



Le secret du pain

HERVÉ THIS

Les chimistes déterminent, à fin d'améliorations, les liaisons entre les protéines qui forment le réseau de notre bonne vieille pâte à pain.

Les constituants de la farine de blé sont les clefs du succès du pain : à côté des grains d'amidon, qui gonflent quand ils sont chauffés en présence d'eau, des protéines forment, lors du pétrissage, un réseau nommé gluten. Pour améliorer le pain, il est intéressant d'étudier les associations de ces protéines. Comment les forces entre les protéines contribuent-elles aux propriétés mécaniques de la pâte à pain ? On savait que des liaisons entre des atomes de soufre portés par des protéines contribuent à la structuration du gluten ; on a découvert que d'autres forces y participent aussi.

La qualité d'un pain dépend de celle du gluten, d'où la nécessaire maîtrise de la réticulation des protéines, c'est-à-dire de l'établissement de liaisons entre ces molécules. Le gluten est un réseau « viscoélastique » : étiré, il s'allonge, puis reprend partiellement sa forme initiale quand on supprime la tension. La panification n'est possible que grâce au gluten : quand les levures dégagent des bulles de dioxyde de carbone, le volume de la pâte augmente et le réseau de protéines du gluten préserve la forme en boule de la pâte en retenant les bulles de gaz.

En 1745 déjà, le chimiste italien Jacopo Beccari a montré que l'on extrait le gluten en malaxant de la farine avec un peu d'eau, puis en passant le pâton formé sous un filet d'eau ; l'eau entraîne les grains blancs de l'amidon, laissant le gluten entre les doigts. Les chimistes ont montré que seules certaines protéines insolubles du blé contribuent au réseau du gluten : les prolamines.

Ces prolamines sont de deux types : les gliadines, qui ne sont composées que d'une seule chaîne protéique (un enchaînement d'acides aminés) et les gluténines, qui sont de gros édifices composés de plusieurs sous-unités protéiques liées par des ponts disulfure (entre deux atomes de soufre). Ces ponts disulfure relient-ils aussi les gluténines entre elles ? Selon une conception classique, le pétris-

sage établit des ponts disulfure supplémentaires entre les diverses prolamines, ponts qui se rompent et se reforment à mesure que le boulanger travaille la pâte.

Les gluténines ont une partie centrale (entre 440 et 680 acides aminés) formée de courtes séquences répétées, flanquées de deux domaines terminaux. La taille du domaine central détermine la masse moléculaire des gluténines ; les domaines terminaux contiennent des cystéines, acides aminés qui portent les atomes de soufre susceptibles de former les ponts disulfure. Toutefois les caractéristiques chimiques des gluténines n'expliquaient pas bien leurs capacités à faire le gluten.

Il y a quatre ans, l'équipe de Jacques Guéguen, à l'INRA de Nantes, avait montré que les prolamines pouvaient se lier par des « liaisons dityrosine » (la tyrosine est un acide aminé dont la chaîne latérale est composée d'un groupe CH_2 , d'un noyau benzénique et d'un groupe hydroxyle $-\text{OH}$). Sur la base de ces travaux, Katherine Tilley et ses collègues de l'Université du Kansas ont récemment démontré l'importance des liaisons dityrosine dans le gluten. Dans des pâtes à pain, à divers stades du pétrissage, ils ont extrait, dissocié et analysé par voie chimique le gluten de la farine pétrie, et ont trouvé que les concentrations en dityrosine augmentent lors du pétrissage. La question était posée : quel rôle jouait la dityrosine dans la structuration du gluten ?

