Communication

de Monsieur Jean-Louis Rivail
-o-o-o-o-o-

Séance du 15 avril 2005
-o-o-o-o-o-

Louis Camille Maillard, « bienfaiteur de l'humanité »

L'homme

Louis Camille Maillard est né le 4 février 1878 au 38 place Duroc à Pont-à-Mousson. C'est le troisième enfant de Léon Charles Arthur, docteur en médecine, originaire de Corny qu'il a quitté après l'annexion allemande et de Marie Mathilde Baudot née à Pont à Mousson dans une famille est d'origine meusienne. Son frère aîné, Roger, fera une carrière d'officier et leur sœur Suzanne mourra à 2 ans.

Le jeune Louis commence ses études dans sa ville natale et continue ses études secondaires au lycée de Nancy, d'abord en qualité d'interne puis d'externe libre. Son baccalauréat lettres philosophie obtenu en juillet 1894, à l'âge de 16 ans, il s'inscrit à la Faculté des Sciences et y entreprend des études de chimie. En juillet 1897 il obtient la licence ès sciences physiques, assortie de la médaille d'argent de la Faculté. Il complète cette formation scientifique par un licence ès sciences naturelles qu'il obtiendra en 1899. Mais dès 1896 il s'était aussi inscrit à la Faculté de Médecine où le professeur de chimie médicale, Léon Garnier, au vu de sa formation antérieure, lui propose d'abord le poste de préparateur en 1897, puis celui de chef de travaux pratiques en novembre 1900. Il occupera ces fonctions tout en poursuivant ses études médicales dont il termine le cycle précédant la thèse à l'âge de 22 ans.

Dès les dernières années de son cursus de médecine il avait entrepris des travaux de recherche. Son premier travail porte sur la toxicité des sels ionisés. Il étudie l'inhibition par les sels de cuivre de la croissance d'un organisme inférieur d'organisation simple, le *Penicillium glaucum* et il démontre, en modifiant le degré de dissociation ionique du sulfate de cuivre par addition de quantité variables de sulfate de sodium, que ce sont les cations cuivre qui inhibent la croissance. Ce travail d'étudiant fait l'objet de plusieurs communications et de deux publications parues, l'une dans le *Bulletin de la Société Chimique de France*, l'autre dans le *Journal de physiologie et pathologie générales*. Il vaut à son auteur, en 1899, le prix Ritter délivré par la Faculté de Médecine. C'est aussi à cette époque qu'il met au point une méthode colorimétrique de dosage du vanadium à l'état de traces, qu'il publie en 1900.

Sa scolarité terminée,il entreprend la préparation de sa thèse de médecine, qui sera un travail expérimental dont la préparation durera trois années et dont la soutenance aura lieu le 17 juillet 1903. Dans le mémoire intitulé : « Recherches sur l'indoxyle urinaire et les couleurs qui en dérivent » il précise la nature de certains composés colorés de la famille de l'indigo, et apporte des éléments importants permettant de préciser leur origine dans le métabolisme. Le jury, composé des Professeur Garnier, président, Meyer, Guérin et Lambert, juges lui confère le grade avec la mention *Très bien et éloge spécial*. Ce travail lui vaudra, en 1905, le Prix Montyon de l'Académie des Sciences.

Lors de sa soutenance de thèse, Maillard n'était déjà plus nancéien. Un éminent professeur de la Faculté de Médecine de Paris, Armand Gautier avait remarqué les travaux

