

FUNÉRAILLES

DE

HENRI COLIN

Membre de la Section de Botanique,

à PARIS

le mercredi 24 mars 1943.

DISCOURS

DE

M. AUGUSTE CHEVALIER

Membre de l'Académie des sciences.

MONSEIGNEUR,
MESSIEURS,

Au nom des membres de l'Académie des Sciences, j'adresse un suprême adieu à notre regretté confrère, le chanoine Henri Colin, qu'une mort foudroyante nous a enlevé la veille même du jour où il devait venir faire, à notre séance du lundi, une communication qu'il avait préparée la semaine précédente. Il appartenait depuis six années à peine à l'Institut et ce temps avait suffi pour qu'il se fit

estimer de tous ses confrères. Homme affable, d'une grande simplicité, accueillant à tous, il était toujours attentif à deviner sur les lèvres, la pensée de ceux qui l'abordaient, malgré la triste infirmité, cette surdité complète, dont il était affligé depuis 1914. Quand il ne vous comprenait pas, il avait aux lèvres un fin sourire interrogatif et sollicitait du regard de nouvelles explications de votre part; jamais il ne restait un isolé parmi nous. Bien au contraire, de nombreuses amitiés étaient allées à lui. Il avait souvent des communications intéressantes à faire; parfois elles étaient de lui, plus souvent de l'un des élèves de la pléiade de jeunes savants qu'il avait formés et dont il encourageait les travaux.

M. Henri Colin était né à Bains-les-Bains, petit village des Vosges, d'une famille de simples ouvriers. Il fit ses études au Petit Séminaire de Saint-Dié. A la suite d'un accident, il dût arrêter provisoirement ses études ecclésiastiques en 1901. C'est pour lui permettre de se rétablir, en suivant un traitement approprié, que le diocèse de Saint-Dié l'autorisa à commencer ses études scientifiques à l'Institut catholique de Lille. Il y prépara la licence ès-sciences naturelles. Passionné dès ce moment pour les sciences de la nature, il fit plusieurs séjours au Laboratoire d'Ambleteuse et il fut sur le point d'orienter ses recherches vers la Géologie.

Sa santé rétablie, il était ordonné prêtre à St Dié en 1904. En 1906 il vient à l'Institut catholique de Paris, il y prépare une licence de sciences physiques, puis il s'oriente définitivement vers la physiologie végétale. A la Sorbonne, il devient l'élève de Gaston Bonnier et de notre éminent confrère M. Marin Molliard. Sa voie est trouvée. Dès 1909, il prépare une thèse de doctorat ès-sciences sur les diastases hydrolysantes: *Hydrolyse de quelques polysaccharides par le Botrytis cinerea*. Il la soutient fin janvier 1911. Presque immédiatement après il est nommé maître de conférences à l'Institut catholique de Paris et pendant plusieurs années il mène de front son enseignement avec aussi des cours réguliers à l'Institut catholique de Lille.

Des bourdonnements d'oreilles très pénibles commencent à l'affecter dès ce moment, sans interrompre son travail; il en souffre d'autant plus qu'il est excellent musicien et qu'il pratique le violon.

En janvier 1914, une fièvre typhoïde extrêmement violente le met à deux doigts de la mort. Il se rétablit cependant et il peut reprendre ses travaux au point précis où il les a laissés. Mais hélas! il a perdu l'ouïe, ce sens si précieux. Il fait pendant des années de grands efforts pour refaire son éducation auditive, mais en vain. A force de patience et d'attention, aidé par l'abbé Rousselot, professeur de phonétique au Collège de France, il apprend la lecture sur les lèvres et grâce à cela il ne sera pas un isolé complet parmi ses confrères et ses élèves. Grâce à cette rééducation, à sa vive intelligence, il pourra converser avec eux, mais il doit avoir toujours l'esprit tendu et ses yeux constamment chercheront à pénétrer la pensée de ceux qui lui parlent. A tout prendre, son infirmité a développé beaucoup chez lui le sens de l'observation et de la compréhension des choses par les yeux.

Nous l'avons vu en 1933, lors d'une excursion que nous fîmes ensemble, aux îles anglo-normandes, avec une acuité merveilleuse, parmi les algues qui tapissent les rochers submergés des Écréhou, découvrir les espèces rares qu'il recherchait et qu'aucun parmi nous n'avait aperçues.

Nommé maître de conférences à l'Institut catholique de Paris en 1911, il y devint professeur de Physiologie végétale en 1921 et il occupait encore cette chaire avec distinction quand la mort l'a frappé. Il n'avait pas attendu du reste sa nomination de professeur pour former des élèves; dès 1914, il publie des notes avec plusieurs d'entre eux. En 1916, pendant la grande guerre, il fut versé dans le service auxiliaire et affecté au Val-de-Grâce, au Laboratoire bactériologique de notre éminent confrère M. le Dr Vincent. Il y travailla d'abord sous l'uniforme militaire, puis rendu à la vie civile, il continua à assurer son service jusqu'à la fin de la guerre, mais en reprenant la soutane. Pendant ce temps, il put heureusement continuer à faire

des recherches et se dévouer à son enseignement de l'Institut catholique.

Le nombre des élèves qu'il a formés est très grand.

« Son enseignement, a écrit l'un d'eux, était extraordinairement vivant et riche; il éveillait chez ses élèves de nombreuses vocations scientifiques : 18 thèses sorties de son Laboratoire ont fait de M. Colin un véritable chef d'École ».

En 1933, il fut sur le point d'être nommé professeur de Physique végétale au Muséum National d'Histoire naturelle. Il avait été présenté en première ligne au choix du Ministre, à la fois par l'Assemblée des Professeurs du Muséum et par l'Académie des Sciences. Nous escomptions sa nomination quand fût promulguée une loi absurde prescrivant, par mesure d'économie, la réduction de 10 0/0 des chaires dans les grands établissements scientifiques. La chaire de physique végétale du Muséum fut supprimée. Mais les beaux travaux de physiologie végétale de M. Colin allaient lui ouvrir quatre ans plus tard les portes de l'Institut.

Ses recherches se rapportent surtout à la physiologie des plantes, spécialement à la nature, à la genèse et aux transformations des glucides qu'elles élaborent. La betterave sucrière fût, pour ses études, une plante de prédilection.

Le problème de la formation du saccharose dans la betterave avait été déjà l'objet des recherches de savants, tels que Payen, Duchartre, Berthelot, Frémy, Boussingault, pour ne citer que les Français. Le problème est difficile à résoudre parce qu'il se rattache étroitement à celui de la photosynthèse. Colin montra que si le saccharose est le premier sucre formé dans les cellules chlorophylliennes du limbe de la feuille, il ne cesse de s'hydrolyser en passant du parenchyme vert dans la pétiole, et au voisinage du collet, les pétioles ne renferment plus que du sucre réducteur.

La saccharogénèse ne dépend donc pas seulement du bouquet foliaire et de sa teneur en chlorophylle, elle dépend de tout le métabo-

lisme de la plante, suivant les variétés et les conditions de développement et de milieu.

« Découvrir dans une plante, a-t-il écrit, un principe insoupçonné est certainement l'une des grandes joies qu'on puisse se permettre dans les recherches de physiologie. Le chimiste n'ira pas plus loin, mais le naturaliste ne s'en tiendra pas là, il sera curieux de l'ambiance où le corps en question prend naissance, de sa localisation, de son rôle possible, de sa répartition dans les divers groupes de plantes. Ce faisant il rejoindra le botaniste qu'il soit systématicien, anatomiste ou cytologiste.

« De même l'étude d'une des grandes fonctions de la plante, respiration, assimilation chlorophyllienne, nutrition minérale, peut être entreprise aussi bien par le chimiste que par l'agronome ou le physiologiste, mais ce dernier saura mieux que les autres choisir les cas convenables pour une étude comparée de ces phénomènes dans la série des végétaux.

« Quant à la genèse des principes, à leur localisation dans les organes de la plante, à leurs migrations, aux transformations qu'ils subissent en cours de route, ces études ne peuvent être abordées utilement qu'à la lumière des connaissances approfondies sur les différents chapitres de la botanique.

« Tant qu'on s'est borné, ajoute-t-il, à analyser en bloc les feuilles de betterave, les théories de la saccharogénèse sont restées insuffisantes. La vérité s'est fait jour dès qu'on a pris la peine d'examiner séparément le parenchyme vert, les nervures, les pétioles à différents niveaux, on s'est aperçu aussitôt que formé d'emblée dans la cellule à chlorophylle le sucre n'émigre pas en nature, mais sous la forme de sucre réducteur que la racine ramène à l'état de saccharose.

Parlant des recherches qui se font dans les maisons de sélection et dans les Instituts sucriers privés ou corporatifs, Colin ajoute : « Le savant désintéressé garde toujours sur le technicien, l'avantage d'une

plus grande liberté d'esprit, d'une culture plus étendue, d'une connaissance plus vaste du règne végétal. A lui de tirer parti de ces travaux utilitaires, d'en vérifier les résultats, d'en généraliser les conclusions, souvent un peu étroites, pour les incorporer à la Biologie générale. « L'enseignement supérieur vise avant tout à susciter de nouvelles recherches. J'en ai usé constamment de la sorte avec mes élèves, sans négliger pour autant les œuvres de haute vulgarisation ». Telle était sa saine manière de comprendre la marche de la science.

Les travaux de notre regretté confrère se sont étendus à beaucoup d'autres branches de la physiologie végétale et de la chimie biologique.

Elles concernent les Composées à inuline et les Monocotylédones à fructosanes, les sucres des algues et des champignons, le mécanisme des réactions diastasiques, puis la génétique et la biologie des hybrides et des greffes.

A la suite de certains travaux tendant à la notion d'hybrides de greffe, il fut amené à préciser les conditions dans lesquelles s'effectuaient les échanges de substances migratrices fondamentales, telles que les sucres, entre les plantes associées par la greffe. La méthode qu'il adopta est des plus simples et des plus élégantes.

Ses derniers travaux ont porté sur les matières pectiques et la mort est venue les interrompre. Les milieux industriels, sucriers et brasseurs en particulier, avaient souvent recours à sa science. Il prêta son concours le plus actif à l'Institut international de la Betterave sucrière, dont le siège est à Bruxelles.

En 1921, il était nommé membre du conseil de l'Association des chimistes de distillerie et de sucrerie. En 1932, l'Institut belge de la Betterave lui faisait le même honneur. Il avait été trois fois lauréat de l'Académie des Sciences.

En 1920, l'Association des chimistes de Sucrerie lui avait accordé sa médaille d'or, mais sa modestie était telle qu'il n'avait jamais fait

état de ces récompenses. Par son caractère droit et sa grande modestie, il avait acquis près de ses confrères les plus vives sympathies et l'affection de beaucoup. Nous attendions encore de beaux travaux de lui. Dimanche dernier, il s'en allait herboriser, observer et méditer dans la Nature, par une belle après-midi printanière, lorsque la mort nous l'a subitement enlevé. Espérons que l'un de ses élèves achèvera le travail qu'il avait conçu et qu'il n'a pu finir.

L'œuvre scientifique de l'abbé Colin lui survit. Quant à nous, nous garderons toujours le souvenir de ce confrère aimable, dont la belle intelligence se rehaussait des plus hautes qualités morales.



NOTICE
SUR LA VIE ET LES TRAVAUX

DE

HENRI COLIN

(1880 - 1943)

PRÉSENTÉE EN LA SÉANCE DU 27 DÉCEMBRE 1944,

PAR

M. RENÉ SOUÈGES

Membre de l'Académie des Sciences.

Les trente et quelques années que le Chanoine Henri Colin a consacrées à la recherche scientifique ont été, il faut le reconnaître, bien remplies. Prise dans son ensemble, son œuvre apparaît particulièrement étendue et fort diverse. Elle est incontestablement celle d'un botaniste, car elle s'appuie sur un fonds de morphologie générale et de systématique, auquel elle apporte une importante contribution, mais elle déborde dans une telle mesure sur d'autres disciplines

phytobiologiques que son auteur eût pu, avec les plus grandes chances de succès, poser sa candidature, en chimie par exemple, où ont déjà pris place d'éminents phytochimistes tels que Emile Bourquelot et le très actif doyen actuel de la section, M. Gabriel Bertrand, en économie rurale encore, où, par ses travaux très poussés sur des plantes de grande culture, Henri Colin eût dignement continué la lignée des Boussingault, Schloësing père et fils, Müntz et Maquenne. La section de botanique a eu la bonne fortune de le compter parmi ses membres et, pour ma part, ayant eu, grâce à cette circonstance, l'honneur de lui succéder, j'éprouve aujourd'hui quelque fierté d'avoir à retracer la vie scientifique de cet homme de bien qu'il m'a été donné de connaître, dès 1909, à la Société botanique de France, et que, depuis, j'ai toujours si profondément estimé.

Henri Colin est né à Bains-les-Bains, ville thermale des Vosges, le 1^{er} novembre 1880. Son père, habile mécanicien, travailla fidèlement, pendant 35 ans, à la clouterie de Moulins-aux-Bois, à 3 kilomètres de Bains, et ne cessa de donner à son fils l'exemple du travail assidu, de la vie simple et des plus solides sentiments religieux. L'abbé Méline, vicaire de Bains, qui avait remarqué la vive intelligence et les besoins d'activité du jeune Henri, lui donna les premières leçons de latin, puis l'envoya au Petit Séminaire de Châtel-sur-Moselle. De là, dès la troisième, Henri passa au Petit-Séminaire d'Autrey où il acquit une solide culture latine et grecque. Ses classes de philosophie se firent au Grand-Séminaire de Saint-Dié; il y poursuivit le cours normal de ses études ecclésiastiques jusqu'à la rentrée de 1900.

Une affection assez grave du genou lui rendant la marche très pénible, le diocèse décida de différer la promotion du jeune clerc aux ordres sacrés. Des amis qui habitaient Lille l'engagèrent à les suivre dans cette ville pour y continuer ses études. En octobre 1902, il put y passer le baccalauréat, y suivit ensuite les cours de la Faculté libre et y obtint, en octobre 1905, son diplôme de licencié ès sciences naturelles. Il avait été ordonné prêtre à Saint-Dié par M^{sr} Foucault le 17 décembre 1904.

En 1906, désirant préparer une licence de sciences physico-chimiques, il vint à Paris et s'établit à l'Institut catholique, interne à l'École ecclésiastique des Carmes. Tout en suivant les cours de licence, il entreprit des recherches personnelles de physiologie végétale au laboratoire et sous la direction des botanistes Gaston Bonnier et Marin Molliard. Il prit à ces recherches le plus vif intérêt; elles le captivèrent à tel point que jamais dans la suite il ne put s'en détacher. En 1909, il devint Diplômé d'Études supérieures de Physiologie végétale, Docteur ès sciences naturelles en 1911. Cette même année, l'Institut catholique se l'attachait à titre de Maître de conférences.

De novembre 1909 à juillet 1913, il se soumit à l'obligation d'enseigner la Botanique au P. C. N. de la Faculté des Sciences de Lille. Conservant son domicile à Paris, cet enseignement lui imposa une ou deux fois par semaine des déplacements qui ne furent pas sans lui causer quelque fatigue et qui l'empêchèrent de mener à bien, aussi vite qu'il l'aurait voulu, l'aménagement, qu'il avait projeté, d'un laboratoire de physiologie végétale à l'Institut catholique. Grâce toutefois à sa courageuse persévérance, il réussit à faire transformer heureusement quelques salles et à y installer un matériel suffisant pour bien conduire ses expériences. Nommé Professeur titulaire de Physiologie végétale à l'Institut catholique; en 1921, sa vie tout entière fut désormais consacrée à son enseignement et à ses recherches originales. C'est dans son laboratoire que furent conduits tous ses travaux et que de nombreux élèves furent initiés à ses méthodes tout en partageant les joies de ses découvertes. Dix-neuf thèses de doctorat y furent préparées sous sa direction.

