



Photo Henri Manuel

*Arnauz*

1853-1915

# Albert Arnaud

1853-1915

PAR V. HASENFRATZ

Sous-Directeur de laboratoire au Muséum.

---

C'est pendant la grande guerre que la mort est venue frapper Albert Arnaud, professeur au Muséum, titulaire de la chaire de Chimie appliquée aux corps organiques, dans laquelle, pendant quarante-trois années, se déroula toute sa carrière scientifique.

Albert Arnaud naquit le 16 février 1853, 175, rue Saint-Honoré, à Paris. Son père, John-Élysée Arnaud, né à Genève, appartenait à une famille fixée dans le département de l'Allier ; il était officier d'artillerie dans l'armée suisse lorsqu'il épousa Julie Weber, fille de Michel Weber, l'élève préféré du célèbre horloger Bréguet qui lui confiait les travaux les plus délicats.

C'est à Michel Weber que revint l'honneur de faire une montre destinée à la reine Marie-Antoinette, travail long et minutieux qui valut à son auteur une somme de 10.000 francs, véritable petite fortune à cette époque.

Grâce à l'appui et aux encouragements de Bréguet, Michel Weber fonda, à son tour, une maison d'horlogerie, rue Saint-Honoré, à Paris. Les affaires se développèrent rapidement ; Michel Weber, ne suffisant plus à sa tâche devenue de plus en plus lourde, fit appel à son gendre John Arnaud. L'ancien officier était mal préparé à ses nouvelles fonctions : les affaires se ralentirent et la maison périclita. A une période de grande prospérité succéda la série des jours difficiles, et la gêne prit place au foyer familial. La santé de John Arnaud fut fortement ébranlée par tous ces déboires : il mourut, jeune encore, laissant deux fils, Léon et Albert.

Les grands-parents Weber, leur fille Julie Arnaud et ses deux fils durent abandonner la rue Saint-Honoré et, après avoir habité successivement rue du Roule, rue de Rivoli, vinrent se fixer Chaussée du Maine, dans une modeste maison, entourée d'un petit jardin où les vignes et les abricotiers offraient leur verdure et leurs ombrages. La vie de la famille était difficile : Julie Arnaud, femme à la fois lettrée et artiste, dut s'employer à accroître des ressources devenues insuffisantes. Elle n'hésita pas à conduire, dans les musées, des jeunes filles qui profitaient largement de ses connaissances littéraires et artistiques, à ouvrir un atelier de fleurs artificielles, à donner des leçons de peinture et d'aquarelle.

Le professeur de dessin au Muséum, Redouté, qui appréciait le talent de Julie Arnaud, l'associa à la direction de son atelier. Par son énergie et ses aptitudes éclectiques, la mère d'Albert Arnaud put subvenir, modestement il est vrai, aux charges d'une famille de cinq personnes.

Les deux enfants, Léon et Albert, suivaient les cours du lycée Saint-Louis, où leur grand-père les conduisait chaque jour.

L'aîné, Léon, élève brillant en thème, se destinait à l'École normale supérieure. Sa mère était fière de lui et avait foi en son avenir. Hélas ! ces légitimes espérances devaient être brutalement anéanties : invité à dîner par un ami de la famille, le jeune Léon, pressé par le temps, s'habille en toute hâte, sort de chez lui en courant, monte sur l'impériale d'un omnibus et contracte une pneumonie double qui l'emporte en quelques jours, à l'âge de dix-sept ans. Le chagrin de M<sup>me</sup> Arnaud fut immense, ébranla fortement son moral au point qu'elle refusa de s'alimenter pendant plusieurs jours. A la même époque, son fils cadet Albert, âgé de douze ans, était terrassé par une scarlatine dont il ne se guérit que lentement après une longue convalescence. De nouveaux malheurs allaient encore s'abattre sur Julie Arnaud : successivement son père, usé par l'âge, mourait sans douleur comme une lampe qui s'éteint et sa mère, à son tour, était emportée par une péricardite.

A la suite de ces deuils successifs, Julie Arnaud vint s'installer dans un petit appartement de la rue du Cherche-Midi avec son fils Albert et une fidèle servante qui la seconda avec le plus grand dévouement.

Albert Arnaud reprit ses études avec tous les ménagements qu'exigeait sa santé encore délicate ; il était sur le point de passer son baccalauréat lorsque la guerre de 1870 éclata. Cette période troublée n'était guère favorable aux études. Pendant le siège de Paris, les restrictions de nourriture, l'obligation de manger de la viande de qualité douteuse, voire même des tripes de cheval, agirent fâcheusement sur la santé fragile d'Albert Arnaud : il contracte la variole et se trouve en danger de mort. Cette seconde maladie provoque un nouvel arrêt de ses études et lui enlève toute possibilité de passer le concours d'entrée de l'École navale à laquelle il se destinait. Découragé, le jeune Albert se refuse désormais à toute préparation d'examen. Il se laisse alors entraîner par son goût pour les sciences expérimentales, notamment pour la chimie. La lecture des traités de chimie l'intéresse au plus haut point et éveille en lui le désir de réaliser les expériences qui y sont décrites. Arnaud installe un laboratoire rudimentaire dans le petit cabinet de toilette de l'appartement familial et, sans aucune aide, prépare l'oxygène, l'hydrogène, etc., s'exerce à isoler les constituants de mélanges complexes préparés par lui et acquiert ainsi cette habileté expérimentale qu'il ne cessera de développer au cours de sa carrière de chimiste.