du jeune nancéien et lui avait offert, dès novembre 1902, un poste flatteur à Paris. D'abord Chef de travaux en chimie biologique, il prépare l'agrégation de médecine, qu'il obtient en 1904 dans la section de chimie, il a 26 ans. Cette précocité incontestablement remarquable doit cependant être nuancée par le fait que, souffrant d'une forte myopie, doublée d'astigmatisme, il avait été classé « réforme n° 2 » ce qui le dispensait du service militaire. Mais les espoirs qu'avaient suscité ses brillants débuts ne seront pas déçus. Au cours de la décennie qui suit son arrivée à Paris, il va produire des travaux majeurs. On retiendra en particulier une étude sur les conséquences urinaires d'un défaut de métabolisme hépatique qui lui permit de proposer un indice d'imperfection uréogénique conduisant au « coefficient de Maillard », qui assurera sa postérité de son vivant et lui vaudra le prix Buignet de l'Académie de Médecine. Par ailleurs, il entreprend une thèse de sciences, sous la direction de son ancien professeur de Nancy, Albin Haller, nommé depuis 1899 à la Sorbonne. Ce travail qui a fait l'objet d'un imposant mémoire de 425 pages intitulé : « Action de la glycérine et des sucres sur les acides α-aminés : cyclo-glycyl-glycines et polypeptides ; mélanoïdines et matières humiques » a été soutenu le 7 juin 1913. Il avait pour but initial d'étudier le synthèse des protéines mais conduisit son auteur à la découverte d'une réaction très générale des sucres avec les acides aminés et cette « réaction de Maillard » lui vaut une gloire posthume qui ne faillit pas. Nous reviendrons plus loin sur ces travaux. A la même époque il collabore avec M. Prenant et P. Bouin à la rédaction d'un Traité d'histologie, couronné par l'Académie des Sciences en 1904 (prix Barbier).

Le 16 juin 1910, Louis Maillard épouse à la mairie du 8ième arrondissement de Paris, Louise Faisans, de 11 ans sa cadette, fille de Henri Léon Faisans, médecin des hôpitaux de grande réputation, attaché à l'Hôtel Dieu et nièce de Henri Faisans, Sénateur des Pyrénées atlantiques. C'est une grande famille bourgeoise qui habite un somptueux immeuble au 30 rue de La Boétie. Les témoins du marié sont ses deux maîtres, Armand Gautier et Albin Haller, tous deux membres de l'Institut. Le jeune couple, qui jouit d'une situation matérielle très confortable, en particulier par l'apport des deux familles, s'installe au 2 quai de Gesvres. En février suivant naît un fils, Henri Arthur. Mais peu après survient la rupture et le 31 décembre 1913 le divorce est prononcé. Le jeune Henri est confié à sa mère et il semble qu'il n'ait plus beaucoup revu son père par la suite.

Dès la déclaration de guerre de l'Autriche-Hongrie à la Serbie, le 30 juillet 1914, Maillard, bien que réformé, s'engage volontairement pour la durée de la guerre. Nommé médecin aide-major de 2ième classe, il est affecté au service de vaccination antityphoïdique de l'armée, au Val de Grâce. Il y sera victime d'une « grave infection d'origine expérimentale » que l'armée reconnaîtra comme une maladie professionnelle contractée pendant le service. Il se verra remettre la médaille de vermeil des épidémies et le 20 juillet 1916 il reçoit la Légion d'Honneur. Il passera ensuite par diverses affectations avant d'être nommé Chef du laboratoire d'études chimiques du Service de Santé, installé à la Faculté de Médecine de Paris. Il est démobilisé en février 1919.

Rendu à la vie civile, sa carrière s'avère très prometteuse. Dès 1912 il avait été classé en deuxième ligne à l'unanimité sur la chaire de chimie de la Faculté de Médecine de Paris, et les choses reprenant un cours normal tout laisse à penser que la Faculté de médecine de Paris va s'attacher définitivement ses services. Il dépose même un dossier de candidature à un poste de titulaire à l'Académie de Médecine, et l'Académie des Sciences lui décerne le prix Jecker pour l'ensemble de ses travaux en chimie organique, et la Médaille Berthelot. Mais brusquement, en juillet 1919, tout change. On lui propose la chaire de chimie de la Faculté de Médecine et de Pharmacie d'Alger, qu'il accepte. On peut s'interroger sur les raisons de ce revirement. Désir de « tourner la page » après son échec matrimonial, obstacles mis sur son parcours professionnel par la famille de son

ancienne épouse pouvant rejoindre des intrigues locales consécutives au fait que le professeur Gautier, alors âgé de 82, ans a perdu de son influence, ou grande fatigue et ennuis de santé persistants après l'infection dont il a été victime, nul ne le sait. En tous cas, sa vie à Alger sera en rupture totale avec celle qu'il avait eue à Nancy puis à Paris. Il est élu membre correspondant de l'Académie de Médecine, mais il abandonne pratiquement totalement la recherche pour ne se consacrer qu'à son enseignement. Il renouera avec la chimie analytique à la fin de sa vie où, avec son élève Jean Ettori, il mettra au point une méthode de dosage du titane dans les organismes vivants, beaucoup plus sensible que celles qui étaient pratiquées jusqu'alors.
Revenu à Paris en mai 1936 pour participer au jury du concours d'agrégation, il y meurt subitement le 12 mai, à 58 ans.