En 1933, la chaire de « Physique végétale » du Muséum d'Histoire naturelle étant devenue vacante par suite du décès de Marc Bridel, il fut désigné en première ligne pour l'occuper, par l'Assemblée des Professeurs de cet établissement et par l'Académie des Sciences. Mais, en mars 1934, sous prétexte de compressions budgétaires, le Ministre de l'Éducation nationale décidait la suppression de la chaire.

Henri Colin fut élu à l'Académie des Sciences le 21 juin 1937 en

remplacement de Louis Mangin. Il avait été trois fois lauréat de l'Institut, ayant obtenu le prix Montagne en 1912, le prix Lonchamp en 1922, le prix Vaillant en 1924. Il faisait partie de nombreuses Sociétés savantes; il était membre du Conseil de l'Association des Chimistes de Sucrierie et de Distillerie, membre également de l'Institut belge de la Betterave. Il eut à intervenir, dans ces Conseils, à différentes reprises et ses avis étaient toujours particulièrement écoutés. Inutile d'ajouter que ses interventions furent toujours désintéressées, Henri Colin n'ayant jamais cessé de veiller à son entière indépendance et au caractère essentiellement élevé de ses recherches scientifiques.

Le dimanche 21 mars 1943, au moment de partir pour une excursion botanique qui devait lui fournir du matériel pour ses recherches, Henri Colin fut subitement terrassé, à 13^h 30 exactement, dans une voiture du Chemin de fer métropolitain, par l'affection artérielle dont il souffrait depuis longtemps. L'émotion fut vive, à la nouvelle de ce malheur, parmi ses amis, ses élèves, et le lendemain, lundi, à la séance de l'Académie, quand la nouvelle se répandit de cette vie de travail aussi brutalement tranchée, aucun des membres présents ne put dissimuler sa tristesse. — Il a laissé parmi nous le souvenir toujours vivant d'un homme aimable, particulièrement bienveillant, d'une douceur et d'une simplicité extrêmes. Il supportait avec le plus grand courage et avec une résignation toute chrétienne les souffrances physiques et morales que lui attirait cette affreuse surdité dont il avait éprouvé les premières atteintes, dès 1914, et qui le tenait partiellement éloigné du monde. On lui trouvait toujours néanmoins l'humeur égale et ceux qui sont allés vers lui pour demander aide ou conseil n'ont jamais pu lasser son dévouement, ni sa bonté, ni simplement sa complaisance.

Son œuvre scientifique, immense et variée, se rapporte à de nombreux sujets qu'il a lui-même groupés très rationnellement dans l'exposé de ses titres et travaux. Je suivrai à peu près les mêmes divisions.

Recherches sur la Betterave.

Peut-être existe-t-il encore des industriels qui restent persuadés que la Betterave fabrique directement le sucre dans sa racine aux dépens des éléments que cet organe puise dans le sol. Aimé Girard avait le premier fait justice de cette erreur grossière en démontrant que le saccharose s'élabore dans la feuille, mais ce savant s'était lui-même mépris en admettant que le sucre cheminait ensuite tel quel par les nervures et les pétioles pour se rendre dans la souche où il s'emmagasinait. Henri Colin, en soumettant à l'analyse les sucs de la plante prélevés à divers niveaux, n'eut pas de peine à établir que le saccharose ne cesse sur son trajet de s'hydrolyser, qu'au voisinage du collet les pétioles ne renferment plus que des sucres réducteurs, glucose et lévulose, avec prédominance de glucose. Le collet franchi, on assiste brusquement à une reconstitution massive du saccharose et, au cours de la mise en réserve dans la souche, des condensations plus ou moins profondes continuent à se produire. Au moment de l'arrachage, la Betterave ne renferme plus que 0,20 de sucre réducteur environ pour cent de pulpe fraîche. Des faits analogues s'observent chez le Topinambour où l'amidon élaboré dans les feuilles se transforme en inuline dans les tubercules. Il en est de même chez la Pomme de terre, la Jacinthe, le Blé, partout où l'amidon ou les sucres résultant de la photosynthèse se trouvent mis en réserve dans des organes souterrains ou dans les graines sous forme de glucides saccharifiables.

La très importante réserve saccharine des Betteraves se maintenant intacte pendant tout l'hiver quand elles sont saines et conservées dans de bonnes conditions, on en avait conclu que la pulpe était totalement dépourvue d'invertine. Ce n'est pas tout à fait exact. La pulpe hydrolyse plus ou moins le saccharose; son pouvoir hydrolysant va même croissant au cours de l'ensilage et, à la reprise de la végétation, quand la tige pousse et s'organise, la racine se vide et

devient fibreuse. Les tissus du collet sont plus riches en invertine que ceux de la souche; l'enzyme est plus abondant encore dans les pétioles. C'est dans les parties aériennes que le saccharose est hydrolysé au fur et à mesure qu'il y chemine; à l'extrémité de la tige, il n'en subsiste finalement que des traces.

Ces observations relatives à la genèse du saccharose étaient loin d'épuiser tous les problèmes que pose la culture de la Betterave; ceux qui regardent la sélection, l'amélioration des races, la nutrition minérale et toutes les conséquences d'ordre pratique qu'on pourrait en tirer ne pouvaient laisser Henri Colin indifférent.

La question de la sélection l'a amené à comparer étroitement la structure et le chimisme et à déterminer tous leurs rapports. Chez les *Beta*, comme chez la plupart des Chénopodiacées, on observe, dans la racine, au centre, une masse ligneuse représentant le bois primaire et surtout le bois secondaire, puis à l'extérieur, sous le parenchyme cortical, plusieurs cercles libéro-ligneux d'origine péricyclique correspondant à des formations tertiaires anormales; c'est au développement de ces formations que ces racines doivent leur tubérisation. Entre les tissus ligneux secondaires et tertiaires, se trouvent des parenchymes libériens et péricycliques, non sclérifiés, qui constituent une zone interstitielle. Les anneaux vasculaires tertiaires sont surtout abondants chez les Betteraves sucrières; ils le sont moins chez les fourragères.

Dès 1847, Payen avait nettement fait remarquer que, dans les parties vascularisées, se rencontraient plus de substance sèche, plus de sucre, moins de matières minérales et moins d'azote soluble que dans le parenchyme mou interstitiel. Henri Colin confirme pleinement ces premières observations et en ajoute de nouvelles remarquables par leur précision. En premier lieu, le sucre réducteur est deux fois plus abondant dans le tissu conjonctif et ce dernier tissu hydrolyse le saccharose, *in vitro*, plus rapidement que ne le fait la pulpe du tissu vasculaire. Les ferments oxydants, en outre, se localisent de préférence dans le liber des faisceaux et le pH de ce tissu se montre toujours

plus élevé que celui de la pulpe, ce qui vient à l'appui de l'opinion de Maquenne, d'après laquelle le liber doit avoir une réaction alcaline pour se prêter comme il le fait aux isomérisations et aux condensations de toutes sortes dont il est le siège. En troisième lieu, on trouve dans le conjonctif plus de potasse et moins de chaux par rapport aux sels organiques, l'alcalinité totale ($KOH + CaO + MgO$) étant un peu moindre que dans les faisceaux. — La partie conductrice apparaît ainsi comme une zone à activité chimique particulièrement intense et la vascularisation serrée comme favorisant nettement la richesse saccharine. Cependant cette vascularisation ne crée pas nécessairement la richesse puisque des Betteraves jeunes, chez lesquelles les formations tertiaires ne sont pas encore développées, se montrent riches en sucre, puisque encore des Betteraves également riches offrent des différences notables dans le nombre et le développement de leurs faisceaux, puisque enfin, dans la descendance des hybrides, au cours de la disjonction, richesse saccharine et vascularisation n'apparaissent nullement liées.

Ces corrélations entre le chimisme et la structure portent à penser qu'on peut augmenter la richesse en sucre en développant la taille des racines. A cet égard, il est bon de faire remarquer que les sucrières possèdent en général 5 à 6 anneaux de formations tertiaires, qu'il en existe 3 environ chez les fourragères, chacun de ces anneaux offrant des faisceaux clairsemés, et que, en outre, les parenchymes à grandes cellules séparant les faisceaux sont bien moins riches en sucre que les zones vascularisées. Comment s'étonner, dès lors, que les racines les plus grosses, celles des Betteraves géantes par exemple, surtout caractérisées par le développement insolite du parenchyme interstitiel, soient moins riches que d'autres plus petites? Et n'est-il pas en conséquence désirable de créer des variétés dont la vascularisation s'accroisse proportionnellement avec le diamètre. Il est douteux toutefois, que l'on puisse réussir dans cette voie; aussi la solution la meilleure apparaît-elle celle qui a été depuis longtemps adoptée et qui consiste tout simplement dans l'augmentation de la

densité de la population. — Ne doit-on pas craindre, d'ailleurs, que, avec la vascularisation plus abondante, la multiplication et l'épaississement des membranes qui ne sont les conséquences, le marc ne prenne trop d'importance, car, en définitive, les meilleures plantes seront toujours celles qui, pour un minimum de matière sèche, renfermeront le maximum de sucre.

Étant donné le grand intérêt qui s'attache à la connaissance de la minéralisation de la Betterave pour bien déterminer les conditions de son alimentation et de son amélioration, Henri Colin, aidé de P. Billon, s'est livré à une étude comparée très approfondie des constituants minéraux des racines. — En moyenne, les variétés actuelles ne renferment que 3 parties de cendres environ pour 100 de matière sèche; la Betterave fourragère en contient 4 fois plus. Dans ces cendres, c'est surtout la potasse qui se trouve en faible quantité. Les agronomes cependant prétendent que ce composé joue un rôle primordial dans la genèse du sucre et ne se lassent point de préconiser l'emploi des engrais potassés. Est-ce fondé? Le potassium se rencontre, dans la Betterave, surtout à l'état de sels organiques et le taux de ces sels ne se trouve nullement proportionnel à la richesse saccharine. La chaux, au contraire, est toujours plus abondante chez les Betteraves riches en sucre et elle se localise de préférence dans la zone vascularisée. Rien n'indique que le potassium concoure à la formation du sucre. Son influence s'exercerait surtout dans le développement relatif de la souche et des feuilles. Celles-ci renferment quatre fois plus de potassium que la souche, et si le potassium arrive à faire défaut, dans le cas notamment d'une fumure azotée trop abondante, les feuilles prennent un développement exagéré, au détriment des racines qui restent petites et peu résistantes aux maladies. L'action physico-chimique du potassium est certaine puisqu'il est un élément nécessaire à la vie; il doit jouer un rôle spécifique dans les synthèses et c'est à ce titre que, chez la Betterave, il peut véritablement être considéré comme étant, suivant l'expression consacrée, « à l'origine du sucre ».

Il y a relation évidente entre l'alcalinité des cendres et la richesse saccharine. L'alcalinité totale rapportée à la matière sèche et *a fortiori* au sucre peut être 5 à 6 fois moindre dans la racine d'une sucrière que dans celle d'une fourragère. De la comparaison des taux d'alcalinité des cendres solubles et insolubles, il ressort que, dans les sucrières, il y a presque autant de CaO et de MgO que de KOH et de NaOH en combinaison avec la matière organique, tandis que, dans les fourragères, la teneur du complexe potassique dépasse grandement celle des composés à base de Ca et de Mg. La teneur élevée des fourragères en sels alcalins ne tient donc pas uniquement aux sels d'acides minéraux, mais également aux sels d'acides organiques. — Henri Colin s'attache encore à déterminer le plus exactement possible le taux des cendres et celui de leur alcalinité dans les différentes parties de la plante, racine, collet, bas et haut des pétioles, limbe foliaire, chez les sucrières et chez les fourragères. De toutes ces déterminations, d'une incontestable netteté, se dégagent les véritables besoins de la Betterave, pour ce qui concerne les oxydes métalliques. Elles montrent encore tout ce qu'il y avait de peu fondé dans les doctrines qui s'étaient répandues depuis Liebig et d'après lesquelles *pour élaborer une même quantité de sucre, la Betterave, quelle qu'elle soit, a nécessairement besoin de mêmes quantités de bases minérales*. On donnait généralement, pour 100 de sucre, les chiffres suivants : 5,5 de K_2O ; 1,5 de Na_2O ; 1,5 de CaO ; 1,2 de MgO, soit 10 environ pour 14 de matières minérales. On sait encore à quel point Liebig a insisté sur le rôle des bases minérales chez les végétaux en tant que nécessaires à la salification des acides organiques élaborés par le jeu de la nutrition. C'était admettre que toutes les plantes d'une même espèce devaient avoir la même composition ; c'était la négation de toute possibilité d'amélioration des plantes par sélection biochimique.

On a toujours constaté que le taux de l'azote dans la souche de la Betterave n'a fait que baisser en même temps que celui des cendres à mesure qu'augmentait la richesse saccharine. Cela apparaît nette-

ment quand on considère les chiffres fournis par les fourragères. Celles-ci, pour un même poids de sucre, renferment deux fois plus d'azote organique et cinq fois plus de cendres. L'excès d'azote de ces variétés est de l'azote soluble, à rapporter principalement à la glutamine, à l'asparagine, à la bétaine, etc. — D'autres corrélations peuvent être établies quand on étudie la teneur en phosphore par rapport au sucre et à l'azote. La matière sèche des variétés sucrières est moitié moins riche en phosphore que celles des fourragères. L'azote est beaucoup plus abondant que le phosphore; le rapport P/N est de 1/5 environ pour les sucrières, moindre encore pour les fourragères et si, au lieu de la racine, on considère le parenchyme vert des feuilles, les différences sont encore plus accusées. Vers la fin de la saison, les proportions de P dépassent celles de N et cela d'une manière plus sensible dans la souche que dans la limbe, différences qui tiennent à la présence, dans la racine, de phosphates minéraux, et à la faible quantité d'azote qu'elle renferme. Le pétiole montre des teneurs intermédiaires entre celles du limbe et de la racine. — Toutes ces corrélations « jettent un jour singulier sur l'amélioration progressive de la Betterave. On a sélectionné les racines d'après leur richesse en sucre et tout le reste s'en est suivi de façon automatique: augmentation de la matière sèche, déminéralisation, diminution des teneurs en N et P solubles, renforcement de la structure. Au point de départ, la Betterave à sucre ne valait guère mieux que nos variétés fourragères ».

A la lumière de ces données, Henri Colin se demande si la Betterave à sucre est encore perfectible. L'industrie s'adapterait peut-être aux Betteraves dures, d'autant qu'elles se prêtent bien à la diffusion et donnent des jus plus purs. Quant aux agronomes, dont le rôle serait primordial, ils auraient à rechercher un équilibre parfait des fumures, à s'inquiéter du choix des variétés, de la densité de la population, de la lutte contre les maladies, etc... Il est certain que tous efforts doivent être tentés pour lutter contre la Canne à sucre qui fournit à l'heure actuelle les deux tiers de la consommation

mondiale, depuis que Soltwedel, à Java, a pu procéder à la sélection par graines et obtenir les croisements les plus productifs. De nos jours, la Betterave, fortement distancée ne peut se maintenir qu'à l'abri de tarifs protecteurs particulièrement élevés.