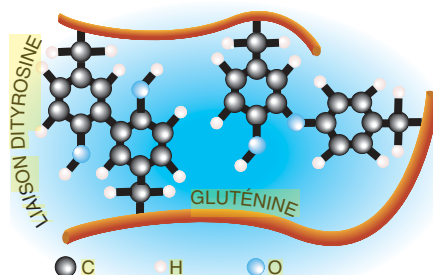
Une analyse approfondie a montré l'existence de deux types de liaisons dityrosine : dans la dityrosine, les deux groupes benzéniques sont liés par le carbone voisin du groupe hydroxyle $-\text{OH}$;

dans l'isodityrosine, un atome d'oxygène d'un groupe hydroxyle d'une tyrosine se lie au carbone voisin du groupe hydroxyle sur l'autre tyrosine.

La découverte agite la communauté des chimistes du gluten. Pour les biochimistes, ces liaisons dityrosine sont communes entre les protéines végétales, dont les séquences et les structures ressemblent à celles des gluténines ; ils connaissent aussi l'existence de ces liaisons dans les protéines, nommées résiline, des insectes et des arthropodes, et dans l'élastine et le collagène des vertébrés. Ainsi le boulanger reproduit-il le vivant en formant des liaisons dityrosine lors du pétrissage.

D'autre part, l'équipe de Nantes a observé que les liaisons dityrosine s'établissent en présence d'enzymes (péroxydases) naturellement présentes dans la farine. Le long travail de la pâte, lors de la confection du pain, a-t-il pour rôle de faire réagir les enzymes avec les gluténines et à leur donner le temps d'établir les liaisons dityrosine ? Quelles sont les parts respectives des dityrosines et des ponts disulfures dans la structuration du gluten ?

A quoi sert la détermination de ces liaisons ? À perfectionner les additifs, employés soit pour faciliter le pétrissage soit, au contraire, pour intensifier la formation du gluten : quand des composés oxydants tels l'acide ascorbique ou le bromate de potassium sont ajoutés aux pâtes à pain, le nombre de liaisons dityrosines formées augmente ; on pensait que ces additifs favorisaient la formation des ponts disulfure, mais peut-être forment-ils aussi des liaisons dityrosine. On imagine ainsi des méthodes de sélection des blés à gluten : suffirait-il de doser les dityrosines pour estimer la valeur des glutens ?



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



Grave laxisme universitaire

JEAN-PIERRE KAHANE

La trahison de l'esprit des textes universitaires a amené un scandale.

Pour la Science a déjà évoqué la soutenance de thèse d'Élisabeth Teissier sur l'astrologie, et l'atmosphère de scandale qui l'avait entourée. Je m'en tiendrai à un aspect de ce scandale, la responsabilité des universités en matière de sanction des travaux scientifiques.

Dans la tradition française, le doctorat était le grade le plus élevé décerné par la Faculté. La réglementation des thèses est précise. En lettres, cette réglementation a été fixée par un règlement du 17 juillet 1840 qui prévoit l'examen préalable, le visa et la soutenance publique.

En sciences, une circulaire du 8 mai 1880 explicite les modalités de constitution du jury et la responsabilité de ses membres avant l'autorisation de soutenance : « Ils donnent, chacun par écrit, leur approbation ou leur désapprobation et en sont responsables ; ils signent en commun un rapport d'ensemble, où ils indiquent la valeur de la thèse et font ressortir les faits nouveaux qui la rendent originale. »

L'introduction de l'*Habilitation à diriger des recherches*, en septembre 1988, et la réduction du temps considéré comme nécessaire à l'acquisition d'une thèse de doctorat, n'ont pas modifié l'exigence de grande qualité qu'exprimait déjà la circulaire de 1880. En face du nombre croissant des thèses et du risque de laisser passer des thèses médiocres, des départements ou des universités ont pris l'initiative de créer des « Commissions des thèses » et de rendre plus transparent et plus rigoureux le fonctionnement des instances universitaires et des jurys.

