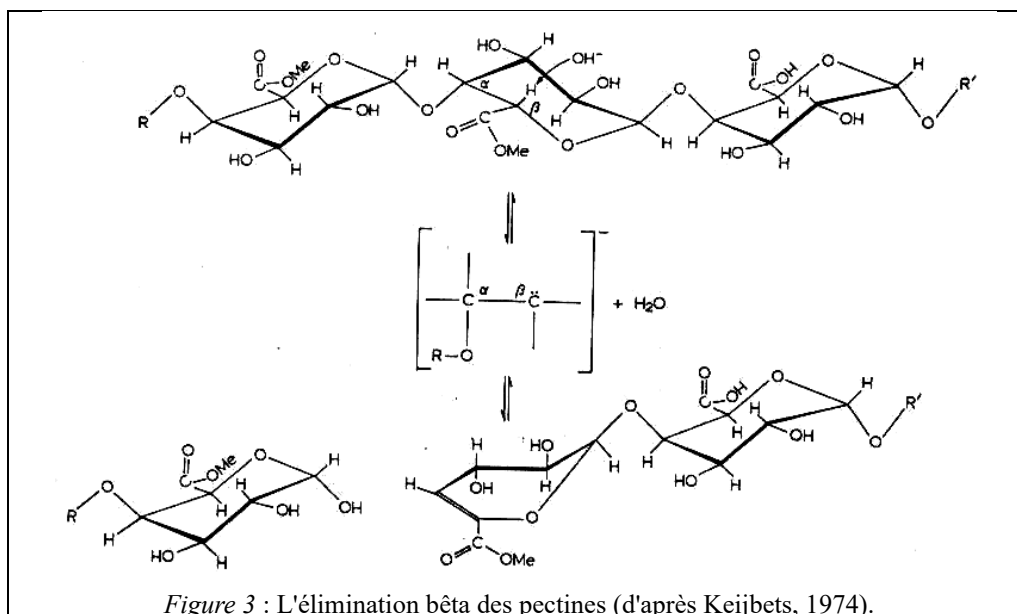
Celluloses, hémicelluloses et pectines sont des polysaccharides (appelés communément sucres complexes) ; ce sont des composés dont les molécules sont des enchaînements de résidus saccharidiques : chaque résidu est fait d'atomes de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, dans une proportion qui est souvent d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène par atome de carbone, raison pour laquelle les chimistes du passé nommaient ces composés hydrates de carbone, comme si une molécule d'eau (avec un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène) était associée à un atome de carbone. En réalité, le terme hydrate est inapproprié (et chimiquement fautif) : il n'y a pas, d'un côté, du carbone et, de l'autre, une molécule d'eau (voir par exemple la structure de la molécule de D-glucose sur la *Figure 1*).



Pour les molécules de cellulose, l'unité répétée dans cette longue chaîne qu'est la molécule est un résidu de D-glucose. Et le type particulier de liaisons (on parle de liaisons covalentes) entre les résidus de D-glucose donne à la molécule une résistance considérable : la preuve en est que les vêtements en coton (faits de cellulose quasi pure) ne se dissolvent pas dans les machines à laver, même quand on les fait bouillir.



Les hémicelluloses (moins importantes pour le sujet traité ici) sont chimiquement plus diverses que les celluloses, avec plus de résidus différents de saccharides que le seul résidu de D-glucose. En revanche, les pectines sont essentielles dans l'amollissement des légumes à la cuisson. Ce sont également des polysaccharides, mais avec des sous-unités qui sont principalement des résidus d'un composé nommé acide galacturonique ; ces molécules sont sensibles à l'acidité et à la chaleur : lors d'une cuisson de tissu végétal, elles sont hydrolysées au cours d'une réaction nommée *bêta élimination* (cf. *Figure 3*).



Or les pectines sont comme des câbles qui s'enroulent autour des piliers de cellulose et qui rassemblent donc les cellules en tissus. Inversement, la dégradation des pectines permet de libérer les molécules de cellulose, et donc les cellules qui les portent. Ainsi, quand on cuit des carottes ou des pommes de terre, les [page 2](http://www.academie-agriculture.fr) Fiche consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "**Publications**" puis "**Table des matières des documents de l'Encyclopédie**".

tissus végétaux peuvent s'écraser sous la fourchette parce que le ciment intercellulaire a été dissocié. Les cellules sont intactes, mais elles ne sont plus correctement jointoyées (*Figure 4*).

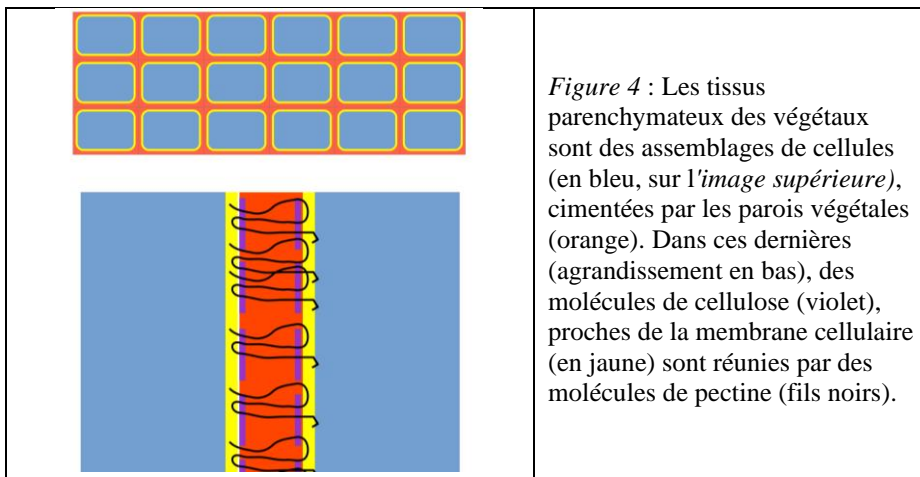


Figure 4 : Les tissus parenchymateux des végétaux sont des assemblages de cellules (en bleu, sur l'image supérieure), cimentées par les parois végétales (orange). Dans ces dernières (agrandissement en bas), des molécules de cellulose (violet), proches de la membrane cellulaire (en jaune) sont réunies par des molécules de pectine (fils noirs).