Fort des résultats que lui a apportés l'analyse chimique, Henri Colin a abordé des questions de technologie sucrière, d'ordre surtout pratique, mais qui ne présentent pas moins un gros intérêt du point de vue de la phytophysiologie en général.

Les Betteraves ensilotées subissent des altérations qui se traduisent par des pertes de saccharose et l'apparition de sucres réducteurs. Henri Colin pour les combattre propose de chercher, par sélection, une vascularisation plus serrée, de voir encore du côté des cendres, des oxydases, du pH, de la teneur en invertine. — Quand les pulpes tardent trop à être traitées, elles peuvent être l'objet de la fermentation visqueuse. Celle-ci a été généralement rapportée au *Leuconostoc mesenteroides* ou « frai de grenouille », mais l'agent responsable, d'après Colin et Simonet, est un *Coccus*, se présentant en sphérules séparées ou groupées en chaînettes de 6 à 10 éléments. Il a pu être isolé à partir de Betteraves gelées; il ne liquéfie pas la gélatine, prend le Gram, donne un abondant exsudat visqueux cultivé sur gélose et rend filant le bouillon de Betterave. Le principe visqueux a pu être séparé, par précipitation à l'alcool, sous forme de masses glaireuses qui, desséchées et pulvérisées, constituent une poudre blanche non colorable par l'iode. Ce principe n'est pas réducteur, mais le devient sous l'action des acides; il est dextrogyre et se convertit en glucose exclusivement. Il serait analogue sinon identique à la substance maintes fois décrite sous les noms de gomme de fermentation, viscosé, dextrane, et dont la formation a été attribuée soit au *Leucosnotoc* soit au *Bacillus viscosus*. Reprenant l'étude du dextrane du *Leuconostoc mesenteroides* qui en fournit 90 0/0, Henri Colin et H. Belval ont mis en lumière ses propriétés singulières dues à des particularités de structure qui en font un corps voisin de l'amidon par certains côtés, du glycogène par certains autres.

Au cours de l'épuisement industriel des pulpes par diffusion, on constate, par voie optique, qu'il y a plus de sucre dans le liquide dialysé que dans la pulpe initiale, d'où l'expression de « plus sucre » pour désigner ce phénomène. Henri Colin, avec P. Billon et Miossec, fait remarquer qu'il ne peut s'agir de nouvelles quantités de saccharose élaborées pendant la diffusion, processus purement physique. Le saccharose trouvé en excès proviendrait de diverses impuretés, de condensations possibles dans les pulpes soumises à la dessiccation. Pourraient aussi entrer en cause des matières pectiques, fortement dextrogyres, qui ne seraient pas totalement précipitées par l'extrait de Saturne dont on se sert pour déféquer les liqueurs avant de les examiner au polarimètre. Au cours de l'épuration calco-carbonique, les matières albuminoïdes et les gommes se trouvent éliminées des impuretés, par adsorption, a-t-on prétendu, à la surface des cristaux de $\text{CO}_3 \text{Ca}$. D'après Colin, il ne peut être question d'adsorption, puisque, par simple centrifugation, la matière organique se détache du calcaire sous forme d'une boue grisâtre; il s'agit plus exactement d'une floculation qui se produit sous l'action de la chaux, le non-sucre se trouvant entraîné mécaniquement par la masse du carbonate.

Henri Colin s'est aussi élevé contre l'expression d'alcalinité *naturelle* par laquelle les techniciens désignent l'alcalinité qui persiste dans le jus après épuration calcique et qui dépendrait de la composition même des Betteraves selon les années. Cette alcalinité dite naturelle est consécutive au chaulage et devrait plutôt être appelée *artificielle*, plutôt *spontanée*. Quand on chaule le jus, en effet, les phosphates et oxalates alcalins se précipitent à l'état de sels de Ca et mettent en liberté des alcalis, de la potasse surtout. Lors de la carbonatation qui suit, ces alcalis interviennent pour précipiter à l'état de $\text{CO}_3 \text{Ca}$ le Ca des sels de chaux provenant de l'hydratation des amides, au moment du chaulage. Suivant les proportions d'amides, de phosphates, d'oxalates alcalins dans la Betterave, il persiste, dans le jus purifié, une quantité plus ou moins grande d'alcalinité.

Pendant l'évaporation, les jus restés très complexes subissent, en

se concentrant, des réactions qui amènent une baisse de l'alcalinité. Cette baisse fait craindre une perte de saccharose par inversion; aussi ajoute-t-on de la soude pour maintenir le taux d'alcalinité. Henri Colin s'élève contre cette pratique. Il montre que, à mesure que la température s'élève, l'alcalinité décroît d'autant plus vite que l'alcalinité initiale était plus prononcée, et que, pour que le milieu ne descende pas au-dessous de la neutralité théorique, il faut l'amener au début à $\text{pH} = 11$. Or, dans une telle liqueur, il y a de la soude dépensée inutilement et surtout une grande quantité de saccharose immobilisée dans les mélasses. Finalement Henri Colin précise ainsi sa pensée: Dans un jus de pureté supérieure à 90, il peut être utile d'ajouter de la soude pour élever le pH à 8,5; pour une pureté de 85-90, l'addition de soude est sans profit; au-dessous de ce chiffre, elle est franchement onéreuse.

Recherches sur les plantes à fructosanes.

Henri Colin a étudié la formation, les propriétés et le comportement de ces produits dans quatre grandes familles végétales, Composées, Graminées, Liliacées et Iridacées.

Chez les Composées, le Topinambour a fait l'objet de recherches particulièrement approfondies. Ont été d'abord établies, dans cette plante, les conditions d'une inulogénèse naturelle et celles d'une inulogénèse artificielle. — Les feuilles renferment de l'amidon chlorophyllien en abondance, du saccharose et des sucres réducteurs, jamais d'inuline. Celle-ci apparaît seulement dans les tubercules, les stolons et à la base des tiges quand les feuilles sont suffisamment développées. Henri Colin a pu suivre toutes les étapes de sa formation par condensation des sucres de la feuille, saccharose et sucre interverti. Le glucose du sucre interverti participe à la condensation aussi bien que le lévulose; il ne disparaît pas comme l'avaient supposé certains auteurs pour ne laisser subsister que le lévulose. On est obligé d'admettre, d'ailleurs, que le fructose de l'inuline n'est pas un fructose banal, mais un sucre instable à l'état

libre, ce qui doit nécessairement amener, au cours de la synthèse de l'inuline, des isomérisations profondes. — Des phénomènes analogues ont été observés chez le Dahlia, la Chicorée et l'Aunée; ils doivent être communs à la plupart des Composées, car, dans cette famille, il se produit d'une façon très générale de l'inuline dans les organes souterrains et parfois dans les feuilles, comme chez l'Artichaut par exemple ou dans les rosettes persistantes du *Bellis perennis*. Il est à noter cependant que, si les Composées annuelles et bisannuelles, à racines succulentes comme les Chicorées cultivées, possèdent toutes de l'inuline, les Composées annuelles à racines grêles et fasciculées en sont dépourvues. Dans un même genre, chez les *Senecio* ou les *Artemisia* par exemple, il est des espèces vivaces fortement inulinifères et des espèces annuelles sans inuline.

Il n'y a pas d'inuline dans la tige, mais il est facile d'amener la formation de ce produit, dans cet organe, en un point assez éloigné du sol, en recourant à divers procédés tels que la décortication annulaire ou le greffage. L'inuline apparaît au-dessus de l'anneau dénudé ou du bourrelet de greffe. Le phénomène s'observe nettement quand on ente un rameau de Topinambour sur une tige de Soleil ou encore un *Artemisia annua*, espèce annuelle sans inuline, sur un *A. Absinthium*, espèce vivace qui en élabore. Dans ce cas, l'inuline du greffon ne vient pas selon toute apparence du sujet; elle prend directement naissance dans le rameau greffé et résulte d'une altération, dans ce dernier, de l'état physiologique normal. Ainsi il faut se garder de considérer comme indissolublement liés ces deux caractères: plante annuelle et incompatibilité à produire de l'inuline. — Le marcottage, dans ces processus d'inulogénèse artificielle, donne de meilleurs résultats. Dans le cas du Topinambour, sur toute la longueur du segment que l'on ensevelit, il se développe un grand nombre de racines et de bourgeons; ceux-ci s'allongent en cordons qui se renflent en tubercules bientôt remplis d'inuline. Chez le Dahlia, les parties enterrées produisent de l'inuline, mais ne s'enracinent pas et ne donnent pas de bourgeons.

En général, chez les Composées et particulièrement chez le Topinambour, de l'automne au printemps, le pouvoir rotatoire du contingent glucidique se modifie: de négatif, il devient nul, puis positif, l'inuline se convertissant partiellement en fructosanes moins lévogyres (pseudo-inuline, inulénine, hélianthénine, synanthrine) et du saccharose prenant naissance en plus ou moins grande quantité. Ainsi s'expliquent les modifications de signe optique des jus et leur fermentescibilité après l'hiver. Il y a là des phénomènes complexes de maturation que Henri Colin n'a pu reproduire *in vitro*, mais que l'on ne saurait rapporter à l'action de simples diastases; ils sont presque nuls chez le Dahlia, s'observent manifestement, quoique d'une manière moins accusée, dans la Chicorée. — La présence cependant, dans le Topinambour, d'une inulase, capable d'hydrolyser la réserve glucidique, n'est pas contestable, puisque le suc du tubercule, porté à l'ébullition, ne possède plus cette propriété. L'action de l'inulase serait beaucoup plus rapide en présence de l'invertine de la Levûre, diastase qui, par elle-même, n'hydrolyse pas l'inuline, mais qui intervient simplement comme adjuvant ou peut-être comme co-ferment. L'inulase du Topinambour, d'ailleurs, ne serait pas aussi abondante ni aussi active que le prétendait Green.

Les recherches de Henri Colin sur les Graminées ont été poursuivies en collaboration avec H. Belval pour ce qui concerne les céréales, avec A. de Cugnac pour ce qui est des Graminées fourragères.

La lévósine, que Tauret a découverte dans les farines de Blé, d'Orge et de Seigle, est, d'après Colin, peu abondante à l'époque des moissons; elle l'est bien davantage antérieurement, tout de suite après la floraison, et son importance varie ensuite en raison inverse de celle de la réserve amyliacée. Chez le Blé et l'Orge, il subsiste de la lévósine jusqu'à dessiccation des grains et elle peut se retrouver dans les farines; chez l'Avoine, elle est tout à fait résorbée à maturité. — Avant la floraison, elle se rencontre à la base des chaumes; de là, elle passe dans l'épi; elle ne pénètre jamais dans l'embryon. Chez le Maïs, on ne rencontre pas de fructosanes; c'est le saccharose

qui, dans cette plante, accompagne, en proportions plus ou moins considérables, la réserve amylacée. C'est ce même saccharose que de Vries et tant d'autres ont pris pour des dextrines dans les Maïs à grains ridés; les théories de l'hybridation que ces auteurs ont édifiées en se basant sur la présence de ces composés perdent ainsi tout fondement. Le sécalose de Schulze et Francfurt ne serait qu'un produit impur, constitué principalement par un mélange de lévuline et de saccharose. — Le glucide lévogyre qui a été retiré des *Elymus* se rapproche beaucoup plus de la triticine que de la lévuline. Il résulte, en somme, que les 5 genres, *Triticum*, *Agropyrum*, *Hordeum*, *Secale* et *Elymus*, qui se suivent dans la classification, sont nettement lévulifères: le Blé, l'Orge cultivée et le Seigle renferment de la lévuline, le Chiendent de la triticine; l'Orge bulbeuse un oside différent de la lévuline, mais semblable sinon identique à la triticine; l'*Elymus* un corps analogue.

Sous l'action de la chaleur, les fructosanes brunissent et prennent une saveur sucrée; le pouvoir réducteur, nul au début, ne cesse de croître; la rotation tend à passer à droite. En même temps, la solubilité dans l'eau froide et l'alcool va croissant. Ces modifications ne sont pas les mêmes pour tous les fructosanes; l'irisine se montre la plus stable, alors que l'inuline et la graminine atteignent le terme des transformations.

A ces premières observations se rattachent les investigations de Henri Colin et de H. Belval sur la répartition du raffinose dans les différentes régions de la graine des céréales. Ce sucre se trouve exclusivement localisé dans l'embryon, dont il constitue, avec le saccharose, tout le contingent glucidique. Il n'y en a pas dans l'albumen qui renferme, par contre, la totalité de la lévuline. Dans les téguments, on ne rencontre ni raffinose, ni lévuline, mais seulement du saccharose en abondance. — Selon les espèces, on note encore les particularités suivantes: dans le Seigle et le Blé, la composition glucidique du germe est la même, la teneur en lévuline de l'albumen du Seigle étant cependant plus élevée; dans l'Orge, le raffinose est plus abondant

que le saccharose; les grains d'Avoine parfaitement mûrs ne renferment presque pas de fructosanes; enfin, ni dans le germe ni dans l'albumen du Maïs ou du Sorgho on ne trouve trace de raffinose, ce qui constitue un nouveau caractère différentiel, particulièrement net entre saccharifères et lévulifères. — Il est bon de faire encore remarquer que les céréales à raffinose et à lévuline élaborent surtout de la β -amylase, avant la germination principalement, tandis que le Maïs, le Riz, le Sorgho, céréales saccharifères, ne produisent nullement de l'amylase avant la germination, mais uniquement de α -amylase au cours de ce phénomène. Henri Colin ne voit pas pour l'instant les raisons de ces corrélations; il estime qu'il serait intéressant de s'assurer si elles se retrouvent dans d'autres Graminées, étant donné que, dans cette famille, la distinction entre lévulifères et saccharifères se montre bien tranchée.

Ces recherches sur les grains des céréales ont naturellement incité Henri Colin et H. Belval à se demander ce que deviennent les glucides dans les farines au cours de la fermentation panair et quelle était finalement la composition glucidique du pain. — Dans la farine de Blé, les glucides solubles représentent tout au plus 1 p. 100 de la farine, soit 0,10 à 0,15 de sucres réducteurs et le double environ de saccharose. Les analyses « quasi-officielles » sont effectuées de telle sorte qu'elles englobent sous le nom de saccharose tous les glucides solubles et saccharifiables, non seulement la lévuline mais aussi les pentosanes non précipitables par le plomb, les dextrines et même le maltose s'il s'en forme pendant l'épuisement. Elles trouvent ainsi dans les farines dégermées, blutées à 30 p. 100, 2 p. 100 de saccharose, presque dix fois plus qu'il n'y en a effectivement. Henri Colin a dosé les sucres par un procédé un peu long si l'on veut, mais sûr et exact. Il les extrait par l'alcool à 80° à l'ébullition, élimine l'alcool, défèque au mercure, mesure le pouvoir réducteur et la déviation polarimétrique, d'abord sur la liqueur telle quelle, puis après hydrolyse: 1° du saccharose par la sucrase; — 2° du maltose par la maltase du *Mucor* de distillerie; — 3° de la lévuline par chauffage de quelques minutes avec HCl à 0,05 p. 100.