Sa notoriété

Maillard, qui, pour ses travaux scientifiques, ajouta son deuxième prénom Camille à son prénom usuel Louis pour éviter les confusions avec un mathématicien homonyme, se définit avant tout comme un chimiste. Le discours qu'il prononça à Alger le 3 juin 1923 lors des célébrations du centenaire de Pasteur illustre fort bien la façon dont Maillard concevait les relations de la médecine et de la chimie. A propos de l'apport du chimiste Pasteur à la médecine il disait : « *s'il a fallu, pour que la Médecine se laissât féconder par le chimiste, un véritable viol, qui donc oserait maintenant le regretter ? Et si, à notre pieux hommage envers Pasteur, nous associons les Lavoisier et les Fourcroy, les Gay-Lussac et les J.B. Dumas, les Claude Bernard et les Marcelin Berthelot, les Armand Gautier et les Pierre Curie, n'avons nous pas le droit de dire que ce sont les chimistes – les chimistes français – qui ont eu dans la médecine moderne le rôle vraiment créateur ?*
Que cette grande leçon ne soit pas perdue ! Puisse l'exemple du génie dont nous glorifions aujourd'hui la merveilleuse épopée, éclairer les générations futures, et faire que plus jamais la médecine ne s'égare à traiter en sciences " accessoires " les sciences physico-chimiques, qui sont à la base même de ses assises fondamentales ! » Et il terminait sa péroraison par cette formule : *« **Chymia non ancilla medicine : non alia melior et magis egregia domina !** »* qu'il traduisait par : « *La chimie n'est pas la servante de la médecine : elle en est la meilleure et la plus réputée des maîtresses* ».

L'œuvre chimique de Mailard se situe essentiellement dans le domaine de la chimie analytique et celui de la chimie organique, deux disciplines dans lesquelles il avait eu à Nancy deux maîtres exceptionnels : Georges Arth et Albin Haller. Ses mémoires sont très clairs et la description des protocoles expérimentaux qu'il y fait témoignent d'une démarche très rigoureuse, ne laissant rien au hasard, accompagnée d'une discussion sans concession des résultats obtenus. Nous reviendrons ici sur deux ensembles de travaux auxquels son nom est définitivement attaché.

<u>Recherches sur le métabolisme, coefficient de Maillard</u>

En 1907, le Sous-secrétaire d'Etat à la Guerre lance une vaste enquête sur l'alimentation des troupes et Maillard se voit confier une étude. Il sera par la suite nommé rapporteur de l'enquête. Sa participation porte sur un groupe de 10 instituteurs effectuant leur service militaire à l'Ecole normale de gymnastique de Joinville-le-Pont. Leur alimentation est enregistrée avec précision et pendant 6 jours leurs urines sont recueillies quantitativement et analysées individuellement. Les analyses avaient été précédées par une étude critique des méthodes disponibles et la mise au point d'un protocole dûment vérifié au préalable. Il en tire des résultats de référence sur l'excrétion azotée qui, complétés par la suite par divers travaux sur le catabolisme de l'azote lui confèreront une véritable expertise sur le sujet. Ces travaux le conduiront, entre autres, à mettre en évidence des

anomalies chez certains sujets et en tirer des conclusions pouvant servir à étayer un diagnostic. Partant de l'hypothèse selon laquelle l'urée est essentiellement synthétisée dans le foie à partir de l'ammoniac provenant de la déamination des acides aminés, il fait remarquer que le pourcentage d'azote ammoniacal rapporté à l'azote total (ammoniac plus urée) contenu dans l'urine est susceptible de caractériser certains dysfonctionnements du foie. Ce rapport que Maillard nomme « indice d'imperfection urogénique » est rapidement adopté par les praticiens car il fait appel à deux dosages faciles à réaliser. Connu sous le nom de coefficient de Maillard, il assure à son auteur une grande notoriété dans le monde médical.