M<sup>me</sup> Arnaud révéla les excellentes dispositions de son fils pour la chimie à un ami de longue date, Élie de Beaumont, alors secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, qui s'empressa de signaler Arnaud à l'attention de son illustre confrère Chevreul, professeur au Muséum. Celui-ci convoqua le jeune homme et, pour l'éprouver, lui confia une analyse délicate. Arnaud triompha des difficultés, fournit des résultats exacts et fut admis, en 1872, à travailler dans le laboratoire de l'illustre chimiste. Le nouvel élève de Chevreul allait enfin pouvoir développer son goût pour la chimie ; malheureusement sa nouvelle situation

n'avait aucun caractère officiel et ne comportait aucun traitement. Par bonheur, Chevreul, après de nombreuses démarches, obtint du ministère la création d'un poste de préparateur qu'il confia à son jeune élève. Le traitement modeste accordé au nouveau fonctionnaire fut un peu amélioré grâce à Cloez, aide-naturaliste de Chevreul, qui fit nommer Arnaud préparateur du cours de chimie professé par Riban à l'École des Beaux-Arts. A cette fonction peu absorbante se joignait celle d'interrogateur de chimie au collège Chaptal.

Les difficultés de tous ordres rencontrées par Arnaud pendant sa jeunesse avaient trempé son caractère et suscité en lui une énergie qu'il mit au service de la recherche scientifique. Excellent analyste, il s'orienta dans la voie difficile de l'analyse immédiate appliquée aux êtres vivants. Pour explorer ce domaine ingrat, il faut beaucoup de sagacité et de persévérance : Arnaud avait ces qualités. Les découvertes réalisées par lui dans la série des principes immédiats se succédèrent rapidement et appelèrent l'attention des chimistes contemporains.

Chevreul appréciait hautement les travaux de son préparateur, aussi le désigna-t-il, en 1883, au poste d'aide-naturaliste devenu vacant à la mort de Cloez. C'était pour Arnaud à la fois une récompense et une amélioration notable de sa situation matérielle. Il pouvait dès lors apporter quelque bien-être à sa mère, que l'âge rendait moins valide. Cette période de bonheur relatif devait être de courte durée : au bout de deux années, une crise cardiaque enlevait la mère à l'affection de son fils, alors que la joie éclairait de ses rayons la vie de deux êtres qui s'aimaient.

Pour atténuer sa douleur, Arnaud se replonge avec ardeur dans sa vie de laboratoire. En 1887, l'Académie des sciences lui accorde le prix Jecker, qu'il partage avec Haller et, en 1888, elle le place en seconde ligne sur la liste des candidats à la succession de Debray.

Arnaud consacrait tout son temps au travail de laboratoire ; seules les fêtes du centenaire de son maître Chevreul, célébrées en 1886, l'obligèrent à sortir de la réserve où le tenaient sa modestie et son amour de la science. En 1889, Chevreul était victime de l'inexorable fatalité qui l'avait épargné jusqu'à l'âge de cent trois ans : la chaire de chimie appliquée aux corps organiques devenait vacante. Arnaud posa sa candidature à la succession de son vénéré Maître ; il eut pour concurrent son collègue et ami Léon Maquenne, aide-naturaliste à la chaire de Déhérain.

Arnaud, dont les travaux avaient été spécialement remarqués par Pasteur, trouva en celui-ci un défenseur acharné ; Léon Maquenne eut l'appui de Berthelot. La lutte pour la succession de Chevreul fut en réalité celle de Pasteur et de Berthelot : c'est Pasteur qui triompha. Arnaud, présenté en première ligne par les professeurs du Muséum et par l'Académie des sciences, fut nommé, en 1890, professeur de la chaire de Chimie appliquée aux corps organiques. Quelques années plus tard, son concurrent et ami Léon Maquenne était, à son tour, nommé professeur de physique végétale au Muséum, en remplacement de Georges Ville, décédé.

Peu de temps après sa nomination, Arnaud, par l'intermédiaire du célèbre chimiste Schützenberger, fit la connaissance de Jost, inspecteur général de l'Instruction publique. M<sup>lle</sup> Jost, jeune fille très distinguée, ayant fait des études littéraires approfondies et possédant parfaitement plusieurs langues étrangères, devint la compagne du jeune professeur.

Arnaud trouva en sa femme une collaboratrice éclairée et dévouée, qui lui apporta une aide précieuse dans la traduction des mémoires étrangers qui pouvaient l'intéresser. M<sup>me</sup> Arnaud fut aussi une mère modèle, qui sut élever dignement quatre fils et une fille.

Arnaud partagea alors sa vie entre le laboratoire et les siens, donnant à l'un ses meilleures pensées, aux autres toute son affection. Il sut concilier avec un rare bonheur les devoirs du savant et les charges qu'impose une grande famille : le bel équilibre qu'il parvint à réaliser mérite notre admiration. D'une haute conscience, d'une droiture exemplaire, jamais Arnaud n'aurait consenti à négliger les devoirs qui lui incombaient.