Comment se comportent les constituants de la farine au cours de la fermentation panairé ? La farine, d'abord mise en pâte avec simplement de l'eau salée et abandonnée à une douce chaleur, produit du maltose, par hydrolyse de l'amidon, sous l'action de l'amylase β . Ni la lévuline, ni le saccharose se sont sensiblement hydrolysés dans ces conditions. La pâte étant ensuite additionnée de Levure pressée (1 p. 100 environ) lève rapidement; après demi-heure, à 30°, on ne retrouve plus de saccharose, mais, comme, dès ce moment, il y a déjà du maltose, on observe une augmentation simultanée du pouvoir réducteur et de la déviation polarimétrique. Au cours d'une nouvelle et dernière étape, dans un premier temps, la vitesse d'amylolyse l'emporte généralement sur la vitesse de fermentation, dans un deuxième temps, la fermentation prend de l'avance, le maltose diminue et, au bout de 4 heures, il ne reste plus guère que 0,6 et même 0,3 p. 100 de ce sucre. La quantité d'alcool croît à peu près régulièrement durant les 4 heures que dure la levée de la pâte; il s'en fait environ 0,9 p. 100. — Entrent d'abord en jeu, dans les processus de la fermentation, les sucres réducteurs et le saccharose contenu dans la farine, puis intervient le maltose produit par l'amylolyse. On voit de la sorte l'importance du maltose et avant tout celle de l'amylase qui préside à sa génération; de là la pratique qui tend à se généraliser d'ajouter de l'extrait de malt « aux farines telles que la meunerie les prépare désormais exemptes de germes ».

Dans le pain, les glucides solubles, par rapport à la grosse masse d'amidon, représentent à peine 1 p. 100 du poids sec. Il n'y a pas de saccharose. Dès sa préparation, la pâte ne cesse de s'enrichir en maltose; au début, elle renferme un mélange de maltose et de lévuline, à raison de 80 p. 100 environ du premier par rapport au second, mais le travail qu'elle subit avant la cuisson fait baisser la proportion de lévuline; à la cuisson, la chaleur pénètre lentement et progressivement dans les parties centrales protégées par la croûte, et, si la Levure ne résiste pas longtemps à l'échauffement, l'amylase, par contre, reste active jusqu'aux environs de 80°; la fermentation s'arrê-

te alors, mais l'amylolyse se poursuit engendrant de nouvelles quantités de maltose. — Normalement, le pain retient un peu de lévuline que l'on peut mettre en évidence par les réactions caractéristiques d'identité du lévulose, son produit d'hydrolyse.

Chez les Graminées fourragères, on retrouve les deux types de plantes qu'a permis d'établir l'étude des céréales: les lévulifères à fructosanes, représentées par la plupart des herbes des prairies, et les saccharifères, sans fructosanes, auxquelles se rattachent le Maïs, le Riz, la Canne à sucre, le Sorgho, etc... Cette division toutefois ne va pas strictement d'accord avec celles de la classification, puisque deux genres très voisins, que l'on considère même parfois comme ne formant qu'un seul genre, sont l'un, le g. *Bromus*, lévulifère, l'autre, le g. *Brachypodium* saccharifère. « Dans les Graminées annuelles, le glucide lévogyre ne joue qu'un rôle transitoire; à l'époque de la dessiccation, le chaume de même que les grains n'en renferment plus, sinon de très petites quantités. Dans les Graminées vivaces, à rhizome (*Agropyrum*), à tubercules (*Arrhenatherum bulbosum*), à pseudo-bulbes (*Phleum*) ou enfin à stolons hivernants (*Agrostis*), l'enrichissement en fructosides, dans ces divers organes, se poursuit pendant tout l'été. »

Chez les Liliacées, Henri Colin a étudié les fructosanes des Scilles avec H. Belval, ceux des Asphodèles avec C. Neyron de Méons. — On a généralement et pendant très longtemps donné le bulbe de Jacinthe comme exemple-type d'organes de réserve renfermant des dextrines, quoique Chevastelon, dès 1894, ait déjà fait remarquer que ces bulbes et divers autres bulbes de Monocotylédones contenaient une sorte d'inuline distincte de celle des Composées. En réalité, dans tous les *Scilla*, le glucide de réserve est un fructoside authentique, différant de la sinistrine ou scilline décrite par Schmiedeberg, par son pouvoir rotatoire, sa solubilité dans l'alcool faible, son poids moléculaire et ses produits de saccharification, fructose et glucose, engendrés dans le rapport de 1 à 6. — Selon les espèces, le fructoside est ou n'est pas accompagné d'amidon. Ainsi *Scilla nutans*, pal-

lida, *pratensis*, *campanulata*, très riches en fructosines, sont dépourvus d'amidon, tandis que *S. sibirica*, *amaena*, *bifolia*, *cilicica*, contiennent à la fois de l'amidon et des fructosanes. — Dans la Jacinthe des bois (*Scilla nutans*), la saccharification conduit à un mélange de lévulose et de glucose, ce dernier sucre représentant 3 p. 100 seulement du mélange. On s'explique difficilement la présence de ces faibles proportions de glucose dans les fructosanes et l'on se demande si le glucose ne s'y trouve pas préformé, uni au lévulose par une liaison osidique.

Le fructoside spécial trouvé dans les Asphodèles est rapidement saccharifié par le liquide fermentaire du *Sterigmatocystis nigra*; il est formé de fructose et de 1/5 environ de glucose. Il ne se rencontre que dans les rhizomes et les tubercules, jamais dans les feuilles qui renferment seulement du saccharose, du glucose et du lévulose. Les teneurs maxima s'observent après la végétation; il y a alors jusqu'à 8 parties d'asphodéloside p. 100 d'organes frais; les proportions de saccharose et de sucres réducteurs sont à ce même moment les plus faibles. A la fin de l'automne, le saccharose et les sucres réducteurs sont plus abondants et, au mois de mars, le suc des tubercules se montre nettement neutre, même dextrogyre, les réserves ayant été alors attirées et dégradées dans les bourgeons qui s'organisent.

Henri Colin a examiné les glucides des *Iris* avec A. Augem et J. Carles. Chez l'*Iris germanica*, on trouve l'amidon sans fructosane; chez l'*I. Pseudacorus*, de l'irisine sans amidon; chez l'*I. foetidissima*, de l'amidon et deux fructosanes autre que l'irisine. Dans tous les cas, les feuilles renferment seulement du saccharose et ses produits d'hydrolyse. — Mais le genre *Iris* comprend 160 espèces et, bien que, pour la plus grande part, elles n'aient pas été examinées au point de vue de leurs réserves glucidiques, on peut dire néanmoins qu'elles peuvent être rattachées à l'un ou à l'autre des trois types que représentent les trois espèces de la région parisienne: au type I (*I. germanica*) se rapporteraient une soixantaine d'espèces; au type II (*I. Pseudacorus*) à peu près autant; au type III (*I. foetidissima*), qua-

tre ou cinq espèces seulement. — D'autres part, on trouve chez certains *Iris*, par exemple chez *I. tingitana* et *I. orientalis*, d'autres fructoholosides qui se rapprochent beaucoup de ceux de l'*I. foetidissima* et qui forment une série dans laquelle vont croissant les solubilités, les teneurs en glucose, la fermentescibilité, le pouvoir rotatoire, tandis que les grandeurs moléculaires varient en sens inverse. — Avec l'histoire chimique des *Iris*, Henri Colin et ses élèves ont abordé et discuté des problèmes de la plus haute portée scientifique se rattachant aux possibilités de greffage et d'hybridation, à la systématique et à la phylogénie.

Les constituants glucidiques des Cryptogames.

Henri Colin avec certains de ses élèves, P. Ricard, E. Gueguen, J. Augier, M. Quillet, J. Payen, a fortement contribué à approfondir nos connaissances sur la composition glucidiques des Algues (des Phéophycées et Floridées principalement), de quelques Champignons et Cryptogames vasculaires.

Chlorophycées. — Il y a, chez les *Spirogyra*, de l'amidon, du saccharose, du glucose et du lévulose, comme il s'en observe dans toutes les cellules vertes quelle que soit la complication des organismes auxquels elles appartiennent. On trouve du saccharose encore chez les *Ulva*. Les *Codium* n'en renferment pas.

Cyanophycées. — Avec M^{lle} J. Payen, Henri Colin a examiné des *Rivularia* récoltés au voisinage de St Servan, au Croisic et dans les îles anglo-normandes. Ces Algues ont donné 5 à 6 p. 100 de matière sèche et la moitié de ces chiffres environ de cendres riches en magnésium. Elles ne possèdent ni saccharose, ni sucres réducteurs, ni mannitol, mais la liqueur d'extraction traitée par les acides dilués ou par la glucosidase α , à l'exclusion de la galactase α , se montre dextrogyre, réductrice et donne finalement les réactions du glucose, ce qui indique qu'elle entraîne du tréhalose. Ce sucre a pu être isolé à l'é-

tat cristallisé et a pu être identifié par la forme de ses cristaux en prismes orthorhombiques doués de biréfringence faiblement positive, grâce à sa saveur sucrée, à son pouvoir rotatoire égal à 177° en solution aqueuse. — En outre, par traitement à l'eau bouillante, le thalle des *Rivularia* livre une matière mucilagineuse qui provient surtout de la désagrégation de la gaine, qui se colore à peine par l'iode et paraît se rapprocher des pectines. Sa solution, dextrogyre, fournit par hydrolyse acide des sucres réducteurs qui conduisent à l'osazone de l'arabinose et du glucose. Par ces sucres réducteurs, elle s'éloigne de l'algine des Phéophycées; par les composés uroniques qu'elle renferme encore, elle se distingue de la gélose des Floridées.

Phéophycées. — Ces Algues contiennent à peu près toutes de la mannite et de l'algine; les grandes espèces possèdent de la laminarine, surtout en été; on trouve de petites quantités de fucose à l'état de fucosane chez les Fucacées.

L'algine est la substance qui caractérise chimiquement les Algues brunes. C'est une sorte d'acide, 100 gr. d'algine équivalant à 24,5 de SO_4H_2 . Elle est lévogyre (-134), non réductrice. Traitée à chaud par les acides étendus, elle se dissout en partie en donnant une liqueur réductrice et lévogyre. D'après Colin, l'hydrolyse sous pression à 130° , en présence de $\text{SO}_4\text{H}_2\text{N}/4$, reste incomplète et le produit d'hydrolyse est uniquement constitué par du glucose. L'algine donne la réaction des acides uroniques à la naphtorésorcine. Nelson et Cretched ont cherché à identifier ces acides: en traitant l'algine par SO_4H_2 concentré, ils sont arrivés à en tirer la lactone d'un acide qu'ils ont supposé être celui qui correspond au mannose. Aujourd'hui il est admis que l'algine des Algues brunes est uniquement constituée d'acide polymannuronique.

La laminarine serait, d'après H. Colin et P. Ricard, une espèce chimique bien définie, dont la formule de constitution correspondrait à $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ avec coefficient 6 ou 7. Elle est lévogyre ($-11,5$), soluble dans l'eau à 15° aux proportions de 21 p. 100, dans l'alcool à 60° , aux

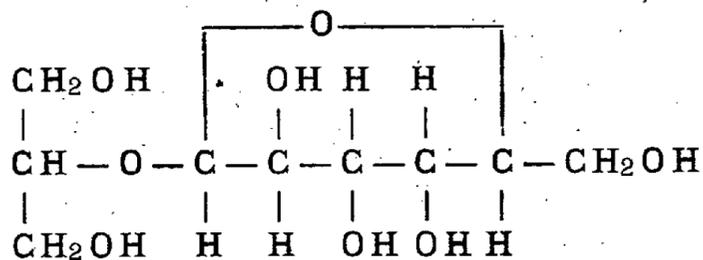
proportions de 16,5 p. 100. Elle donne par hydrolyse du glucose exclusivement. Les diverses diastases agissent sur la laminarine de manière assez imprévue: l'amylase et l'émulsine sont sans effet; la poudre fermentaire du *Sterigmatocystis nigra*, de l'*Aspergillus Orizæ* et de la graine de Luzerne poussent l'hydrolyse jusqu'à son terme; le suc d'Escargot est particulièrement actif; les préparations de sucrase attaquent aussi la laminarine et produisent sa saccharification complète.

Le fucose a pu être extrait à l'état cristallisé du *Pelvetia canaliculata*, petite Fucacée très commune qui croît en touffes sur les rochers, à la limite des marées montantes. Cent grammes de *Pelvetia* fraîche fournissent 1 à 2 gr. de fucose. Ce sucre serait accompagné, dans la plante, de d-dextrose et peut-être de mannose.

Floridées. — L'étude de ces Algues semble avoir particulièrement intéressé Henri Colin. Elle lui a d'ailleurs apporté des résultats à beaucoup d'égards remarquables; elle l'a conduit à la découverte d'un glucide d'un grand intérêt scientifique, le floridoside.

En 1915, Kylin retirait du *Rhodymenia palmata*, à l'état impur, quelques grammes d'un saccharide qu'il prit pour du tréhalose. Henri Colin reprenant l'étude de la plante, put en extraire en grandes quantités un produit qui ne présentait nullement les caractères de ce dernier sucre, mais ceux d'un composé tout nouveau. Il cristallise en prismes orthorhombique à réfringence nettement négative; il est dextrogyre avec pouvoir rotatoire égal à + 150°, et les liqueurs résultant de son hydrolyse laissent cristalliser du galactose tout en gardant en solution du glycérol. — Ce sucre se présente comme un *monogalactoside du glycérol*. Étant donné son pouvoir rotatoire élevé, son hydrolyse par l'extrait de Levure basse, à l'exclusion de l'émulsine, il est plus précisément un α -galactoside. La glycérine se trouve là dans une combinaison assez inattendue, puisque c'est sous forme d'esters d'acide gras qu'elle avait, jusqu'alors, été rencontrée dans les organismes. — Le floridoside, car tel est le nom qui a été

donné au nouveau sucre, renferme une molécule d'eau de cristallisation et sa formule peut dès lors s'écrire: $C_9H_{18}O_8 + H_2O$. D'autre part, le brome, en liqueur aqueuse l'oxydant difficilement et les *Acetobacter* n'y touchant pas, même ceux qui transforment aisément le glycérol en dioxyacétone, il paraît vraisemblable que le galactose est lié, dans la molécule, à la fonction alcool secondaire du glycérol comme l'indique la formule ci-dessous:



«Le floridoside vient à point combler une lacune; en fait d'hétérosides du glycérol, on ne connaissait guère, jusqu'à ses derniers temps, que le β -glucoside (glucose β +glycérol), préparé par Bourquelot et ses collaborateurs, au moyen de l'émulsine... De plus, un nouveau terme et non des moindres, poursuit Henri Colin, s'ajoute ainsi à la liste des α -galactosides d'alcools, méthyl-, éthyl-, propyl-, allyl-, éthylène-glycol galactosides, tous obtenus par synthèse en présence de Levure basse».

Tout porte à croire que le floridoside joue un rôle de premier plan dans la nutrition des Algues rouges. Ses proportions dans la plante varient avec la saison; elles varient aussi d'une année à l'autre. Ces variations semblent dépendre des conditions climatiques: les Algues récoltées dans les parages d'Ambleteuse, sur la côte boulonnaise, se montrent beaucoup moins riches en floridoside que celle du Croisic. Il a pu être extrait d'une vingtaine de Floridées marines, parmi lesquelles des *Furcellaria* et des *Halopithys* également riches en amidon. Il n'a pu être rencontré chez le *Polysiphonia fastigiata*; il y est remplacé par le d-mannoside du l-glycérate de sodium, corps de poids moléculaire 290 et répondant à la formule $C_9H_{15}O_9Na$. Chez les Floridées d'eau douce, chez le *Lemanea nodosa* par ex., le floridoside se montre accompagné de tréhalose; fait remarquable puisque ce

dernier sucre, si fréquent chez les Champignons, est ainsi apparu pour la première fois chez les Algues. Le *Sacheria fucina*, espèce voisine du *Lemanea*, renferme aussi du tréhalose.