L'activation d'enzymes

La description qui vient d'être donnée correspond à une réaction qui se fait à 100 °C, mais c'est une réaction inverse, de durcissement, qui a lieu quand on chauffe les tissus végétaux à des températures où les enzymes restent actives, voire sont activées.

Les enzymes sont des protéines qui ne participent pas à la construction des tissus, mais qui catalysent des réactions chimiques : ce sont plutôt des ouvriers que des briques. Dans les tissus végétaux, les enzymes nommées pectines méthylestérases sont importantes, parce que, comme leur nom l'indique, elles transforment les groupes carboxyméthyles des pectines en groupes acide carboxylique (-COOH), rendant ces derniers capables de se lier par des ions calcium, quand le pH permet que ces groupes perdent leur atome d'hydrogène et deviennent négativement chargés (-COO⁻). Il a été montré¹ que la perte de fermeté est réduite quand le pH est diminué, parce que les groupes carboxyliques restent électriquement neutres, ce qui réduit la possibilité que des ponts calciques se forment entre eux.

Les enzymes sont des composés dont les molécules sont sensibles à la température : à des températures supérieures à environ 50 °C, ces molécules changent de configuration spatiale, et perdent leur activité. En revanche, aux températures inférieures, leur activité conduit à un durcissement des tissus, comme on peut s'en assurer en chauffant des carottes dans de l'eau à 45 °C environ, pendant plusieurs dizaines de minutes : les

carottes durcissent au point qu'elles ne s'amollissent plus, ensuite, même dans l'eau bouillante. Ce mécanisme est traditionnellement utilisé pour durcir les cornichons que l'on stocke ensuite dans du vinaigre pour les conserver : les recettes anciennes prescrivent de commencer par verser du vinaigre chaud sur les cornichons, puis d'attendre le refroidissement, avant de recommencer.

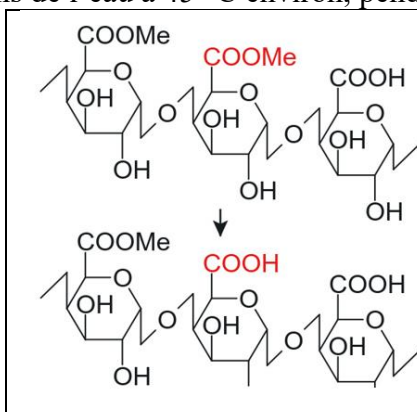


Figure 1 : La décarboxylation d'une pectine. La réaction fait passer d'une pectine dite HM (fortement méthylée, en haut) à une pectine LM (faiblement méthylée, en bas).

Hervé THIS, membre de l'Académie d'Agriculture de France

Ce qu'il faut retenir :

Cuisons les légumes dans de l'eau qui bout si nous voulons les amollir. En revanche, chauffons doucement et longtemps pour les durcir.

¹ Ben-Shalom *et al.* (1992)

Pour en savoir plus :

- Académie d'agriculture de France : *Le Grand Livre de notre alimentation*, Odile Jacob, 2019.
- ALONSO J, RODRIQUEZ MT, CANET W. : *Detection of pectinesterase in polyacrylamide gels*, Electrophoresis, 16, 39-42, 1995.
- BALOGH T, SMOUT C, NGUYEN BL, VAN LOEY AM, HENDRICKX ME : *Thermal and high-pressure inactivation kinetics of carrot pectinmethylesterase : From model system to real foods*, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5, 429-436, 2004, doi:10.1016/j.ifset.2004.06.002.
- BEN-SHALOM N, PLAT D, LEVI A, PINTO R. : *Changes in molecular weight of water-soluble and EDTA-soluble pectin fractions from carrot after heat treatments*, Food Chemistry, 45(4), 243-245, 1992, doi.org/10.1016/0308-8146(92)90154-T.
- CAMPBELL N. : *Biologie*, De Boeck, Bruxelles, 1995.
- KEIJBETS MJH, PILNIK W. : *β -Elimination of pectin in the presence of anions and cations*, Carbohydrate Research, 33(2), 359-362, 1974, doi.org/10.1016/S0008-6215(00)82815-3.
- LEVERRIER C. : *Sauces and Purées : the Underside of Apple Sauce, Handbook of molecular gastronomy*, CRC Press, Boca Raton (FL), 505-516, 2021. XXXX LY NGUYEN B, VAN LOEY A, FACHIN D, VERLENT I, HENDRICKX IM : *Purification, characterization, thermal, and high-pressure inactivation of pectin methylesterase from bananas (cv Cavendish)*, Biotechnol Bioeng, 78: 683–691. doi.org/10.1002/bit.10249.
- PÉREZ, S. : *Structure et morphologie de la cellulose*, Initiation à la science des polymères, 1-43., 2000
- SILA DN, SMOUT C, VU TS, HENDRICKX ME : *Effects of high-pressure pretreatment and calcium soaking on the texture degradation kinetics of carrots during thermal processing*, Journal of Food Science, 69 (5), E205-E211., 2004
- Hervé THIS : *La rigueur terminologique pour les concepts de la chimie : une base pour des choix de société rationnels*, Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France / Academic Notes from the French Academy of Agriculture (N3AF), 11(1), 1-17, <https://doi.org/10.58630/pubac.not.a43610> , 2021.