Chimie des acides aminés, réaction de Maillard

A l'origine de sa thèse de sciences, Maillard s'était donné comme objectif d'étudier la synthèse des protéines. On sait que celles-ci sont faites d'un enchaînement d'acides aminés résultant de réactions de condensation (départ d'une molécule d'eau) entre la fonction acide d'un maillon avec la fonction amide de son voisin. La réalisation en laboratoire d'une telle réaction avait été tentée bien avant Maillard et il avait été constaté qu'en l'absence de précautions particulières, elle conduisait essentiellement à des composés cycliques, les fonctions acide et amine qui n'ayant pas réagi lors de la première condensation, réagissant entre elles conduisant à un cycle à 6 atomes dont 2 d'azote (dicétopipérazine). Naturellement, des parades avaient été trouvées pour éviter cette cyclisation, qui consistaient essentiellement à protéger les fonctions terminales de la chaîne pour les empêcher de réagir, puis de les libérer au fur et à mesure de l'allongement souhaité de la chaîne. Mais il était évident que ce n'est pas par un schéma de ce genre que se fait la synthèse des protéines dans les organismes vivants. On sait aujourd'hui que c'est un mécanisme enzymatique très complexe qui fait intervenir le code génétique, mais au début du vingtième siècle on n'avait pas la moindre idée de ce mécanisme et Maillard s'est demandé s'il n'était pas possible de trouver un moyen de réaliser un enchaînement linéaire d'acides aminés par un moyen purement chimique. Commençant avec le plus simple des acides aminés, la glycine, il réalise une solution dans un mélange d'eau et de glycérol qu'il porte pendant 6 heures à une température d'environ 175°. Au cours de ce traitement, l'eau s'évapore et les réactions de condensation peuvent se produire. L'analyse des produits obtenus montre que le dimère cyclique indésirable est obtenu en grande quantité, mais qu'il existe aussi des composés de poids moléculaire supérieur, soit linéaires soit cycliques, ces derniers pouvant s'ouvrir dans certains milieux. Ce succès, tout relatif, l'incite à pousser son étude plus loin en variant les acides aminés utilisés et en étudiant les produits obtenus à partir d'un mélange d'acides aminés différents. De nouveau il observe une prépondérance de dicétopipérazines plus ou moins substituées selon la nature des acides aminés qui les constituent, mais il note que ces composés ont souvent une odeur agréable. Par exemple, le composé obtenu à partir de 2 molécules de leucine a une odeur de cacao, et celui résultant de l'addition de l'alanine et de la glycine, une odeur de noisette grillée. Maillard avance l'hypothèse, sans pouvoir la vérifier, que ce sont ces molécules qui se forment lors de la torréfaction des graines correspondantes. Cette hypothèse a été vérifiée depuis, de sorte que l'on nomme les produits formé « arômes de Maillard ».

Mais le problème de la synthèse des protéines n'est pas résolu pour autant. Remarquant que la glycérine est un trialcool et que les sucres sont, eux aussi, porteurs de plusieurs fonctions alcool, Maillard imagina de remplacer la glycérine par un sucre, ce qui semblait aller dans le sens d'un rapprochement avec un milieu naturel. Le résultat fut tout autre. Il observe un brunissement du milieu, qui s'assombrit plus ou moins rapidement selon la température à laquelle s'effectue la réaction puis au bout d'un certain temps, un dégagement gazeux. Partant de la constatation que ce qui différencie les sucres du glycérol c'est la présence d'une fonction aldéhyde ou cétone, Maillard attribue à celle-ci la