On sait que, chez les Champignons, le tréhalose accompagne généralement le glycogène. Errera avait jadis certifié la présence de cette dernière substance chez les Algues, mais sans preuves suffisantes. Henri Colin, appliquant une méthode sûre lui permettant de reconnaître la formation de glucose aux dépens du glycogène, se trouve en mesure d'affirmer qu'il y a bien une vraie substance glycogénique à côté du floridoside et du tréhalose. Il est probable que le glycogène existe, ajoute-t-il, dans les Algues rouges.

La question du glycogène devait nécessairement amener Henri Colin à aborder celle de l'amidon floridéen, dont la coloration, sous l'action de l'iode, varie selon l'ambiance. Le plus souvent cette coloration est brune ou rougeâtre, mais, chez certaines Floridées, *Furcellaria*, *Polydes*, même *Halopithys*, elle est nettement bleue. — Henri Colin a examiné l'amidon du *Lithothamnion calcareum*, l'une de ces Floridées calcaires qui se prêtent assez favorablement aux recherches étant donné qu'elles sont bourrées d'amidon et se laissent facilement pulvériser. Cet amidon est biréfringent, mais ne présente pas le phénomène de la croix noire. Sous l'action de l'acide chlorhydrique dilué (pH = 3,5) au B. M. à l'ébullition, son hydrolyse est partielle; la liqueur devient réductrice et passe du brun-rougeâtre au violet. Avec l'amylase pancréatique, l'hydrolyse est plus complète, les granules amylicés disparaissent et la liqueur ne se colore que faiblement par le réactif iodé; avec l'amylase du malt, l'hydrolyse est un peu moins complète. La matière amylicée des Floridées se montrerait ainsi intermédiaire entre l'amidon proprement dit et le glycogène, plus proche semble-t-il de ce dernier.

Champignons. — Chez ces plantes, Henri Colin s'est occupé surtout des gelées de l'*Auricularia mesenterica* et de l'*Ithyphallus impudicus*. — La gelée d'*Auricularia* est insoluble dans l'alcool et dans

l'eau froide, difficilement soluble dans l'eau chaude. Elle est à base de mannose, mais contient aussi de l'arabinose et des acides uroniques. Celle de *Tremella mesenterica* aurait, d'après M. Quillet, une composition analogue. La cuticule, donne surtout du glucose par hydrolyse; on en a retiré aussi du tréhalose, un stérol et un tannoïde pyrocatéchique, mais pas de mannitol.

La gelée de l'*Ithyphallus* est bien différente; elle se dissout très facilement dans l'eau froide; elle est acide (pH = 4,4), franchement lévogyre ($[\alpha]_D = 78^\circ$); elle n'est pas réductrice. Du point de vue chimique, elle est essentiellement constituée par un acide polyuronique que M. Quillet a appelé « phalline » parce qu'il ressemble beaucoup à l'algine des Algues brunes; son glucide de base est l'acide glucuronique. Le mucilage se présenterait finalement comme le sel dipotassique de l'acide tétra-anhydro-glucuronique et son schéma quadratique de constitution serait très étroitement comparable à celui de l'acide tétra-anhydro-galacturonique α , isolé de l'hydratopectine de Betterave par F. Ehrlich.

Cryptogames vasculaires. — Seule la Prêle des champs a été examinée; Henri Colin n'a pu y décèler d'autres glucides que de l'amidon, du saccharose et ses produits d'hydrolyse.

Genèse des réserves amylacées.

Il ne s'agit pas à proprement parler de la genèse même de ces substances, mais de quelques questions connexes tendant à expliquer la présence à leur côté de certains glucides solubles. Par exemple, chez la Pomme de terre et les Graminées saccharifères, l'amidon est accompagné de saccharose et de petites proportions de sucres réducteurs, glucose et lévulose; on doit reconnaître que rien n'autorise à conclure, dans ce cas, que ces glucides solubles jouent un rôle direct dans l'amylogénèse. — Dans beaucoup de bulbes et de rhizomes de Monocotylédones, on trouve à la fois de l'amidon et des fructosanes en quantités variables selon les saisons. Chez les Scilles, c'est

l'amidon qui disparaît à la floraison; chez les Iris, c'est au contraire la réserve soluble. Chez les Graminées lévulifères, les lévulosanes n'existent qu'à l'état de traces au moment de la dessiccation des grains et ne paraissent jouer, auparavant, qu'un rôle tout à fait transitoire. Mais comment expliquer la présence, dans d'autres groupes, à l'intérieur des mêmes organes, même des mêmes cellules, de deux sortes de glucides de signe optique contraire: l'amidon à base de glucose, les fructosanes à base de lévulose? Il se pose là des problèmes tout nouveaux que l'on ne soupçonnait pas antérieurement, puisqu'on admettait que les parties solubles étaient constituées par des dextrines de réserve, très voisines de l'amidon. En tout cas, il est difficile d'affirmer que la présence des fructosides soit liée aux processus de l'amylogenèse.

L'amidon est accompagné de stachyose dans la plupart des graines des Légumineuses. Henri Colin, avec R. Franquet, a suivi la formation de ce sucre chez le Haricot. Le stachyose ne se trouve en quantités dosables ni dans les feuilles, ni dans la tige, ni dans les coses. Il se rencontre uniquement dans la graine où il atteint les proportions de 2 p. 100 au moment de la dessiccation des gousses. Il se résorbe très rapidement au moment de la germination. Il s'observe aussi dans les graines à peu près dépourvues d'amidon, de Soja et de Lupin par exemple. Il n'est pas possible d'assigner au stachyose un rôle quelconque dans l'amylogenèse.

La présence de maltose à côté de l'amidon pose des questions assez troublantes, ce sucre passant pour être proscrit du règne végétal. On l'a cependant découvert, ces dernières années, en proportions considérables dans trois Phanérogames bien distantes l'une de l'autre dans la classification: le *Mercurialis perennis* (Euphorbiacée), l'*Umbilicus pendulinus* (Crassulacée) et le *Bolbostemma paniculata* (Cucurbitacée). Dans les tubercules de cette dernière espèce, il y aurait, à l'automne, jusqu'à 7 p. 100 de maltose, alors que le taux de l'amidon, ne dépasse pas 12-14 p. 100. Comment expliquer la présence insolite du maltose? Proviend-il de la condensation immédiate du

glucose ou n'est-il que le produit de l'hydrolyse de l'amidon? Dans la première hypothèse, il s'agirait tout simplement de la phase initiale de la synthèse biochimique de l'amidon; mais, dans la deuxième hypothèse, pourquoi les dextrines qui sont les termes intermédiaires, font-elles complètement défaut?

Deux conclusions générales se dégagent de ces recherches sur la genèse des matières amylacées. En premier lieu se trouve condamnée la théorie d'après laquelle la synthèse de l'amidon répète en sens inverse les phases de l'hydrolyse. Tout comme l'amidon chlorophyllien, l'amidon de réserve se forme d'emblée, au dépens des sucres les plus simples sans qu'apparaissent des produits intermédiaires. En second lieu, toutes les transformations que subissent les glucides au cours de leurs migrations dans les diverses parties de la plante entrent dans les cadres de cette double proposition: « Toute accumulation, même transitoire, de matière hydrocarbonée, en un point déterminé, est corrélative de condensations qui tendent à diminuer la pression locale; inversement, toute évacuation de réserves glucidiques s'accompagne d'hydrolyses plus ou moins profondes. C'est l'énoncé de la loi de Maquenne ».

Recherches sur les diastases.

Les glucidases du *Botrytis cinerea*, forme conidienne du *Sclerotinia Fuckeliana*, ont fait l'objet des toutes premières recherches scientifiques de Henri Colin. Ce Champignon sécrète un grand nombre d'enzymes agissant sur de multiples saccharides, mais la présence dans le milieu d'un sucre donné ne suscite pas nécessairement la sécrétion du ferment correspondant, et le mycélium poussé sur du glucose n'en élabore pas moins de la lactase, de la maltase et de la saccharase. Du point de vue de leur diffusibilité, les diastases du *Botrytis* se divisent en deux groupes: les unes, par exemple la saccharase, se répandent dans le milieu de culture; les autres, telles la maltase, la lactase, sont endocellulaires. En ce qui concerne la spécificité,

Henri Colin s'est trouvé en présence de problèmes complexes que, dans l'état où se trouvaient alors nos connaissances, il ne lui a pas été possible de résoudre.

Au sujet des lois d'action de la saccharase et de la β -glucosidase, Henri Colin et M^{lle} A. Chaudun ont nettement démontré que l'hydrolyse diastasique dépend non de la valeur absolue de la teneur en sucre, mais des rapports des concentrations en saccharose et en ferment. Tout se passe comme si l'enzyme formait avec le sucre un complexe transitoire qui apparaîtrait presque instantanément pour se décomposer ensuite « avec une vitesse finie ». On ne peut dire si ce complexe correspond à une vraie combinaison chimique ou à un simple composé d'adsorption.

Henri Colin donne une explication de l'optimum de réaction, c'est-à-dire du maximum que présentent les courbes d'hydrolyse, en le rapportant à la réaction acide ou alcaline du milieu: le poids de sucre pour lequel la vitesse d'hydrolyse est la plus grande en présence d'une quantité déterminée de ferment, varie dans une large mesure avec le pH du liquide. Intervient la nature colloïdale du ferment. Les ions H, en zone acide, favorisant l'agglomération des micelles, diminueraient la surface active de catalyseur et abaisseraient la vitesse d'hydrolyse, bien que la stabilité du corps hydrolysable aille en diminuant. C'est par la très grande stabilité que prend, au contraire, le corps hydrolysable, en zone alcaline, à partir d'une certaine concentration en ions OH, que l'hydrolyse devient impossible. — L'action des différents facteurs qui contrarient ou empêchent l'inversion diastasique a été très exactement déterminée. La présence de glucose et de lévulose, de ce dernier surtout retarde l'inversion sans qu'on puisse dire exactement pourquoi. Les alcools, l'alcool méthylique particulièrement, la glycérine par sa viscosité, diminuent de manière notable la vitesse d'inversion; l'urée se comporte comme une base faible; l'aniline interviendrait en bloquant un groupement aldéhydique que posséderait la sucrase. Les sels des métaux lourds fixeraient l'enzyme en un complexe inactif et l'immobiliseraient ainsi en grande partie.

L'augmentation de la teneur en sucre amène une diminution de la vitesse d'hydrolyse par suite sans doute d'une plus grande viscosité du milieu, les micelles fermentaires, étant donné leur volume considérable, ne pouvant que se trouver gênées dans leur évolution. Avec les acides forts, HCl par exemple, l'inversion est toujours favorisée, sauf lorsque la dilution de l'acide est supérieure à N/500. Avec les acides faibles, au contraire, l'inversion est dans tous les cas paralysée avec la concentration. — La différence essentielle entre l'hydrolyse acide et l'hydrolyse diastasique réside dans ce fait, sur lequel Henri Colin insiste particulièrement, que l'allure du phénomène biochimique dépend non pas des concentrations en sucre et en diastase, mais du rapport de ces concentrations. Lorsque l'enzyme est en excès par rapport au saccharose, la vitesse décroît dès le début; lorsque c'est l'inverse, elle se maintient à peu près constante, tant que l'excès de saccharose n'est pas hydrolysé.

Ces considérations ont amené Henri Colin, avec M^{lle} A. Chaudun, à préciser les conditions dans lesquelles s'exerce l'hydrolyse acide. Il confirme d'abord les notions déjà acquises relatives au potentiel d'hydrolyse des divers acides. Son attention s'est ensuite portée sur l'influence des sels neutres et sur l'effet de concentration du milieu.

Quand il s'agit d'un acide faible, la présence de sels neutres abaisse la vitesse d'hydrolyse et cela paraît normal, le sel provoquant un recul marqué de la dissociation de l'acide. Quand il s'agit d'un acide fort, HCl par exemple, la présence d'un sel neutre, soit un chlorure, exalte le pouvoir hydrolysant, un facteur d'accélération devant, dans ce cas, compenser la diminution de vitesse corrélative au recul de dissociation. On peut, à cet égard, envisager trois cas. — Dans le cas, d'abord, où acide et sel ont l'anion commun (HCl et KCl par ex.), si la concentration en sel neutre est comprise entre N/10 et N/20, le rapport K'/K des constantes d'hydrolyse (K' étant celles de la liqueur témoin: saccharose à 5 p. 100 hydrolysé par HCl seul) est égal à l'unité, les deux effets de signe contraire étant égaux en valeur absolue; si la concentration est plus élevée, K'/K augmente; si elle est plus basse, K'/K va en diminuant. — Dans le cas où

acide et sel n'ont pas d'anion commun (HCl et KBr par ex.), le rapport K'/K ne descend jamais plus bas que l'unité, le sel, sans anion commun avec l'acide, n'exerçant aucune influence sur la dissociation de cet acide. — Dans le cas enfin où acide et sel n'ont aucun ion commun, il se produit alors des doubles décompositions régies par les lois concernant le partage d'une base entre deux acides. H. Colin et M^{lle} Chaudun ont déterminé le pouvoir hydrolysant d'un grand nombre de ces mélanges. — Relativement à l'effet de concentration du milieu, les deux savants ont fait ressortir toute l'inexactitude de la loi de Wilhelmy, d'après laquelle la vitesse d'hydrolyse serait rigoureusement proportionnelle à la quantité de sucre; ils ont démontré que d'autres substances telles que le glycérol ou le mannitol se comportent comme le saccharose, qu'il s'agit d'un effet de concentration pur et simple et que toute l'attention doit se porter, par conséquent, sur les variations de la teneur du milieu en eau libre.

A la suite des beaux résultats acquis par E. Bourquelot et ses élèves dans la synthèse des disaccharides, Henri Colin s'est demandé s'il n'y avait pas là de quoi établir une théorie générale de la réversibilité, étant données la complexité des poudres fermentaires et l'impossibilité de mettre en jeu un réactif diastasigène unique. La réversibilité, au sens plein du terme, exigerait que toute hydrolyse diastasiqne fût limitée, au moins quand les produits de la dégradation ne subissent, une fois libérés, aucune espèce d'isomérisation. Or un grand nombre de réactions sont totales. Rien n'est plus typique, à cet égard, que l'hydrolyse fermentaire du maltose. Elle est limitée en présence des extraits de Levure, complète sous l'action de poudres fermentaires de diverses Mucédinées. Serait-ce que la maltase de Levure diffère de celle des Moisissures ou manque-t-il à cette dernière l'agent de synthèse qui la rend capable de synthétiser le maltose aussi bien que de l'hydrolyser? Pour certains auteurs, le ferment qui préside à l'hydrolyse est distinct de celui qui effectue la synthèse; ces auteurs sont ainsi contre la théorie de la réversibilité.