Depuis plus de vingt années, Arnaud se rendait régulièrement au laboratoire installé dans les dépendances du grand amphithéâtre du Muséum. Or, en 1894, la chaire de chimie inorganique du Muséum disparaissait à la mort de son titulaire Frémy. Les locaux du 63, rue de Buffon, réservés à cette chaire, furent alors affectés au service de la chimie organique. Le nouvel emplacement était vaste ; mais l'outillage qui s'y trouvait n'était guère adapté à l'étude des principes immédiats. Arnaud y installa les appareils mécaniques qui faisaient défaut et, par des efforts soutenus, parvint à organiser un des laboratoires les mieux outillés pour la chimie extractive. Il trouva dans l'accomplissement de cette lourde tâche une aide efficace de la part de Léon Bourgeois, qui fut, de 1890 à la mort d'Arnaud, l'assistant de la chaire, et de Gabriel Bertrand qui, de 1890 à 1900, en fut le préparateur. C'est au laboratoire d'Arnaud que Gabriel Bertrand fit les débuts de sa carrière scientifique et exécuta les travaux si importants qui devaient assurer les succès que l'avenir lui réservait. Gabriel Bertrand, aujourd'hui membre de l'Institut et professeur à la Faculté des sciences de Paris, est, sans conteste, un des représentants les plus éminents de la chimie contemporaine. A Arnaud revient la gloire d'avoir appelé dans son laboratoire celui dont le nom fait honneur au Muséum et à la Science française.

Le soin que prenait Arnaud à la direction de son service absorbait une notable partie de son temps ; la préparation de ses leçons, fréquemment remaniées et complétées, s'échelonnait sur quatre mois de l'année. Il avait un souci extrême de la bonne marche de son laboratoire, surveillait l'utilisation des crédits alloués au service et se tenait en relations fréquentes avec le personnel et les travailleurs du laboratoire.

Les rapports d'Arnaud avec ses collaborateurs furent empreints de la plus aimable cordialité ; toujours disposé à seconder leurs efforts, il mettait à leur disposition les moyens matériels nécessaires et leur apportait, avec la meilleure bonne grâce, ses conseils éclairés. Pendant les quinze années vécues aux côtés d'Arnaud, dont je devins le préparateur après le départ de Gabriel Bertrand, j'eus le grand privilège de bénéficier de cette atmosphère sereine qu'il créait autour de lui et de profiter, à la fois, de son enseignement et de sa grande expérience. Aussi est-ce avec une profonde émotion que je tiens à exprimer ici toute ma reconnaissance affectueuse pour celui qui fut mon Maître et dont je conserve un souvenir que les années ne sauraient altérer.

Malgré ces multiples occupations, Arnaud consacrait encore de longues journées à ses travaux de recherches. Le succès couronnait parfois ses efforts ; bien souvent des difficultés l'arrêtaient. Arnaud, loin de se laisser abattre, renouvelait les expériences et, avec une ténacité admirable, s'acharnait à vaincre la nature qui défendait jalousement son secret.

Les travaux d'Arnaud ont été traités avec une telle minutie que bien peu d'entre eux ont été complétés depuis sa mort. Leurs lacunes, discernées par Arnaud lui-même, et qu'il s'efforçait de faire disparaître, ne sont pas encore comblées.

L'effort considérable d'Arnaud ne fut pas sans provoquer une fatigue dont il se ressentit tout particulièrement pendant les dernières années de sa vie. Sa démarche s'alourdit, et c'est d'un pas pesant, le regard dirigé vers le sol, qu'il venait au laboratoire accomplir son devoir quotidien. Cette lassitude générale avait pour origine l'affaiblissement de son cœur. Il lutta longtemps, mais en octobre 1914, ne pouvant plus remplir sa tâche, il sollicita et obtint un congé de six mois.

Les derniers mois de la vie d'Arnaud furent particulièrement pénibles. Les forces du malade déclinaient progressivement, et son moral était soumis à une dure épreuve. C'était la période angoissante de la guerre : trois des fils d'Arnaud étaient sous les drapeaux ; l'un d'eux, Jean, élève de première année à l'École militaire de Saint-Cyr, à peine arrivé sur le front, avait été fauché par la mitraille à Maurupt-le-Montois (Marne), le 7 septembre 1914, à la tête de la section qu'il commandait.

Ces terribles secousses hâtèrent la fin du savant : une dernière crise cardiaque l'arracha à l'affection des siens et de ses amis. Selon ses dernières volontés, ses obsèques furent empreintes de cette modestie qui fut le caractère de sa vie entière. Seuls, sa veuve, ses enfants, quelques collègues et amis se trouvèrent rassemblés dans la chapelle du Père-Lachaise et, tandis que le feu consumait le corps du regretté disparu, le pasteur Wagner retraça, avec une émotion qui ajoutait encore à la douleur de tous, la belle vie de droiture et de labeur du grand homme de cœur, du grand savant qui, pendant toute sa carrière, fut le fidèle serviteur du Devoir et de la Science.

\* \* \*

L'œuvre scientifique d'Arnaud est remarquable par l'unité de méthode qu'elle révèle. Élève de l'illustre Chevreul qui avait magistralement élucidé la composition des matières grasses si répandues dans les êtres vivants, Arnaud fut, dès le début de sa carrière, sollicité par la recherche de ces substances contenues dans les organes animaux et végétaux, et qu'on désignait sous le nom de principes immédiats.