réactivité particulière observée. Comme à son habitude, il entreprend une étude approfondie de cette réaction. Il établit qu'elle débute par une addition du sucre avec la fonction amine de l'acide aminé, que le dégagement gazeux est constitué de gaz carbonique, que celui-ci provient de l'acide aminé et qu'il résulte d'une réaction ultérieure du produit primaire d'addition du sucre et de l'acide aminé. Il met en évidence son caractère autocatalytique et montre enfin que cette réaction est très générale. elle se produit chaque fois qu'un sucre est en présence d'un acide aminé ou même d'une protéine qui possède toujours une fonction amine libre à l'une de ses extrémités, et souvent également dans la chaîne latérale de certains de ses constituants en particulier la lysine, acide aminé particulièrement important. L'arginine et l'histidine présentent aussi une réactivité particulière. La réaction est plus rapide lorsque le milieu est pauvre en eau s'accélère avec l'élévation de température, mais se produit toujours et son caractère autocatalytique rend délicat son contrôle. On l'appelle maintenant réaction de brunissement non enzymatique ou, plus communément réaction de Maillard.

Le caractère très général de la réaction n'a pas manqué d'attirer l'attention de Maillard. Ses études sur la nutrition l'ont incité à s'inquiéter du préjudice nutritionnel qu'elle entraîne, car les produits de la réaction ne sont pas reconnus par les enzymes qui interviennent lors de la digestion des protéines. Il s'est également interrogé sur le rôle que pourraient jouer les produits de la réaction dans des maladies du métabolisme, comme le diabète, mais sans aller très loin dans cette voie. Par ailleurs, il a remarqué la similitude qui existe entre les produits colorés de la réaction (mélanoïdines) et les acides humiques qui résultent de la décomposition des végétaux et conduisent à la formation de tourbes susceptibles de se transformer ultérieurement en houille. Il a ainsi été amené à proposer une schéma selon lequel l'action des microorganismes sur les végétaux provoquait la libération de sucres et d'acides aminés qui, en réagissant, formeraient les produits précurseurs des acides humiques. Mais ce sont à peu près les seules applications qu'il entrevoyait de sa réaction.

Le tournant important a été pris après la deuxième guerre mondiale, lorsque l'industrie agroalimentaire a commencé à prendre son essor, et on ne sera pas surpris d'apprendre que c'est aux Etats Unis qu'est né le regain d'intérêt pour la réaction de Maillard. En effet, on s'est vite aperçu qu'une étape cruciale dans la plupart des procédés touchant à la transformation a des fins alimentaires de produits naturels est une réaction de Maillard. La croûte du pain ou le doré d'un rôti en constituent une application quotidienne. C'est cette réaction qui est responsable du brunissement du malt, et du goût qu'il acquiert en fin de touraillage. La fabrication des biscuits, des biscottes, mettent en œuvre cette réaction, le goût des produits obtenus dépendant de la nature des sucres et des acides aminés qui se trouvent en présence à l'issue de la phase précédent la cuisson. On explique, et contrôle certains procédés séculaires, comme la nécessité d'une fermentation des fèves de cacao avant de les torréfier, pour libérer les molécules qui réagiront au cours de la torréfaction. Le doré et la saveur de la croûte du pain, l'arôme de la viande rôtie sont autant de produits de la réaction de Maillard et l'on pourrait multiplier les exemples d'applications d'une réaction qui suscite de nos jours une intense activité de recherche, tant dans l'industrie agroalimentaire qu'en médecine. Depuis 1979 où le premier symposium consacré à la réaction de Maillard s'est tenu en Suède, une telle réunion est organisée tous les trois ans, la dernière en date ayant eu lieu à Charleston (Caroline du Sud) en septembre 2004.

A la suite d'illustres prédécesseurs comme Lavoisier ou Liebig qui ont analysé scientifiquement la fabrication du bouillon de viande, Louis Camille Maillard peut être considéré comme le fondateur d'une discipline nouvelle : la chimie gastronomique, discipline qui permet non seulement à l'industrie de mieux contrôler ses procédés de

fabrication, mais qui vise d'abord à comprendre les gestes culinaires traditionnels afin de mieux les maîtriser, de mieux les enseigner et d'inventer de nouvelles préparations. Cette discipline vient depuis quelques années d'obtenir une reconnaissance officielle et, au Collège de France, Hervé This la promeut avec beaucoup d'enthousiasme. Grand admirateur de Maillard, il n'hésite pas, dans ses conférences, à le qualifier de « bienfaiteur de l'humanité ».