Les recherches que Henri Colin a entreprises avec A. Sénechal, sur

les ferments oxydants ont consisté à comparer quelques systèmes oxydants à base de fer aux peroxydiastases naturelles, particulièrement à celle de la racine de Raifort, qui, d'après Willstäter, ne serait qu'un glucoside azoté contenant 0,5 p. 100 de fer dans ses cendres. Les conclusions de ces recherches sont fort nettes: il n'est pas possible d'attribuer à l'ion Fe^{+++} les propriétés peroxydasiques des sucs végétaux. Le fer, dans les sucs, se trouve masqué, uni sous forme de ferrioxalate, ferricitrate, etc., à des oxydes organiques faibles et ne donne pas, de la sorte, les réactions ordinaires du fer. S'il intervient dans l'action peroxydasique propre à la plupart des sucs végétaux, ce n'est pas en tant que Fe^{+++} . Il y a des composés ferriques organiques, tels que l'hémoglobine, qui sont doués de propriétés peroxydasiques plus ou moins énergiques, mais rien n'autorise à attribuer à l'action de composés semblables les propriétés oxydantes de la peroxydase du Raifort. Avec Gilberte Legrand, Henri Colin a montré que de nombreux Champignons supérieurs, des Russules et des Lactaires notamment, sont capables d'oxyder le mélange d' α -naphtol et de diméthylparaphénylène diamine (nadi) avec formation de bleu de naphtol. Cette réaction a été rapportée à une diastase spéciale, une indophénol-oxydase paralysée par HCN et H_2S , mais insensible à l'action de CO.

Recherches sur les matières pectiques et la membrane cellulaire.

A la suite des travaux de F. Ehrlich, il a été admis que la pectine de la Betterave à sucre offrait la composition que l'on peut ainsi résumer. Par traitement à l'eau chaude, la pulpe, préalablement desséchée, donne, en fait de matières saccharifiables, un mélange d'arabane et de pectate calco-magnésien. L'arabane est lévogyre et livre par hydrolyse de l'arabinose sans trace de galactose; il s'agirait d'une tétrarabane. Ce pectate est le sel calco-magnésien de l'acide pectique. Cet acide comprend 4 molécules d'acide galacturonique soudées entre elles, en chaîne fermée vraisemblablement, par des liaisons glucosidiques. Deux carboxyles de l'acide sont étherifiés par l'alcool mé-

thylique, les deux autres salifiés par la chaux et la magnésie. Une molécule de galactose et une d'arabinose sont fixées sur le noyau. D'après Ehrlich, la pectose de Frémy ou pectine insoluble serait composée de 20 p. 100 d'arabane et de 80 p. 100 de pectate. L'eau chaude la solubilise et l'hydrolyse en même temps en donnant la pectine soluble ou hydratopectine.

Henri Colin admet difficilement que le ciment intercellulaire, c'est-à-dire la lamelle moyenne des parois ait la composition que Ehrlich attribue à la pectine. Il base son opinion sur les différences qu'offrent les extraits aqueux successifs des pulpes végétales dessucrées, différences telles qu'il n'est pas possible de considérer les produits obtenus comme résultant de l'hydrolyse d'une seule et même substance. Il procède à la dépectination progressive de la pulpe de Betterave, d'une part, à l'eau chaude et à l'eau acidulée, d'autre part, à une dépectination diastasique en employant les poudres fermentaires de diverses Mucédinées, surtout celle du *Penicillium Ehrlichii*, et le suc d'Escargot. Dans tous les cas, il étudie les produits de dégradation, leurs proportions, leurs propriétés chimiques et optiques. C'est ainsi qu'il établit des caractères différentiels qui ne correspondent nullement à la composition de l'hydratopectine décrite par Ehrlich.

Pour ce qui concerne la constitution générale de la membrane cellulaire, on ne doit pas perdre de vue que les matières pectiques formant la lamelle moyenne se trouvent comprises entre deux parois celluloses à la limite desquelles il ne peut y avoir de séparation bien tranchée; il y a nécessairement une région intermédiaire que l'on a toutes raisons d'appeler pecto-cellulosique. L'arabane et le pectate du ciment intermédiaire ne sont pas étroitement combinés en proportions définies; ce ciment n'a pas nécessairement la même composition dans toute son épaisseur et l'on ne peut nullement tabler sur les réactions des matières pectiques pour affirmer qu'il se compose uniquement de ces substances. Celles-ci sont furfurogènes à divers degrés, mais les pentosanes le sont aussi et si elles livrent de l'alcool méthylique, le ligneux en fournit bien davantage. On carac-

térise aussi les matières pectiques par la coloration rouge tenace que leur confère le rouge de ruthénium, et l'on attribue (bien à tort) cette réaction à une combinaison des acides uroniques de la matière pectique avec un groupement basique du colorant, mais la gélose des Algues, tout à fait exempte d'acides uroniques, donne également la réaction; celle-ci se produit même avec la cellulose amenée à un certain degré de dégradation. — Chez l'*Helianthus annuus*, la moelle, qui en fin de végétation a perdu tout son contenu cellulaire et n'est plus représentée que par des membranes, donne 46 p. 100 d'acides uroniques; le seul constituant du ciment intercellulaire serait l'acide polyuronique, insoluble dans l'eau et l'alcool, se dissolvant, par contre, aisément, après déminéralisation, dans les solutions étendues d'alcalis et de carbonates alcalins. La moelle d'*Helianthus tuberosus*, légèrement lignifiée, ne contient que 23 p. 100 d'acides uroniques; son ciment intercellulaire se rapprocherait de la pectine typique telle qu'elle existe dans la Betterave. Les acides uroniques sont encore moins abondants dans les moelles plus lignifiées d'Armoise ou de Sureau.

Il faut plusieurs ferments pour hydrolyser l'hydratopectine, solution d'arabane et de pectate: une arabanase qui transforme l'arabane en arabinose, une pectinase qui attaque le pectate, enfin une pectolase et une pectolactonase qui agissent sur le noyau tétragalactourique.

C'est à l'arabanase que l'on rapporte la saccharification de l'arabane par le suc d'Escargot. Mais cette diastase n'a pu être isolée et l'on ignore quels sont ses rapports avec les autres ferments, quelles sont les substances sur lesquelles elle porte exactement son action.

On a appelé pectinase la diastase extraite par Bourquelot et Hérissey de l'Orge germée et qui donne des sucres réducteurs aux dépens non des pectines, comme l'on disait alors, mais de l'acide pectique. D'après la manière de voir de Ehrlich sur la composition des matières pectiques, la pectinase serait en réalité le ferment qui dédouble la pectine insoluble (pectose de Frémy) en ses deux constituants.

arabane et pectate. Henri Colin, pour éviter toute équivoque, avait proposé les termes de pectosase ou de pectosidase, mais ils n'ont pas été adoptés. Il est certain qu'on ne peut ranger ce ferment que parmi les osidases, étant donné que, sous son action, il apparaît au moins un groupement réducteur. Les processus de dépolymérisation des grosses molécules sont, en effet, toujours accompagnés de processus de saccharification. Dans l'hydrolyse de la pectose par le suc d'*Helix*, la saccharification va presque aussi vite que la dissolution et rien ne dit que l'arabinose et le galactose, fixés sur le noyau, ne soient pas arrachés, en partie du moins, avant que celui-ci ne passe en solution.

Les préparations obtenues à partir de certaines Moisissures, du *Penicillium Ehrlichii* spécialement, sont capables de s'attaquer au noyau uronique. Le suc d'Escargot donne à cet égard, les meilleurs résultats; c'est à ce suc qu'a eu recours Henri Colin. — La dégradation du noyau se fait en deux étapes. Dans la première, le noyau tétragalacturonique s'ouvre en un point, un groupe aldéhydique se trouve libéré pendant que, sur l'une des molécules disjointes, se produit une étherification interne par laquelle l'acide pectolique initial est transformé en acide pectolactonique. Dans une deuxième étape, il y a libération complète de 4 molécules d'acide uronique, au dépens de l'acide pectolactonique, et le milieu devient fortement réducteur. Une pectolase, d'après Ehrlich, préside à la première phase, une pectolactonase à la deuxième. — Henri Colin ne pense pas que l'on puisse rapporter à la pectolase la mise en liberté de l'arabinose et du galactose; il lui paraît aussi difficile d'admettre qu'une seule et même diastase décroche à la fois l'arabinose et le galactose. On n'a pas réussi jusqu'ici « à libérer l'un à l'exclusion de l'autre. Du point de vue fermentaire, l'hydrolyse du pectate apparaît ainsi fort complexe et soulève d'intéressants problèmes de spécificité ».

La pectase est ce ferment qui amène la coagulation des solutions aqueuses de pectines. Découverte par Frémy, elle a été plus tard étudiée par G. Bertrand et A. Mallèvre qui démontrèrent que la pré-

sence des sels de Ca, de Sr ou de Ba était nécessaire à la coagulation. D'après Fellenberg (1914), le phénomène serait accompagné d'une saponification comportant l'acidification du milieu et la mise en liberté d'alcool méthylique. Henri Colin s'est appliqué à rechercher les vrais rapports entre cette coagulation et cette prétendue saponification. L'acidification, résultant du départ de l'alcool méthylique, ne lui paraît pas être la cause de la coagulation, les acides ne gélifiant pas la pectine. La gélification serait-elle due au noyau uronique qui effectivement donne des gelées épaisses avec la chaux et la baryte? Il faudrait, dans ce cas, admettre que l'alcool méthylique, libéré par la pectase, est remplacé par la chaux, celle-ci étant elle-même empruntée à un sel quelconque (chlorure ou nitrate) avec mise en liberté de l'acide de ce sel en quantité équivalente. Henri Colin envisage d'autres hypothèses, par exemple celle de l'intervention de groupes acétyles, mais, ajoute-t-il, pour étudier le vrai mécanisme de la coagulation, il faudrait s'adresser à la pectine débarrassée d'acide acétique et cela ne lui paraît pas facile. Finalement, s'il est vrai que la pectase, en présence des sels calciques coagule le pectate sitôt saponifiés les groupements esters méthyliques, ce ferment doit être considéré comme une estérase et non rester dans la catégorie mal définie des coagulases.

Henri Colin, à qui tout l'intérêt et l'étendue de ces observations nouvelles n'avaient pas échappé, s'est efforcé de les vulgariser dans des périodiques techniques, et d'en extraire quelques notions dont la sucrerie tout particulièrement était appelée à tirer profit. Dans cette industrie, on a toujours considéré la pectine comme l'un des « non-sucres » des jus de diffusion. Cette opinion n'est nullement fondée, attendu qu'il s'agit, dans ce cas, de substances dont la quantité varie avec les différentes sortes de Betteraves, avec leur état plus ou moins sain, leur comportement dans les silos; attendu, d'autre part, que, si l'on constate la présence de matières furfurogènes dans les jus de diffusion ou la formation encore d'acide mucique, rien ne prouve que ces produits soient d'origine pectique. — Bien plus, les

seules réactions spécifiques des pectines sont celles des pectates et de l'acide galacturonique (réaction à la résorcine, décarboxylation; pour l'acide galacturonique particulièrement, formation d'un précipité rouge tuile sous l'action de l'extrait de Saturne à chaud); or, le jus de diffusion industrielle ne donne aucune de ces réactions, s'il est exempt de pulpes folles, s'il s'agit de Betteraves fraîches et si la température ne dépasse pas 65°. — Certains techniciens ont attribué aux pectines l'excès de sucre qui serait élaboré au cours de la diffusion. Henri Colin donne l'explication rationnelle de cette formation du « plus sucre ». L'arabane n'y est pour rien; seul le pectate entre en jeu. « Le chaulage, que l'on pratique pour la défécation, introduit du calcium dans la molécule du pectate en plus de celui qui s'y trouve déjà, ce nouveau composé est bien moins soluble que l'ester méthylique primitif, le pectate naturel; il se prend facilement en gelée et la chaleur favorise la déshydratation de ce gel, donc accélère la filtration ». On voit, de la sorte, que la défécation par la chaux n'est pas une floculation pure et simple comme le prétendent les techniciens, mais une opération complexe qui aide de diverses manières à la diffusion.

Recherches sur l'hérédité. Greffe et hybridation.

La question toujours pendante au sujet du greffage est celle de l'influence réciproque du sujet et du greffon. De nombreux auteurs se sont attachés au problème; il a été résolu le plus souvent par la négative. Henri Colin en greffant *Chenopodium Vulvaria* sur *Ch. album* n'a jamais pu constater chez ce dernier le passage de la triméthylamine, que *Ch. Vulvaria* élabore cependant en quantité notable. Ses plus importantes recherches ont porté sur l'association Soleil (*Helianthus annuus*) et Topinambour (*H. tuberosus*), le premier exempt d'inuline, le deuxième en possédant en abondance, non seulement dans les tubercules, mais aussi dans les tiges à l'exclusion toutefois des feuilles. Il est évident que l'inuline ne se retrouve pas dans la symbiote Soleil; elle passe néanmoins, mais, dès son passage, elle est

rapidement saccharifiée; à côté du bourrelet, en effet, on peut mettre en évidence de petites quantités d'inuline qui subsistent à côté du lévulose; à mesure qu'on s'éloigne de la soudure, les sucs tendent à reprendre leur composition normale. Les mêmes phénomènes s'observent, de manière plus manifeste, dans les greffes d'*Aster* sur *Artemisia*. La saccharification de l'inuline qui pénètre dans le sujet dépendrait de l'intensité de la circulation et de la teneur des tissus en inulase. *Artemisia annua* greffé sur Absinthe se montre bel et bien pourvu d'inuline.

En 1920, Henri Colin entreprit de longues expériences d'hybridation sur les Orges. Il croisa une Orge noire à barbes lisses (*Hordeum ciorynchum*) avec une Orge blanche à barbes rugueuses dite Orge Albert, expériences typiques d'hybridation où les parents diffèrent l'un de l'autre par deux caractères extérieurs bien évidents. L'analyse de la descendance fut poursuivie au delà de la 13^e génération. Sur 4 épis noirs fécondés par le pollen d'Orge Albert, on obtint, en F₁, 20 grains hybrides de couleur noire et rugueux (caractères dominants). La dissociation se poursuivit aux générations suivantes conformément aux lois de Mendel, sous certaines réserves toutefois tenant au fait que rugosité et couleur n'apparaissaient pas bien tranchées. En outre, les grains non ridés ou marbrés, les arêtes frisées, les barbes blanches sur épis noire, les épis penchés se sont montrés comme des particularités se rattachant purement et simplement à des fluctuations. En F₇, la descendance obtenue dans cinq régions différentes (Jardin des Carmes, Museum, Prébanne dans l'Indre, Bains-lès-Bains, Jersey) ne comprenaient que des épis noirs et rugueux. La couleur blanche n'était plus apparue dans la suite et Henri Colin croyait le type parfaitement fixé, lorsque, à la 13^e génération, il constata la présence d'épis lisses et, plus tard, des variations de couleur du noir au gris qui dépendaient vraisemblablement des conditions atmosphériques. Le rythme de la disjonction n'était finalement pas invariable d'une manière absolue.

Henri Colin a maintes fois essayé de croiser des Hélianthes viva-

ces, qui tous possèdent de l'inuline, avec des Hélianthes annuels qui n'en sécrètent pas. Ses succès, dans ces expériences, ont été attribués à l'incompatibilité du chimisme spécifique. Il a été également impossible de croiser les trois Iris de la région parisienne qui, comme les Hélianthes, offrent des différences quant à leur réserve glucidique. Mais on a fait valoir que ce qui s'opposait, dans ce cas, à l'hybridation résidait en réalité dans les divergences des caryotypes, *Iris germanica* possédant 12 chromosomes haploïdes, *Iris Pseudacorus* 17 et *I. foetidissima* 20. L'argument, cependant, manque de fondement puisque on a pu réussir à croiser des espèces nettement aneuploïdes, par exemple, *Iris pallida* à $n = 12$ avec *I. tectorum* à $n = 14$; ou bien *I. susiana* à $n = 10$ avec *I. Hoogiana* à $n = 22$; ou encore *I. iberica* à $n = 10$ avec *I. macrantha* à $n = 24$.