Les découvertes dans ce domaine avaient pris un essor considérable dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle et avaient abouti à l'isolement de principes nouveaux provenant de végétaux les plus divers. C'est ainsi que, pour la première fois, des composés naturels appartenant au groupe des alcaloïdes furent extraits de l'organisme végétal : morphine, nicotine, strychnine, etc. Avec l'enthousiasme d'un néophyte, le préparateur de Chevreul s'orienta vers la recherche de principes immédiats encore inconnus : tâche difficile entre toutes, mais que l'habileté expérimentale d'Arnaud lui permettait d'affronter. L'exposé qui va suivre montrera qu'il réussit parfaitement dans cette voie.

*Recherches sur les alcaloïdes des quinquinas.* — La première découverte d'Arnaud eut pour origine l'étude systématique des alcaloïdes des quinquinas, à laquelle il consacra

plusieurs années d'efforts. Il mit au point des méthodes de dosage des divers alcaloïdes contenus dans les principales espèces de quinquinas : *Cinchona calisaya* de Bolivie, *Cinchona succirubra* de l'Équateur, *Cinchona lancifolia* de Colombie, *Cinchona pitayensis*, dans lesquels la cinchonine, la cinchonidine et la quinidine se trouvent associées à la quinine. Arnaud ne tarda pas à devenir un maître dans l'analyse des quinquinas. Au cours de ses recherches, il eut à examiner des échantillons de nouveaux quinquinas d'origine colombienne, désignés sous le nom de *Cuprea*. L'étude botanique a révélé que ces *Cuprea* n'appartenaient pas au genre *Cinchona*, mais devaient être rangés dans le groupe des *Remijia*. Dans la plupart des *Cuprea* analysés, Arnaud retrouve la quinine identique à celle qu'on rencontre dans les *Cinchona*.

Par contre, cette même quinine était absente dans les échantillons du *Remijia purdieana*. Arnaud y décèle, à côté de la cinchonine bien connue, un alcaloïde, soluble dans l'éther, différant par ses propriétés de tous les alcaloïdes des quinquinas alors décrits.

Par le traitement de quantités importantes d'écorces de *Remijia purdieana*, Arnaud réussit à obtenir le nouvel alcaloïde cristallisé, la cinchonamine, de formule  $C^{19}H^{24}N^2O$ . Ce produit est donc un isomère de l'hydrocinchonine déjà signalée parmi les alcaloïdes des quinquinas. Cinchonamine et hydrocinchonine sont nettement différentes : la première est oxydée facilement par le permanganate de potassium, alors que la seconde, traitée dans les mêmes conditions, reste inaltérée.

La cinchonamine se comporte comme une base : elle se combine aux acides pour former des sels cristallisés. Parmi ces derniers, il convient de signaler particulièrement l'azotate, à peu près insoluble dans l'eau acidulée. Cette propriété est en opposition avec la grande solubilité de la presque totalité des nitrates. L'insolubilité du nitrate de cinchonamine fut mise à profit par Arnaud, dans la recherche qualitative et la détermination quantitative des nitrates dans les plantes et dans les eaux naturelles. Nous citerons, à ce propos, l'expérience curieuse qui consiste à plonger des tiges d'ortie ou de pariétaire dans une solution de chlorhydrate de cinchonamine, légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique. Peu à peu, on voit apparaître en différents points de la tige des cristaux aiguillés, disposés en houppettes et constitués par du nitrate de cinchonamine formé aux dépens des nitrates contenus dans les plantes soumises à l'expérience.

Les recherches d'Arnaud dans la série des alcaloïdes des quinquinas furent continuées, en collaboration avec Grimaux. Elles mirent en lumière les rapports chimiques entre la quinine et la cupréine, alcaloïde extrait du *Remijia pedunculata*. Traitée par du chlorure de méthyle, en présence de méthylate de sodium dissous dans l'alcool méthylique, la cupréine se transforme en quinine. Pour la première fois, une synthèse partielle de la quinine était réalisée et démontrait d'une manière incontestable que la quinine est le dérivé méthoxylé de la cupréine.

Généralisant leur méthode, Arnaud et Grimaux fixèrent sur la molécule de la cupréine des homologues du radical méthyle et préparèrent ainsi d'autres bases nouvelles, introuvables dans les plantes : ce sont la quinéthylène, la quinopropylène, la quino-isopropylène et la quinamyline.

*Recherches sur les matières colorantes des feuilles.* — A la demande de son maître Chevreul, Arnaud étudie les procédés indiqués par les auteurs pour l'extraction des matières colorantes contenues dans les feuilles. Afin d'éviter toute modification dans la composition chimique de ces substances sous l'action simultanée de la chaleur, de l'eau et de l'oxygène, Arnaud sèche les plantes dans un appareil spécialement construit d'après ses indications. La dessiccation a lieu à froid, dans le vide, en présence d'acide sulfurique : dans ces conditions, les matières colorantes se trouvent préservées de toute altération. Arnaud constate que l'action des dissolvants, sur les plantes ainsi séchées, varie avec la nature du dissolvant employé. C'est ainsi que le sulfure de carbone, en contact avec les feuilles d'épinard, prend, tout d'abord, une teinte rose qui devient rouge, ternit ensuite pour aboutir finalement à un vert plus ou moins foncé. En substituant la ligroïne au sulfure de carbone, le solvant prend une teinte dont l'intensité croît pendant une dizaine de jours, mais dont la couleur reste orangée.

De ces observations, Arnaud conclut à la présence, dans les feuilles d'épinard, à côté de la chlorophylle, d'une matière colorante rouge non encore signalée. Il réussit à en isoler quelques grammes sous forme de belles aiguilles, rouges par transparence, bleu d'acier par réflexion. Cette substance, très altérable, se décolore peu à peu au contact de l'air et fixe une quantité d'oxygène qui peut atteindre 25 p. 100 de son poids.