Discussion :

Le Président Burgard remercie Jean-Louis Rivail pour sa communication particulièrement vivante et documentée. Il s'interroge sur la signification du touraillage.

Jean-Louis Rivail précise qu'il s'agit d'une opération de malterie. Lors de la germination de l'orge, il y a hydrolyse de sucres complexes en sucres simples et de protéines en acides aminés. L'orge est alors transformé en malt. Avant fermentation et transformation des sucres simples en alcool, le processus est arrêté par chauffage.

Interviennent : Alain Larcan, François le Tacon, Marion Créhange, Françoise Mathieu, Robert Mainard et Michel Bur.

Alain Larcan rappelle qu'il a été préparateur en biochimie et qu'il se sent honoré d'avoir été un des successeurs de Louis Camille Maillard, préparateur à la chaire de biochimie de Garnier qui était l'oncle du professeur Kissel. Alain Larcan rappelle la proposition du professeur Adrian de donner le nom de Maillard à une rue de Nancy. Cette proposition est, pour l'instant, restée sans suite. Il rappelle également l'article de François Streiff sur la réaction de Maillard que sa réaction n'était qu'une réaction de caramélisation. Bien entendu, cela n'avait rien à y voir. Comme l'a souligné Jean-Louis Rivail, il s'agit d'une réaction de brunissement, non enzymatique, associant des glucides à des acides aminés et, au sens large, à des protéines. A ses débuts, Maillard a cru qu'il s'agissait d'une réaction ne concernant que les peptides. A partir des années 1950, la réaction de Maillard a été tirée de l'oubli. D'autres travaux de Maillard mériteraient également de l'être. Le premier concerne Penicillium glaucum et sa sensibilité au cuivre. Il serait intéressant de savoir si Maillard était en relation avec l'éminent mycologue et bactériologiste de la faculté de médecine, le professeur Jean-Paul Vuillemin. Le deuxième point concerne les grands traités qui faisaient autorité en Europe et qui venaient en grande partie à Nancy. Maillard a collaboré au grand traité d'histologie d'Auguste Prenant et de Pol Bouin. Maillard y a rédigé tous les aspects d'ordre biochimique. Ce traité, évidemment maintenant dépassé, a été à l'époque d'une importance fondamentale. Le troisième point concerne le coefficient de Maillard qu'Alain Larcan a lui-même étudié. Ce coefficient est à mettre en rapport avec les travaux de Marcel Labbé et de Noël Fessinger. Ce coefficient est extrêmement intéressant. Il permet en effet de mettre en évidence l'absence de transformation de l'azote ammoniacal et des acides aminés en urée. Actuellement, on parle beaucoup du rapport entre les acides aminés cycliques et non cycliques ou rapport de Fisher. Il serait probablement intéressant de déterminer comment les travaux de Maillard se situent par rapport à ceux de Fisher.
Enfin, si la réaction de Maillard intéresse actuellement l'industrie agroalimentaire, elle intéresse aussi les diabétologues. En effet, pour déterminer la gravité d'un diabète, on dose l'hémoglobine glycosilée. Les composés glyqués, en se localisant dans les membranes de certains tissus ou organes comme le rein ou les capillaires, deviennent toxiques. Or, ces

composés glyqués sont proches de ceux qui se forment dans la réaction de Maillard. Les travaux de Maillard sont réellement toujours d'actualité.
Enfin, Alain Larcan rappelle que, si le séjour de Maillard à Nancy a été relativement court, son origine lorraine est indiscutable, puisqu'il est né à Pont-à-Mousson.

Jean-Louis Rivail précise que Garnier a été le successeur de Ritter, lui-même successeur de Félix Braconnot. Si Nancy n'a pas donné le nom de Maillard à l'une de ses rues, Pont-à-Mousson l'a fait. Il existe une rue Maillard à Pont-à-Mousson. Actuellement, beaucoup de travaux sont effectués sur le rôle des produits de la réaction de Maillard dans le développement des cancers et la maladie d'Alzheimer.