En tout cas, Henri Colin se garde de conclure que la différence de composition chimique puisse être un obstacle à l'hybridation. Tout dernièrement, des génétistes russes n'ont-ils pas réussi à croiser des Blés (*Triticum*) avec des Chiendents (*Agropyrum*), les premiers étant des plantes annuelles à lévagine, les seconds des plantes vivaces à triticine? Chez les Scilles, les fructosanes sont différents d'une espèce à l'autre; dans certains cas, les bulbes sont bourrés d'amidon, dans d'autres, ils en ont à peine. Colin n'a pu croiser la Jacinthe des bois avec la plupart d'autres espèces bien caractérisées; l'hybridation est facile, par contre, avec toutes les variétés campanulées horticoles, dépourvues d'amidon comme la Jacinthe des bois. Mais la question ne semble pas, par là même, résolue, étant donné que là où il y a eu succès de petites quantités seulement d'amidon accompagnent une grosse masse encore inconnue de fructosanes solubles.

Les hybridations chez les Betteraves, en raison même de l'importance économique de la question, ont été assez multipliées. Les croisements, dans une première série d'essais ont été effectués entre Betteraves cultivées, sucrières et fourragères, dans une deuxième série, entre plantes cultivées et plantes sauvages. Dans tous les cas,

Henri Colin a rigoureusement opéré par castration et en séquestrant étroitement les fleurs privées de leurs étamines. — La Géante blanche de Vilmorin, à 6,5 p. 100 de sucre, pollinisée avec la sucrière A à 13,5 p. 100 a donné, en F₁, un hybride ayant l'aspect et la structure du parent riche et renfermant 11 p. 100 de saccharose. La richesse moyenne des parents étant $\frac{6,5 + 13,5}{2} = 10$, il n'était pas possible de dire que la Betterave pauvre eût dans l'hybride supplanté la Betterave riche. — Dans une autre expérience, la Géante blanche, qui est plutôt une demi-sucrière, a été remplacée par une fourragère plus typique, la Géante de Vauriac. Les résultats, de cette manière, se sont montrés plus concluants, la richesse de l'hybride dépassant certaines années la moyenne des parents, et, dans tous les cas, les hybrides offrant nettement les caractères qui vont de pair avec la richesse: minéralisation réduite, faible teneur en N et P solubles, moindre degré d'hydratation, vascularisation serrée.

« Il est donc ainsi démontré, ajoute Henri Colin, de la façon la plus rigoureuse, qu'on ne risque pas de détériorer une Betterave riche en la croisant avec une autre de moindre qualité. La richesse en F₁ sera presque toujours supérieure à la moyenne des parents et parfois égale à celle du parent riche. On trouvera, dans la descendance, des individus aussi recommandables que ce dernier. En les isolant on en verra augmenter le nombre d'une génération à l'autre. »

Les croisements effectués entre Betteraves sucrières et Betteraves sauvages (*Beta maritima* ou *B. trigyna*) n'ont rien appris de plus, quant à l'hérédité de la richesse saccharine, que les croisements entre Betteraves cultivées. Pratiquement, les avantages acquis ont été suivis d'inconvénients majeurs. — La caryologie ayant fait connaître que *Beta maritima* n'est qu'une forme de *B. vulgaris*, à 9 chromosomes, et que l'espèce caucasienne *B. trigyna* possède 27 chromosomes, on pouvait espérer qu'en croisant ces deux espèces on obtiendrait une race polyploïde. L'expérience n'a pu être poussée plus

loin que l'hybride de première génération, qui s'est montré autostérile. Réussirait-elle, il n'est pas certain que les produits obtenus se fissent remarquer par leur taille et cela serait-il, on ne voit pas, fait remarquer Colin, ce que l'industrie pourrait y gagner, attendu que « les fabricants de sucre n'ont jamais cessé d'écarter les racines géantes et n'ont rien trouvé de mieux pour élever le rendement en sucre que d'augmenter la densité de la population. A moins que la polyploïdie ne mette fin à l'antagonisme entre la taille et la richesse saccharine. » — Henri Colin a essayé bien d'autres croisements, par exemple, entre *B. patellaris* d'une part, commune dans la région d'Agadir et de composition chimique bien différente de celle de *B. vulgaris*, et, d'autre part, des Betteraves sucrières et fourragères, ou encore *B. maritima* ou *B. trigyna*. Ces croisements n'ont pas réussi; Colin a attribué ces insuccès au climat, ayant remarqué que d'une année à l'autre, depuis 1932, date de la récolte de *B. patellaris*, le pouvoir germinatif des graines de cette plante allait en diminuant.

A cet égard, on peut rappeler les quelques observations que Henri Colin a eu l'occasion de noter relativement à l'action de l'ambiance sur la sélection. Il y a, c'est évident, des conditions de milieu qui rendent vaines toute sélection. Un terrain défavorable, mal aéré, suscite dès la première année des montées à graine, dans des proportions parfois assez élevées. La lumière favorise l'accumulation des principes dans les organes souterrains et s'oppose au développement des parties aériennes, contrairement à l'opinion des techniciens de l'Europe Centrale, qui prétendent que la Betterave, plante du Nord, préfère un ciel brumeux à la lumière vive. Henri Colin démontre que la récolte est toujours plus abondante en pleine lumière; qu'en lumière atténuée, les plantes apparaissent plus vigoureuses, mais que le rendement en pulpe est faible. La sécheresse est la pire des choses pour la Betterave; mieux vaut moins de lumière et davantage d'eau, mais si l'eau est en suffisance, la lumière ne peut qu'être favorable.

*Recherches sur diverses questions de physiologie
et de chimie végétales.*

Au cours de ses travaux, Henri Colin s'est trouvé en mesure d'enregistrer des notions, qui, bien que se plaçant en marge de ses recherches principales, n'en présentent pas moins un grand intérêt biologique. Il n'est pas possible d'en donner une analyse, même succincte, faisant ressortir toute leur originalité; il faut se contenter de simples indications.

Cherchant à obtenir un milieu nutritif dont la composition fût la plus favorable au développement du *Botrytis cinerea*, qui lui a servi à ses premières investigations sur les diastases, Henri Colin a attiré l'attention sur le rôle du magnésium, substance qui doit être ajoutée au liquide Raulin autrement qu'à l'état de traces, sur le rôle encore du potassium qui pousse au développement maximum, sur l'acidité enfin dont une dose minima est indispensable. Dans un autre travail, Henri Colin envisage la toxicité du cuivre sur le même organisme; elle est beaucoup plus prononcée que pour les autres Moisissures.

Avec J. de Ruz de Lavison, Henri Colin montre comment les métaux Ba, Sr, Ca cheminent dans la plante et dans quels tissus ils se localisent de préférence; avec A. Grandsire, il met en lumière les différences qu'offrent, par rapport aux feuilles vertes, les feuilles chlorotiques et les feuilles rouges quant à leur teneur en substances minérales (KOH, CaO, S, P) et en glucides (amidon, saccharose, glucose, lévulose); avec H. Belval, il explique la teneur élevée en saccharose du suc des plantes, en présence d'une acidité parfois assez forte, en faisant remarquer que, dans les liqueurs complexes que sont les sucs, les acides sont accompagnés de leurs sels, que leur pouvoir d'inversion se trouve, de ce chef, abaissé en même temps que la concentration du milieu en ions H, et cela dans une mesure qui dépend du rapport de l'acidité libre à l'acidité salifiée. — Les agronomes de Rothamsted prétendant qu'il existe des pentoses dans les feuilles de Betterave et de Pomme de terre, Henri Colin démontre, avec R. Fran-

quet, que s'il y a des pentoses dans ces organes, ils y représentent moins des trois centièmes du sucre total et que l'erreur des auteurs anglais doit être rapportée au fait qu'ils considèrent comme pentoses tout ce qui, dans les extraits alcooliques des feuilles, réduit la liqueur cupro-potassique après action des Levures ordinaires.

Dans le domaine de la microbiologie, Henri Colin a fait remarquer, avec E. Aubel, que pour la production du pigment bleu par le *Bacille pyocyanique*, l'asparagine et la peptone sont les sources d'azote les plus favorables, que les sucres, le glucose par exemple, empêchent la formation du pigment. Il note encore que la filtration des toxines, comme celle des diastases, est fonction de la réaction du milieu, que les produits filtrés en liqueur acide sont toujours considérablement affaiblis. Il étudie les conditions dans lesquelles peut être obtenue la stérilisation des liquides au moyen du gaz carbonique sous pression et le comportement de diverses espèces de Bactériacées dans ces conditions. Il donne la preuve que l'oxyde azoteux, en l'absence rigoureuse d'oxygène, est totalement dépourvu de pouvoir bactéricide, les stérilisations observées par Priestley à l'aide de l'air nitreux étant le fait de l'acide azotique qui se formait à la faveur de l'air humide provenant des cadavres des souris mises en expérience.

Avec O. Liévin et A. Chaudun, il a fait connaître quelques observations intéressant l'histoire générale de la chimie des sucres. Il a proposé, pour mettre en évidence par simple hydrolyse diastasique la nature α ou β du glucose en combinaison, une méthode n'offrant pas les inconvénients de celle de Armstrong et consistant à doser simultanément, par voie chimique et par voie polarimétrique, le glucose libéré au cours de l'hydrolyse, l'écart étant en faveur du polarimètre ou des méthodes chimiques selon que le glucose est de la forme α ou β . — Dans la mutarotation des sucres, il montre que le phénomène est accéléré sous l'action de doses de bases alcalines beaucoup plus faibles que ne le croyaient les premiers observateurs, Schulze et Tollens. Des liqueurs normales de NaOH ou de NH₃ diluées au cinq millièmes favorisent encore nettement la transformation du glu-

cose; avec le lévulose, il suffit d'une dilution au trois millième. Les bases fortes accélèrent la mutarotation plus que les faibles. Quant à l'influence des acides, elle est bien moindre que celle des bases et beaucoup plus complexe.

Ayant fait remarquer que la différenciation des cétooses et des aldoses par la réaction de Fenton ne se produit pas en atmosphère sèche, il propose de remplacer, dans cette réaction, les vapeurs de HBr par quelques gouttes de HCl fumant versées au fond d'une éprouvette et de faire arriver au-dessus du liquide un tesson portant une parcelle de la substance à analyser. — Au sujet du dosage des sucres aldehydiques par l'iode selon le procédé Bougault, Henri Colin, avec O. Liévin, insiste sur la nécessité de déféquer sévèrement, surtout quand il s'agit d'extraits de feuilles; encore trouve-t-on souvent des chiffres trop élevés, étant données de nombreuses incompatibilités des méthodes iodométriques.

Ajoutons enfin que Henri Colin a publié, pour le dosage polarimétrique des sucres, des tables à double entrée destinées à abrégé les calculs.

A maintes reprises, Henri Colin a eu l'occasion de développer ses idées relativement aux rapports du chimisme et de la classification. Il revendique pour la physiologie le droit de faire intervenir en systématique les données de la composition chimique pour une détermination plus étendue et plus exacte des affinités. Mais il voit les difficultés d'une telle méthode et souligne toutes les contradictions qu'elle ne manquerait pas d'entraîner. Si l'argument biochimique devenait dominant, il faudrait par exemple considérer comme très éloignés l'un de l'autre un *Brachypodium* et un *Bromus*, un *Agropyrum* et un *Triticum*, un *Endymion* et un *Scilla*, introduire encore des divisions génériques dans les *Iris*, ce qui serait difficilement acceptable. Il y a là matière à discussions depuis longtemps engagées et toujours ouvertes; l'on est aujourd'hui généralement d'avis que c'est vainement que l'on cherchera la solution du problème dans ce chimisme qualitativement et quantitativement variable des produits inertes du métabolisme.

Henri Colin a su s'entourer de laborieux disciples. Leur nombre dépasse la trentaine. Je me suis efforcé, sans y réussir assurément selon mes désirs, de faire la part de leur mérite, dans cette revue trop rapide et trop incomplète des travaux de leur maître. Celui-ci, grand animateur, a su leur inspirer le « feu sacré » ; il en a fait les héritiers de sa pensée et nous pouvons être assurés qu'ils resteront ardemment attachés à la recherche originale.

Par son activité personnelle et par toutes celles qu'il a stimulées autour de lui, Henri Colin prend rang parmi les plus célèbres phytophysiologistes des temps modernes. Il a eu vraiment le culte du travail et du travail bien fait. Il avait la passion de la découverte et tenait en aversion ceux qu'il qualifiait de livresques et les amateurs de publications trop hâtives. — Pieux serviteur de Dieu, fervent apôtre de la religion, plein des pensées de l'Au-Delà, il aimait à rappeler que nos heures sont comptées, toujours trop courtes, et qu'il fallait les bien remplir. Reconnaissant qu'on ne peut tout étudier, il professait qu'il est nécessaire, une fois choisie une spécialité, de s'y tenir et de la cultiver profondément pour en retirer les plus sérieuses et les plus fécondes moissons.

INAUGURATION D'UNE PLACE

PORTANT LE NOM

DE

HENRI COLIN

à BAINS-LES-BAINS (Vosges)

le dimanche 12 août 1962.

DISCOURS DE M. RAOUL COMBES

Membre de l'Académie des sciences.

A l'hommage qu'adresse aujourd'hui la ville de Bains-les-Bains, à la mémoire du grand biochimiste que fut le Chanoine Henri Colin, je viens associer l'hommage des membres de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

C'est en 1906 que Henri Colin vint à la Sorbonne. Il avait alors 26 ans. Il souhaitait y être initié aux méthodes de la recherche, et préparer une thèse de doctorat ès sciences sur un sujet de Physiologie végétale. Il entra dans les laboratoires du Professeur Gaston Bonnier et fit ses premiers pas vers la découverte sous la direction de ce maître et celle de son collaborateur Marin Molliard.

Quelques mois plus tard, poursuivant les mêmes buts, j'entrai moi-même dans ces laboratoires, et je fus affecté à la salle de travail où Henri Colin venait de commencer ses premières recherches.

Nous vécûmes pendant cinq années côte à côte, dans l'enthousiasme de jeunes garçons dont les rêves de découvertes scientifiques étaient en voie de réalisation. Nous reçûmes l'un et l'autre, à quelques mois d'intervalle, le grade de docteur ès sciences, et commençâmes ensemble des carrières de professeurs et de chercheurs qui devaient se développer parallèlement à Paris, conduire Henri Colin à la chaire de Physiologie végétale de l'Institut Catholique, et moi à la chaire de Physiologie végétale de la Sorbonne. Des liens d'amitié étaient nés entre nous; ils ne firent dans la suite que se resserrer davantage.

L'œuvre scientifique de Henri Colin est considérable et variée. C'est celle d'un biologiste aux conceptions d'un caractère essentiellement élevé, doublé d'un très habile chimiste.

Une grande partie de ses travaux a porté sur les composés sucrés élaborés par les plantes.

Dans ce domaine il fut le chimiste précis et adroit, qui sut isoler des végétaux de nombreux corps demeurés jusqu'alors inconnus, dont il fit connaître la structure chimique et les caractéristiques.