Zeiss avait extrait de la carotte cultivée une matière colorante rouge : la carotène, Arnaud traite lui-même plusieurs centaines de kilogrammes de carotte, en isole le principe coloré et démontre que la carotène est un hydrocarbure de formule  $C^{26}H^{38}$  ne renfermant pas d'oxygène, contrairement à l'opinion de Husemann. Arnaud établit l'identité de la carotène et de la matière colorante rouge des feuilles d'épinards : ces deux substances possèdent les mêmes propriétés, la même formule et fournissent avec l'iode le même dérivé d'addition  $C^{26}H^{38}I^2$ , cristallisé en paillettes de couleur vert-cantharide.

Arnaud retrouve la carotène dans un grand nombre de plantes et institue une méthode de dosage colorimétrique qui lui permet de déterminer la quantité de carotène contenue dans 20 grammes de plantes sèches. On jugera de la sensibilité de cette méthode si l'on songe que la teneur en carotène varie de 75 à 100 milligrammes pour 100 grammes de feuilles sèches.

La présence constante de la carotène dans un grand nombre de plantes conduit Arnaud à lui attribuer un rôle physiologique important, notamment au cours des phénomènes d'oxydation qui se produisent dans les cellules de l'organisme végétal.

*Recherches sur les glucosides vénéneux des Apocynées.* — Afin de poursuivre ses travaux dans le domaine des principes immédiats, Arnaud se maintenait en relations constantes avec divers voyageurs naturalistes, seuls capables de lui procurer des plantes nouvelles ou peu étudiées au point de vue chimique. Son attention se portait de préférence sur les espèces botaniques, appartenant à la famille des Apocynées, employées par les indigènes en raison de leur toxicité. M. Revoil, notamment, remit à Arnaud une certaine quantité de bois d'*Acokanthera ouabaïo*, utilisé par les Somalis pour empoisonner leurs flèches. Arnaud en extrait le principe toxique inconnu jusqu'alors et lui assigne le nom d'ouabaïne. C'est



un corps cristallisé avec un nombre de molécules d'eau d'hydratation variable avec la température de cristallisation ; anhydre, il a pour formule  $C^{30}H^{46}O^{12}$ . L'ouabaïne se comporte comme un glucoside ; par hydrolyse acide, elle se dédouble en un produit amorphe résineux, insoluble dans l'eau, de composition encore inconnue, et en un sucre réducteur bien cristallisé, le rhamnose ou isodulcite.

Quelques années après la découverte de l'ouabaïne, Arnaud entreprend l'étude du produit toxique contenu dans le poison employé par les Pahouins ou Fans du Congo pour empoisonner leurs flèches, et préparé avec les graines d'une apocynée, le *Strophantus glaber* du Gabon. Hardy et Gallois avaient bien isolé le principe actif de ces graines, mais sans en indiquer ni la composition, ni les propriétés caractéristiques. Arnaud démontre que le glucoside extrait du *Strophantus glaber* est identique à l'ouabaïne, dont il avait signalé la présence dans le bois d'*ouabaïo*.

L'étude d'une autre Apocynée, le *Strophantus Kombe*, provenant des régions du Zambèze, permet à Arnaud l'isolement de la strophantine, corps homologue de l'ouabaïne. Par hydrolyse acide, la strophantine se dédouble en un produit résineux et en un sucre réducteur, le glucose.

Poursuivant ses investigations dans la famille des Apocynées, Arnaud isole à l'état cristallisé la tanghinine, principe actif du *Tanghinia venenifera* de Madagascar qui, par sa composition et ses propriétés, se distingue nettement de l'ouabaïne et de la strophantine.

Strophantine, ouabaïne, tanghinine sont des produits toxiques agissant sur le cœur ; quelques milligrammes suffisent pour entraîner la mort d'un animal. La toxicité d'une substance n'est pas toujours un obstacle à son emploi thérapeutique. Les études physiologiques effectuées sur l'ouabaïne par Vaquez et Lutembacher les ont conduits à l'emploi de cette substance comme médicament du cœur. Utilisée depuis une dizaine d'années, l'ouabaïne soulage efficacement les malades atteints de certains troubles cardiaques, et beaucoup d'entre eux ont été sauvés d'une mort certaine.

Nombre de cardiaques doivent aujourd'hui une reconnaissance infinie au chimiste qui découvrit l'ouabaïne, à Albert Arnaud.

Au cours de ses recherches, Arnaud fut frappé par l'analogie que présente la tanghinine avec la digitaline, glucoside extrait des feuilles de la digitale des Vosges et dont le rôle dans la thérapeutique du cœur est universellement connu. Arnaud extrait lui-même la digitaline cristallisée à l'état de pureté et établit son caractère d'espèce chimique définie. Il détermine sa composition centésimale et prépare son dérivé barytique, non encore décrit. L'étude de la tanghinine et du dérivé barytique correspondant permet d'affirmer que la tanghinine et la digitaline représentent deux espèces chimiques nettement distinctes.