Il y a toujours risque de dérapage : complaisance, malveillance, incompétence ou désintérêt. Il est remarquable que les abus soient rares. Une déontologie non formalisée fait de la délivrance du grade de docteur un événement grave, qui engage l'Université dans son ensemble, le jury et chacun de ses membres. Le rôle de la soutenance publique est de placer non seulement le candidat, mais le jury, et par son intermédiaire l'Univer-

sité elle-même, sous le contrôle du public. C'est à la fois un élément de rigueur et de démocratie qui devrait être maintenu à tout prix (notons que le décret de juillet 1984 permettant qu'une partie d'une thèse soit couverte par le secret et que la soutenance ne porte que sur l'autre partie constitue une entorse sérieuse à la tradition universitaire). Comme il est rare qu'il y ait scandale, il convient de saisir en quoi il consiste et quelles sont les leçons à tirer.

Dans le cas présent, le scandale n'est pas dans l'étude de l'astrologie comme fait de société. Il tient, d'une part, aux intentions affichées par l'auteur et, d'autre part, à la désinvolture de l'Université et du jury. Précisons.

Une thèse de sociologie sur l'astrologie, la fascination qu'elle exerce, le rejet qu'elle suscite, serait bienvenue. Mais ce n'était pas le propos d'Élisabeth Teissier. L'intention était de donner un statut scientifique à l'astrologie et d'aboutir à la création d'enseignements universitaires d'astrologie. Ce but est affirmé dans d'autres écrits, mais la revendication du statut scientifique a été explicite au cours de la soutenance, et se trouvait en filigrane dans le titre de la thèse : « Situation épistémologique de l'astrologie à travers l'ambivalence fascination/rejet dans les sciences post-modernes ». Au seul vu du titre de la thèse, la vigilance s'imposait.

En sciences sociales, plus encore qu'ailleurs, n'est-il pas indispensable de mesurer l'impact social des travaux présentés, et ne convient-il pas de mettre en œuvre l'interdisciplinarité lorsque des sciences physiques et leur interprétation sont en jeu ? Il y eut manquement sous ces deux aspects. Malgré des interventions nombreuses et répétées, l'Université René Descartes ne s'est pas démarquée des prétentions d'une candidate portée par les médias. La consultation d'astronomes et d'astrophysiciens s'imposait : l'Université les ignora. Il y a donc eu vice de fonctionnement de la machine universitaire.

L'Université René Descartes, comme toute université, est astreinte à des règles qui sont aussi des garde-fous. D'abord, l'inscription au doctorat n'est pas automatique : elle passe par l'avis du directeur de thèse et une proposition de l'école doctorale concernée ou du conseil scientifique, et elle est prononcée par le président de l'université. Ensuite, la publicité du travail de thèse doit être assurée, avant la soutenance, par la large diffusion d'un résumé. Enfin, depuis 1998, les universités ont adopté une charte de thèses, qui engage à la fois l'université et le candidat, et que doivent signer le doctorant et le directeur de thèse au moment de l'inscription. Selon la charte type (que les universités ont eu la faculté de moduler), « la préparation d'une thèse doit s'inscrire dans le cadre d'un projet personnel et professionnel clairement défini dans ses buts comme dans ses exigences... ; le candidat doit recevoir une information sur les débouchés académiques et extra-académiques dans son domaine... ».

Ainsi Élisabeth Teissier devait faire état de son projet : introduire à la Sorbonne un enseignement d'astrologie. Et l'Université devait lui dire quelles portes lui seraient ouvertes ou fermées, en particulier si elle envisageait que soit créée en France une chaire d'astrologie subventionnée par mécénat, comme c'est le cas, malheureusement, aux États-Unis. Si ces règles n'ont pas été respectées, ou interprétées de façon laxiste, il y a plus que vice de forme, mais vice de fond. L'hypothèse du manque de vigilance paraît comme la plus indulgente. L'autre hypothèse serait la connivence.

L'Université René Descartes porte la responsabilité du scandale, mais toutes les universités sont concernées. Leur rôle dans la nation est en jeu. Le scandale aura été bénéfique s'il est l'occasion de prévenir de semblables errements.

Jean-Pierre KAHANE, est président de l'Union rationaliste, et ancien président de l'Université Paris-Sud.