François Le Tacon remercie Jean-Louis Rivail d'avoir rappelé l'importance de la réaction de Maillard dans l'industrie agroalimentaire, mais aussi dans la transformation de la matière organique des sols. Le titre de son mémoire de thèse présentée à la faculté des sciences de Paris contient d'ailleurs le terme de matières humiques. D'autre part, une bonne dizaine de publications de Maillard ont trait à la genèse des substances humiques des sols. La réaction de Maillard a une importance capitale dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres. En effet, tout organisme vivant, lorsqu'il meurt, est soumis à l'action des microorganismes qui dégradent rapidement toutes les formes de matière organique. C'est le processus de minéralisation qui aboutit au recyclage du carbone sous forme de gaz carbonique dans l'atmosphère et à la libération des éléments minéraux dans le sol. Certaines formes de composés minéraux, comme l'azote ammoniacal ou nitrique, sont très solubles dans l'eau et seraient rapidement entraînés dans les océans s'il n'y avait pas un système permettant de les retenir et d'assurer ainsi le maintien de la fertilité des sols. Il existe un processus de stabilisation de la matière organique qui fait appel à la réaction de Maillard. Les sucres et les acides aminés forment des complexes très stables qui sont résistants à l'action microbienne. Ce processus se double d'une association des protéines avec les polyphénols qui forme également des complexes stables. L'azote reste donc sous forme de complexes organiques et n'est que lentement minéralisé. Ce processus permet aux écosystèmes terrestres d'avoir un approvisionnement régulier en azote. La matière organique humifiée résultant de la réaction de Maillard joue aussi d'autres rôles majeurs dans le fonctionnement des sols.

Jean-Louis Rivail ajoute que Maillard avait remarquablement compris l'importance de ce processus.

Marion Créhange s'interroge sur le rôle des composés issus de la réaction de Maillard dans le goût et sur les mécanismes d'émission des odeurs. Elle s'interroge aussi sur la pluridisciplinarité qui lui semble plus développée à cette époque que maintenant.

Jean-Louis Rivail indique qu'en dehors des composés eux-mêmes, des processus physiologiques interviennent dans la perception des odeurs. Il n'en reste pas moins que les composés cycliques résultant de l'association de deux acides aminés et découverts par Emil Fischer, puis étudiés par Maillard, jouent un rôle clé dans les arômes. Les composés aminés cycliques avec des chaînes latérales interviennent dans la qualité des arômes les plus divers comme ceux du cacao ou ceux émis par les viandes grillées. Certains sont perceptibles à l'état de trace. Les animaux ont d'ailleurs des capacités de perception des odeurs bien supérieures aux nôtres. Ces composés n'ont cependant rien à voir avec la réaction de Maillard proprement dite. Jean-Louis Rivail estime d'autre part que la science était moins cloisonnée que maintenant, mais moins coordonnée, et que les scientifiques du

début du vingtième siècle étaient plus universels que maintenant. Il cite l'exemple de la collaboration entre Pierre Curie qui était cristallographe et Marie Curie qui était chimiste. D'ailleurs, au début du vingtième siècle, il n'y avait qu'une licence de sciences physiques. C'est ultérieurement que sont apparues les différentes licences, chimie, biochimie, etc…

Françoise Mathieu pose la question de la collaboration entre l'Institut chimique de Nancy et Maillard.

Jean-Louis Rivail précise que cette collaboration a été totale et que Maillard est sorti de cet institut à 19 ans. Il a fait ses trois années de licence immédiatement après son bac.

Robert Mainard regrette le temps de la pluridisciplinarité. Il rappelle l'époque du PCB où la faculté de médecine et la faculté des sciences collaboraient.

Alain Larcan apporte des précisions supplémentaires sur plusieurs autres médecins nancéiens. Ritter, d'origine strasbourgeoise, est un personnage considérable, mais oublié. Ritter a travaillé pendant 20 ans à Nancy avec Feltz qui était bactériologiste et anatomopathologiste. Feltz a découvert avec Coze le streptocoque. Ritter et Feltz ont découvert l'embolie capillaire. Ils ont abordé l'étude de l'urémie expérimentale sur plusieurs centaines de chiens et ont publié ces résultats chez Berger-Levrault. Felz et Ritter ont aussi découvert la toxicité du potassium. Les urémiques finissent par mourir d'hyperkaliémie.