*Recherches sur les matières grasses.* — Arnaud, qui fit toute sa carrière dans le laboratoire illustré par les découvertes de Chevreul, se devait de ne point négliger l'étude des matières grasses. Cette occasion lui fut fournie par un voyageur, M. Samayoa, qui lui apporta un lot de graines d'une plante de la famille des Simarubées, du genre *Picramnia* Sw. ou *Tarivi* (Aublet), qu'on rencontre au Guatémala. Ces graines, de la grosseur d'un grain de

café, contiennent une matière grasse qu'Arnaud obtient à l'état cristallisé. Cette graisse de *Tariri* est un glycéride : par saponification, elle se décompose en glycérine et en un acide gras bien cristallisé, fondant à 50°,5, l'acide taririque. Cet acide, jusqu'alors inconnu, possède la formule  $C^{18}H^{32}O^2$ ; c'est un isomère de l'acide stéarolique, corps artificiel préparé à l'aide de l'acide oléique.

L'acide taririque est un corps non saturé : il forme, par addition de brome, des dérivés di- et tétrabromés. Sous l'action de l'acide iodhydrique, en tube scellé, il fixe quatre atomes d'hydrogène et se transforme en un acide saturé, l'acide stéarique. Le caractère non saturé de l'acide taririque est donc nettement démontré et s'explique par la présence d'une triple liaison située entre les sixième et septième atomes de carbone, de la longue chaîne linéaire de dix-huit atomes de carbone qui représente l'acide taririque.

Arnaud constate, en effet, que l'acide azotique brise la chaîne à l'endroit de la triple liaison et transforme par oxydation les deux fragments qui résultent de cette rupture en un monacide : l'acide laurique  $C^{12}H^{24}O^2$ , et en un biacide : l'acide adipique  $C^6H^{10}O^4$ .

Par une méthode plus longue, mais peut-être plus probante, Arnaud confirme la constitution de l'acide taririque ; elle consiste à transformer cet acide en acide cétotaririque, lequel, par l'hydroxylamine, donne l'oxime correspondante ; celle-ci, isomérisée par l'acide sulfurique, conduit à deux acides amidés, qui, sous l'influence de l'acide chlorhydrique, se dédoublent : le premier en acide pimélique et undécylamine, le second en acide laurique et acide  $\epsilon$ -aminocaproïque. La formation de ces quatre corps s'explique aisément avec la formule de constitution attribuée par Arnaud à l'acide taririque.

Plus tard Arnaud, en collaboration avec M. Posternak, reprend l'étude de l'acide taririque et de son isomère l'acide stéarolique. Ces deux acides en solution acétique fixent deux atomes d'iode en donnant deux acides diiodés, utilisés aujourd'hui comme médicaments iodés.

Les acides taririque et stéarolique se combinent aussi, par addition, à une molécule d'acide iodhydrique. On obtient des acides monoiodés non saturés dans lesquels l'iode peut être remplacé par l'hydrogène. Les acides qui résultent de ce remplacement possèdent une double liaison et sont des stéréoisomères d'acides appartenant à la série oléique. Cette méthode permet donc de fixer, par une voie détournée, deux atomes d'hydrogène sur les acides acétyléniques, qui, jusqu'alors, avaient résisté à tous les essais d'hydrogénation partielle.

Les acides taririque et stéarolique peuvent également s'unir à deux molécules d'acide iodhydrique. Il en résulte des acides contenant deux atomes d'iode qu'ils perdent, par l'action de l'hydrogène naissant, en donnant de l'acide stéarique. Fort intéressante est l'action de la potasse alcoolique sur ces dérivés diiodés : on obtient, par élimination d'acide iodhydrique, à côté des acides taririque et stéarolique partiellement récupérés, de nouveaux acides acétyléniques, différant des précédents par la position de la triple liaison dans la chaîne de leurs 18 atomes de carbone. Alors que cette triple liaison est située entre les neuvième et dixième atomes de carbone dans l'acide stéarolique, entre les sixième et septième dans l'acide taririque, elle se trouve placée dans ces nouveaux acides entre les huitième et neuvième, dixième et onzième, cinquième et sixième, septième et huitième atomes de car-

bone. Cette méthode d'Arnaud et Posternak, qui a pour conséquence un déplacement de la triple liaison, est particulièrement intéressante en raison du caractère de généralité qu'elle présente : elle offre, en effet, la perspective de pouvoir compléter la série des seize acides acétyléniques de formule  $C^{18}H^{32}O^2$  théoriquement possibles, parmi lesquels six sont déjà connus, grâce aux travaux d'Arnaud et de Posternak.

Les observations faites au cours de leurs recherches incitèrent Arnaud et Posternak à reprendre un travail de MM. Saytzeff dont les conclusions semblaient discutables. D'après les chimistes russes, l'acide iodostéarique (combinaison équimoléculaire d'acide oléique et d'acide iodhydrique), soumis à l'action de la potasse alcoolique, perd son iode et donne outre l'acide oléique, un nouvel acide : l'acide isooléique. Arnaud et Posternak démontrèrent que l'acide isooléique n'est pas une espèce chimique définie et isolèrent, des produits de la réaction, l'acide oléique, deux acides élaïdiques ( $\Delta_{8-9}$ ,  $\Delta_{9-10}$ ) et l'acide oxystéarique.