L'une des plus grandes joies de sa carrière lui fut donnée en 1930, quand il découvrit le principe sucré des Algues rouges. Lorsqu'il eut isolé le corps des tissus, et procédé à l'analyse, il constata qu'il s'agissait d'une espèce chimique appartenant à un type de corps sucrés jamais rencontré jusqu'alors chez les êtres vivants. Ce corps est maintenant connu dans les milieux scientifiques du monde entier sous le nom de floridoside, que lui donna Henri Colin.

Les principes sucrés complexes appartenant au groupe du fructose, les fructosanes, l'occupèrent pendant de nombreuses années. Il isola de diverses espèces végétales une série de représentants de ce groupe, et fit connaître leur structure.

Sa contribution à la connaissance du comportement des substances sucrées au cours de l'activité physiologique des plantes, fut d'une importance capitale à divers titres. Pour en apprécier la haute valeur il faut la placer dans le cadre des connaissances scientifiques de l'époque.

Les botanistes qui avaient étudié au siècle précédent la plante productrice de la majeure partie du sucre que consomme l'Europe, la betterave, avaient fait connaître que ce sucre se formait dans le tissu vert des feuilles, était aussitôt emporté hors de ce tissu, et allait s'emmagasiner dans le tubercule.

Quelques années plus tard, l'homme qui venait de créer la Physiologie générale, Claude Bernard, s'intéressa à ce problème. Il avait construit cette partie de la Science sur la notion d'existence de caractères communs aux animaux et aux végétaux. Pour découvrir les lois de la vie, disait-il, il est indispensable que soit entreprise une étude approfondie des caractères qui font que nous donnons à ces deux groupes d'êtres, apparemment, si différents, la même qualification de « vivants ».

L'une de ses plus grandes découvertes avait été celle d'une fonction nouvelle, localisée dans le foie des Mammifères, et consistant en l'élaboration par les tissus de cet organe, aux dépens d'un sucre simple, le glucose, d'un principe sucré complexe, voisin de l'amidon des plantes. Bernard donna à ce corps nouveau le nom de glycogène, pour rappeler que le foie, après l'avoir élaboré et accumulé, le ramène à l'état de glucose, et le libère dans le sang au fur et à mesure des besoins de l'organisme.

Lorsqu'il connut l'interprétation des botanistes sur la saccharogénèse chez la betterave, Claude Bernard eut l'impression qu'elle avait été établie sur des bases un peu fragiles.

Pénétré de la notion de communauté de caractères physiologiques fondamentaux entre les animaux et les végétaux; et rapprochant ce qu'il avait découvert sur le sucre du foie des Mammifères, de ce

qui paraissait se passer dans le cas du sucre du tubercule de betterave, il inclinait à penser que le saccharose de cette plante devait pouvoir se former directement dans l'organe même où il s'accumulait, comme cela se produisait pour le glycogène du foie.

La question lui paraissait si importante du point de vue de la Physiologie générale, qu'en 1875 il demanda à l'Académie des Sciences de consacrer un certain nombre de ses séances à l'examen des faits alors connus susceptibles d'apporter la lumière sur le problème posé.

Pendant plusieurs mois, l'Académie entendit et discuta les arguments que développèrent les hommes de Science les plus illustres de ce temps: le biologiste Louis Pasteur, le chimiste Marcelin Berthelot, le botaniste Pierre Duchartré et plusieurs de leurs confrères. Elle dut finalement reconnaître combien étaient décevants les résultats de ce long travail. Claude Bernard se vit dans l'obligation de clore les débats par un procès verbal de carence, constatant que l'état d'avancement de la Science ne permettait pas de formuler une conclusion acceptable sur la question étudiée.

Pendant les quarante années qui suivirent, l'étude de cette énigme ne fit pas de progrès sensibles.

Il était réservé à Henri Colin de faire la lumière sur le problème qui avait si fortement intéressé Claude Bernard et ses confrères.

En 1914, déjà spécialisé dans la recherche sur les substances sucrées produites par les végétaux, il aborde à son tour l'étude de l'élaboration du sucre chez la betterave, et grâce à ses hautes qualités de chimiste et de physiologiste, à son souci de la précision et du travail rigoureusement conduit, grâce enfin à sa tournure d'esprit qui le porte à examiner les problèmes sous tous leurs aspects: chimique, physiologique, morphologique, génétique, il va donner des réponses, non seulement aux questions qui intéressent les hommes de Science, mais aussi à celles que se posent les industriels producteurs de sucre.

En suivant minutieusement la formation et le devenir des sucres

dans la plante, par l'analyse de secteurs successivement prélevés de proche en proche dans les divers organes, depuis le limbe foliaire jusqu'aux régions profondes du tubercule, il parvient à préciser les étapes successives de la formation, de la migration et de l'accumulation du sucre, et il découvre là, au cours de son étude du cheminement du flux sucré et de son arrivée dans les premières couches cellulaires de la souche, l'existence d'une activité chimique restée jusqu'alors insoupçonnée.

Le sucre se forme bien dans les feuilles, et il s'accumule bien dans le tubercule, comme l'avait indiqué Aimé Girard, mais entre ces deux opérations, au cours de son voyage, les tissus font agir leurs agents de dégradation moléculaire, ils décomposent le saccharose et ce sont ses fragments qui parviennent à la souche. Là, dans les premières assises de cet organe, le chimisme est brusquement inversé et ce sont alors leurs agents de synthèse et ceux d'isomérisation que les tissus mettent en action; ils reforment du saccharose avec les fragments qui leur parviennent et ils l'accumulent progressivement.

C'est la connaissance de toute cette partie du chimisme du sucre qui manquait, en 1875, à Claude Bernard, à Duchartre et à leurs confrères de l'Académie des Sciences, pour comprendre le mécanisme de la saccharogénèse chez la betterave, la connaissance de cette extraordinaire succession de réactions antagonistes qui brasse les molécules, les décompose et les recompose.

Ils ignoraient que la betterave fabrique deux fois son saccharose: une première fois dans ses feuilles, à partir des éléments de l'eau, du gaz carbonique de l'air, et de l'énergie solaire, et une seconde fois dans son tubercule, en résolvant les fragments de molécules auxquels elle a réduit son premier saccharose.

C'est tout cela qu'a découvert Henri Colin, à partir de 1914. Et cette partie de ses recherches sur les sucres apparaît d'une portée particulièrement élevée du fait qu'elle atteint une phase du rôle de la matière dans le mécanisme de la vie qui est considérée à la fois

comme la plus secrète et comme la plus importante pour la connaissance de ce mécanisme.

Il suffit, pour s'en rendre compte, de se rappeler ce que sont actuellement les conceptions des biologistes sur la vie. Notre confrère André Mayer les a résumées d'une façon particulièrement remarquable dans son introduction au volume « La vie » de l'Encyclopédie Française.

« Les êtres doués de vie ont une stabilité de forme et de structure qui n'est qu'une apparence. L'arbre, ou l'homme, sont en réalité le siège d'un flux incessant de matière. Cet homme de 70 ans a absorbé depuis sa naissance douze millions de litres d'oxygène. Son organisme a été traversé par plus de 50 tonnes de matière, non pas traversé seulement: mais renouvelé.

« Son corps, et jusqu'aux parties apparemment immuables comme les os, a été bien des fois entièrement reconstruit. Des milliards d'atomes, à chaque instant, viennent pour quelque temps faire partie de lui-même, être tous ensemble lui-même, puis ils l'abandonnent et d'autres les remplacent.

« Les êtres vivants, leurs formes permanentes, sont des formes mouvantes. Dans ce monde qu'est un corps vivant, des millions de phénomènes se déroulent. Simultanément, ou successivement, se produisent en lui des mouvements, des transits, des courants électriques, des dégradations de molécules. Sans cesse ce monde est en cours de destruction; ces travaux mécaniques, physiques, chimiques, ont pour contre partie une dépense d'énergie; s'ils continuaient indéfiniment, le corps vivant subirait une véritable usure. *Le fait capital, caractéristique de la vie, est que cette usure se répare, que cette organisation, toujours en voie de démolition, est toujours en voie de reconstruction.* Comme elle a dégradé les molécules, utilisé leur potentiel chimique, elle refait des molécules par synthèse, reconstitue son potentiel ».

C'est bien ce flux incessant de matière, cette succession de dégradation et de reconstruction de molécules, que Henri Colin nous fait

toucher du doigt, lorsqu'il nous expose ce qu'il a vu quand il a étudié l'un des multiples mécanismes de la vie, celui de la saccharogénèse.

Pour cette belle série de découvertes, et l'ensemble de celles qui s'y rattachent, l'Académie des Sciences, à trois reprises successives, en 1912, en 1922, et en 1934, fit Henri Colin lauréat de l'Institut.

L'un des grands mérites de Colin fut de ne pas limiter son activité de chercheur exclusivement au domaine de la Science pure, et de l'étendre à celui des applications de la Science.

Au début de ce siècle, l'industrie sucrière des régions tempérées, basée sur l'exploitation de la betterave, commençait à connaître d'assez sérieuses difficultés. D'une part elle était dangereusement concurrencée par l'exploitation de la Canne à sucre en régions tropicales, d'autre part, les efforts de sélection qu'elle entreprenait en vue d'améliorer la betterave sucrière la conduisaient dans une impasse. Les sélectionneurs constataient qu'à mesure qu'ils élevaient la teneur en sucre des tubercules, le volume de ces derniers décroissait; de telle sorte que, lorsqu'un certain plafond était atteint, il devenait impossible de continuer à accroître le rendement en sucre à l'hectare.

Les travaux de Henri Colin sur le mécanisme de l'élaboration des sucres allaient bientôt les intéresser.

Colin avait poursuivi ses recherches et les avait étendues à l'étude des divers phénomènes de physiologie et de morphogénèse qui étaient concomitants de la formation du sucre, de façon à déterminer les relations pouvant exister entre les diverses activités de la plante.

Au cours de son étude, qu'il fit porter comparativement sur diverses races et variétés, il parvint à mettre en évidence l'existence de relations étroites et constantes entre les fortes productions de sucre et toute une série de caractères, tels que: la faible teneur des tissus en minéraux, la faible valeur du rapport du volume de l'appareil

foliaire au volume du tubercule, la structure serrée de l'appareil vasculaire de ce dernier.

Lorsqu'il constata ces divers faits de corrélation physiologique et morphogène, il pensa qu'il devrait être possible de baser sur leur existence une nouvelle méthode de sélection de la plante.

Quand les sélectionneurs de Betterave et les industriels du sucre, intéressés par ses premières publications, vinrent le consulter et lui demander de les aider à sortir des graves difficultés qu'ils rencontraient, sa réponse était toute prête. Il leur conseilla de modifier les bases de leur technique d'amélioration de la plante, de repartir de tubercules de volume moyen et d'organiser la sélection, non plus sur le plan limité de la plus grande richesse saccharine, mais sur celui, beaucoup plus étendu, des corrélations physiologiques qu'il venait de découvrir; et il accepta d'aider les techniciens à accomplir cette profonde transformation.

Les résultats ne tardèrent pas à confirmer ses prévisions. Ils eurent un grand retentissement dans le monde agricole et dans celui de l'industrie sucrière. En 1920 et 1930, deux prix lui furent attribués par l'Association des Chimistes de Sucrierie de France, et en 1935 il devenait Vice-Président de cette Société. En 1930 il était membre de l'Institut international de la Betterave; en 1932, membre du Conseil scientifique de l'Institut belge de la Betterave, et en 1935 il était fait Officier de la Couronne de Belgique. Et voici quelques phrases relevées dans l'un des discours prononcés au cours de la séance organisée par nos amis belges après sa mort, au Palais des Académies de Bruxelles:

« Peu d'hommes, affirmait M. Franz Baertz, de la Raffinerie de Tirlemont, auront en ce dernier quart de siècle, rendu à notre industrie des services aussi fondamentaux et aussi durables.

« Aujourd'hui nous comprenons mieux combien sa pensée dépassait nos préoccupations utilitaires. Aujourd'hui sa belle et noble figure de pur savant nous apparaît dans toute sa grandeur.

« Encore faut-il, pour mieux mesurer son génie, ne pas seulement

l'apprécier par le résultat de ses découvertes, mais par la façon même dont il les a conduites. Il y a dans ses travaux une suite logique, une telle unité, un enchaînement ininterrompu et en même temps une méthode scientifique si rigoureuse que notre esprit en demeure émerveillé.

« Il était juste que nous rendions grâce à cet incomparable serviteur de la Science et que nous nous recueillions avec ferveur devant la gloire de ce grand français qui a tant aimé notre pays ».

En ces quelques minutes je n'ai pu qu'effleurer l'œuvre scientifique de Henri Colin. On lui doit beaucoup d'autres travaux, notamment sur le chimisme spécifique des plantes dans les greffes, sur le rôle de ce même chimisme spécifique dans l'hybridation, sur les diastases, et sur bien d'autres sujets.

Peut-être vous donnerai-je une idée plus exacte de l'ampleur réelle de son œuvre si, après vous avoir entretenu, comme je viens de le faire, de trois ou quatre des études auxquelles il s'est livré, j'ajoute que la publication des résultats de l'ensemble de ses recherches a nécessité 350 publications, sous forme de notes, de mémoires, dans les grands périodiques scientifiques français et étrangers, et sous forme d'ouvrages de librairie.

Henri Colin fut élu membre de l'Académie des Sciences en 1937.

« Il a laissé parmi nous, a écrit notre confrère de l'Académie des Sciences, René Souèges, le souvenir toujours vivant d'un homme aimable, particulièrement bienveillant, d'une douceur et d'une simplicité extrêmes. Ceux qui sont allés vers lui pour demander aide ou conseil n'ont jamais pu lasser son dévouement, ni sa bonté.

Par son activité personnelle et par toutes celles qu'il a stimulées autour de lui, Henri Colin prend rang parmi les plus célèbres phytophysiologistes des temps modernes ».

Les hommes de Science ont besoin, pour accomplir leur tâche, que périodiquement, des mises au point soient faites de l'état présent de leur Science. Actuellement sont en cours de publication de

grandes encyclopédies scientifiques rédigées par des groupes internationaux de savants, où se trouve rassemblé l'essentiel des connaissances acquises à notre époque.

Pendant un certain nombre de décennies ces ouvrages seront utilisés comme bases de travail par les chercheurs de toutes nationalités, dont le rôle est d'assurer la progression des connaissances humaines. Ils serviront également aux professeurs chargés d'enseigner la Science dans les divers établissements d'enseignement supérieur du monde. Enfin ils seront utilisés dans l'avenir comme points de départ pour la rédaction de nouveaux ouvrages de même nature qui poursuivront à travers les siècles l'œuvre de documentation du monde savant.

Dès maintenant le nom et l'œuvre scientifique de Henri Colin, rédigée par des hommes de Science anglais et allemands, figurent en bonnes places dans l'un de ces ouvrages, la grande Encyclopédie de Physiologie végétale actuellement en cours de publication en Allemagne.

Ainsi, par le rayonnement de son œuvre scientifique, et aussi par l'activité de ses nombreux élèves, devenus à leur tour des maîtres, professeurs et chercheurs, qui poursuivent l'investigation scientifique dans les voies qu'il leur a ouvertes, le nom du biochimiste français Henri Colin sera transmis aux générations futures.

Ses confrères de l'Académie des Sciences sont reconnaissants à la municipalité de Bains-les-Bains d'avoir, de son côté, pris l'initiative d'assurer la pérennité de son souvenir dans la mémoire des habitants de cette ville, où il est né, où il repose, et à laquelle il était si affectueusement attaché.