Jean-Louis Rivail indique que, parmi les scientifiques nancéiens méconnus, il faut aussi citer Malaprade qui était un spécialiste de la chimie des sucres. Malaprade a mis au point une réaction qui est toujours universellement utilisée, en particulier pour le dosage des sucres.

Michel Bur souhaite savoir quels sont les travaux de recherche que Maillard a menés à Nancy.

Jean-Louis Rival indique que Maillard a travaillé à Nancy sur trois points importants :
- la toxicité du sulfate de cuivre sur *Penicillium glaucum*,
- une méthode très sensible de dosage du vanadium qui a permis d'aborder le rôle des oligoéléments,
- les pigments urinaires et, en particulier, l'indoxyle.

Jean-Louis Rivail considère que Louis Camille Maillard est bien un enfant de la Lorraine même s'il a effectué ses principales découvertes à Paris.

Michel Bur se demande cependant si, de donner le nom de Maillard à une rue de Nancy est bien justifié, puisque les découvertes qui lui ont donné la notoriété ont été faites en dehors de la Lorraine.

Jean-Louis Rivail rappelle que, lors de la communication qu'il avait faite à l'Académie sur les grands physico-chimistes lorrains, tous, sauf un, venaient d'une autres province.

Bibliographie

François Streiff, *Louis Camille Maillard, un pionnier de la science alimentaire*, Le Pays lorrain, **79**, 121 (1998)

Jean Adrian, *Louis Camille Maillard. De la médecine à l'alimentation*. (Technique et Documentation, Paris 1999)

Hervé This, *Les secrets de la casserole*. (Belin, Paris 1993)

Hervé This, *Traité élémentaire de cuisine*. (Belin, Paris 2002)

Une abondante documentation est disponible sur le site : www.lc-maillard.org

Résumé

Louis Camille Maillard, « bienfaiteur de l'humanité »

Jean-Louis Rivail

Louis Camille Maillard est né à Pont-à-Mousson le 4 février 1878. Après un baccalauréat obtenu à 16 ans et de brillantes études à la Faculté des Sciences de Nancy il entre à la Faculté de Médecine de la ville et avant même la fin de ses études, il entreprend des recherches de chimie qui retiennent l'attention du monde scientifique, en particulier du professeur Armand Gautier qui lui offre un emploi à la Faculté de Médecine de Paris où il est bientôt reçu à l'agrégation de médecine, à 26 ans. A Paris il continue à avoir une activité scientifique très fournie. Il met au point, en particulier, un « indice d'imperfection urogénique » qui se révèle être un outil diagnostique très utile et qui ne tarde pas à être très utilisé en médecine sous le nom de « coefficient de Maillard ». Il entreprend par ailleurs une thèse de sciences et au cours de ces travaux il découvre une réaction entre les acides aminés et les sucres. Cette réaction, très générale, est connue sous le nom de « réaction de Maillard ». Son importance a surtout été reconnue dans l'industrie agroalimentaire car elle est à l'origine du goût de nombreuses préparations culinaires. Ces travaux valent à L.C. Maillard de nombreuses distinctions et en particulier plusieurs prix de l'Académie des Sciences et de l'Académie de médecine.

En 1914 il s'engage dans l'armée, qui l'avait réformé à cause de sa mauvaise vue. Il est affecté au service de vaccination antityphoïdique où il contracte une grave infection puis se voit confier diverses fonction jusqu'à la direction du laboratoire de chimie du service de santé des armées.

Revenu à la vie civile en 1919, il quitte brusquement Paris pour occuper une chaire à la Faculté de Médecine et de Pharmacie d'Alger et cesse pratiquement toute activité de recherche. Il meurt brutalement à Paris, où il était venu participer au jury de l'agrégation, le 12 mai 1936.

De nos jours on reconnaît à la réaction de Maillard une importance majeure dans de nombreux domaines et en particulier en cuisine et en technologie alimentaire. C'est la raison pour laquelle ses admirateurs n'hésitent pas à le qualifier de « bienfaiteur de l'humanité »