Arnaud, avec la collaboration de son préparateur Hasenfratz, se livra à une étude approfondie de l'oxydation des acides taririque et stéarique par le permanganate de potassium en liqueur alcaline. Cette étude permit de préciser le mécanisme de rupture de la liaison acétylénique et d'expliquer la production des acides qui résultent de la dislocation de l'acide soumis à l'oxydation. Pendant la première phase de l'oxydation, l'acide mis en expérience conserve intacte la chaîne de ses dix-huit atomes de carbone, fixe deux atomes d'oxygène et se transforme en un acide dicétonique saturé. Au cours de la deuxième phase, la chaîne de l'acide dicétonique se trouve brisée en trois tronçons, dont l'un est constitué par l'anhydride carbonique provenant de l'oxydation d'un des carbonyles de l'acide dicétonique, les deux autres étant transformés en un monoacide et un diacide. L'existence de deux carbonyles permet ainsi deux modes de fragmentation de l'acide dicétonique intermédiaire. L'oxydation d'un acide acétylénique doit donc conduire à deux monoacides et à deux diacides.

C'est ce que l'expérience a confirmé : l'acide stéarolique donne, en effet, par oxydation, les acides caprylique et pélargonique et les acides azélaïque et subérique, alors que l'acide taririque conduit aux acides undécylique et laurique et aux acides adipique et glutarique.

*Travaux divers.* — Avant de terminer l'exposé des recherches d'Arnaud, signalons celles qu'il entreprit sur une matière cristallisée incolore extraite de la carotte et décrite par Husemann sous le nom d'hydrocarotine. Par sa composition élémentaire et par ses propriétés, cette substance doit être rangée, selon Arnaud, dans le groupe des cholestérines végétales ou phytostérines.

En collaboration avec Ch. Brongniart, Arnaud démontre que l'action vésicante de la Cigale de Chine (*Cicada sanguinolenta*) ne provient pas de la cantharidine, qui est le principe actif de la vraie cantharide (*Cantharis vesicatoria*). Le principe vésicant de la Cigale de Chine serait contenu dans la matière huileuse qu'on peut retirer de cet insecte, mais dont il ne put être isolé.

Mentionnons pour terminer un travail d'Arnaud et Charrin, dont la conclusion est la suivante : « On sait que le bacille du pus bleu fabrique dans les cultures une substance ou des substances qui créent l'immunité chez le lapin. Nous avons cherché à isoler cette ma-

tière active. Nos recherches sont encore incomplètes ; ce que nous pouvons dire maintenant, c'est que ce n'est pas la pyocyanine qui agit. Nous avons préparé celle-ci à l'état cristallisé et nous l'avons, en effet, injectée à des lapins sans résultat. »

\* \* \*

Cette analyse sommaire des travaux d'Arnaud met cependant en lumière l'importance de l'œuvre scientifique du chimiste. Arnaud fut un vrai savant, puisant sa joie dans la recherche de la Vérité, n'hésitant pas, au prix d'un travail opiniâtre, à contrôler ses propres expériences, soucieux qu'il était d'éviter l'erreur toujours possible. Ses publications, qui portaient la marque de sa haute conscience, furent particulièrement appréciées par les chimistes contemporains, notamment par Pasteur, dont la compétence était universellement reconnue.

Arnaud explora, avec grand succès, le monde des principes immédiats : c'est à lui que revient l'honneur de la découverte de la cinchonamine, de l'ouabaïne, de la tanghinine, de l'acide taririque. Il précisa la composition et les caractères chimiques de la digitaline, de la carotène ; il réalisa la synthèse partielle de la quinine, à partir de la cupréine et, dans le domaine de la chimie pure, apporta une large contribution à l'étude des acides gras acétylés.

La postérité réservera à Arnaud une place enviée et reconnaîtra en celui qui découvrit l'ouabaïne, remède si précieux pour de nombreux cardiaques, un Bienfaiteur de l'Humanité.

---

## Publications scientifiques du Professeur Arnaud

---

1. Sur un nouvel alcaloïde des quinquinas (*Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, vol. XCIII, p. 593).
2. Recherches chimiques et toxico-physiologiques sur l'ouabaïo, poison à flèches des Somalis (en commun avec le D<sup>r</sup> de Rochebrune) (*Mission Revoil aux pays Somalis*, 1882).
3. Sur les écorces des Quinquinas *Cuprea* (*Journal de pharmacie et de chimie*, 5<sup>e</sup> série, vol. V, p. 560, 1883).
4. Recherches sur la cinchonamine (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. XCVII, p. 174, et *Bulletin de la Société chimique*, vol. XLI, p. 590, 1883).
5. Recherche chimique de l'acide nitrique, des nitrates dans les tissus végétaux (en commun avec M. Padé) (*Comptes Rendus Ac. sc.*, vol. XCVIII, p. 1448, et *Bulletin Soc. chim.*, vol. XLII, p. 249, 1884).
6. Dosage de l'acide nitrique, par précipitation à l'état de nitrate de cinchonamine. Application de ce procédé au dosage des nitrates contenus dans les plantes et dans les eaux naturelles (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. XCIX, p. 190, 1884).
7. Recherches sur les matières colorantes des feuilles ; identité de la matière rouge-orangé avec la carotène (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. C, p. 751, 1885).
8. Recherches sur la composition de la carotène, sa fonction chimique et sa formule (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CII, p. 1119, 1886 ; et *Bulletin Soc. chim.*, vol. XLV, p. 487).
9. Sur la présence de la cholestérine dans la Carotte ; recherches sur ce principe immédiat (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CII, p. 1319, 1886, et *Bulletin Soc. chim.*, vol. XLVI, p. 488).
10. Dosage de la carotène contenue dans les feuilles des végétaux (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CIV, p. 1293, 1887).
11. Sur la carotène (*Bulletin Soc. chim.*, vol. XLVIII, p. 64, 1887).
12. Sur une Cigale vésicante de la Chine et du Tonkin (en commun avec M. Ch. Brongniart) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CVI, p. 607, 1888).
13. Sur la matière cristallisée active des flèches empoisonnées des Somalis, extraite du bois d'Ouabaïo (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CVI, p. 1011, 1888, et *Bulletin Soc. chim.*, vol. XLIX, p. 850).
14. Sur la composition élémentaire de la strophantine cristallisée, extraite du *Strophantus Kombé* (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CVII, p. 179, 1888, et *Bulletin Soc. chim.*, vol. XLIX, p. 418 et 451).
15. Sur la matière cristallisée active, extraite des semences du *Strophantus glabre* du Gabon (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CVII, p. 1162, 1888, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. I, p. 2 et 10).
16. Sur la tanghinine cristallisée, extraite du *Tanghinia venenifera* de Madagascar (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CVIII, p. 1255, 1889).
17. Recherches sur la digitaline cristallisée (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CIX, p. 679, 1889).
18. Recherches sur la digitaline et la tanghinine (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CIX, p. 701, 1889).
19. Recherches sur la carotène ; son rôle physiologique probable dans la feuille (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CIX, p. 911, 1889).
20. Recherches chimiques sur les sécrétions microbiennes. Transformation et élimination de la matière organique azotée par le bacille pyocyanique dans un milieu de culture déterminé (en commun avec Charrin) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXII, p. 755, 1891).
21. Transformation de la cupréine en quinine (en commun avec Grimaux) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXII, p. 774, 1891, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. V, p. 722).
22. Recherches chimiques et physiologiques sur les sécrétions microbiennes. Transformation et élimination

- de la matière organique par le bacille pyocyanique (en commun avec Charrin) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXII, p. 1157, 1891).
23. Sur la quinéthylène, base homologue de la quinine (en commun avec Grimaux) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXII, p. 1364, 1891, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. VI, p. 83).
24. Sur un nouvel acide gras non saturé de la série  $C^nH^{2n-4}O_2$  (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXIV, p. 79, 1892, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. VII, p. 233).
25. Sur la transformation de la cupréine en diiodométhylate de quinine (en commun avec Grimaux) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXIV, p. 548, 1892).
26. Sur quelques bases homologues de la quinine (en commun avec Grimaux) (*Comptes Rendus*, vol. CXIV, p. 672, 1892, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. VII, p. 304).
27. Transformation de l'acide taririque et de l'acide stéarolique en acide stéarique (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXII, p. 1000, 1896).
28. Recherches sur l'ouabaïne (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXVI, p. 346, 1898, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. XIX, p. 201).
29. Sur les produits de dédoublement de l'ouabaïne par hydrolyse (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXVI, p. 1208, 1898), et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. XIX, p. 734).
30. Action des alcalis sur l'ouabaïne (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXVI, p. 1280, 1898, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. XIX, p. 831).
31. Sur une heptacétine cristallisée dérivée de l'ouabaïne (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXVI, p. 1654, 1898, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. XIX, p. 939).
32. Sur les dérivés nitrés résultant de l'action de l'acide nitrique sur l'ouabaïne (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXVI, p. 1873, 1898, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. XIX, p. 992).
33. Sur un nouveau procédé d'extraction du caoutchouc contenu dans les écorces de diverses plantes et notamment des *Landolphia* (en commun avec Verneuil) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXX, p. 259, 1900).
34. Constitution de l'acide taririque (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXXIV, p. 473, 1902, et *Bulletin Soc. chim.*, 3<sup>e</sup> série, vol. XXVII, p. 354, 484 et 489).
35. Recherches et dosage du caoutchouc dans quelques lianes africaines (*Bulletin du Muséum*, vol. VIII, p. 69, 1902).
36. Sur une eau minérale de Madagascar (en commun avec V. Hasenfratz) (*Bulletin du Muséum*, vol. VIII, p. 284, 1902).
37. Sur les acides dioxytaririque et cétoxytaririque (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXXIV, p. 547, 1902).
38. Sur les produits de dédoublement des acides amidotaririques (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXXXIV, p. 842, 1902).
39. Sur les dérivés diiodés d'addition des acides gras supérieurs de la série  $C^nH^{2n-4}O_2$  (en commun avec M. Posternak) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CXLIX, p. 220, 1909).
40. Sur l'hydrogénation partielle des acides de la série stéarolique et sur l'isomérisation de leurs dérivés monoiodhydriques (en commun avec M. Posternak) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CL, p. 1130, 1910).
41. Sur deux nouveaux isomères de l'acide stéarolique (en commun avec M. Posternak) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CL, p. 1245, 1910).
42. Sur l'isomérisation de l'acide oléique par déplacement de la double liaison (en commun avec M. Posternak) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CL, p. 1525, 1910).
43. Sur l'oxydation des acides gras supérieurs à fonction acétylénique (en commun avec V. Hasenfratz) (*Comptes Rendus Ac. Sc.*, vol. CLII, p. 1603, 1911).
44. Contribution à l'étude des acides oléiques et stéaroliques (en commun avec V. Hasenfratz) (*Bulletin du Muséum*, vol. XVII, p. 505, 1911).
-