

Les pigments des végétaux

Autor(en): **Chodat, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden
Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences
Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **95 (1912)**

PDF erstellt am: **23.03.2021**

Persistenter Link: <http://doi.org/10.5169/seals-90201>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les pigments des végétaux

par

R. CHODAT

J'ai choisi, pour le traiter devant la Société, le sujet attrayant des pigments végétaux. Nul ne saurait nier l'intérêt général qui s'attache au problème de la coloration des plantes et de leurs fleurs. Qui ignorerait le rôle social joué par l'horticulture, préoccupée tout entière de faire les fleurs plus belles, plus brillantes et plus parfumées. Prenez ces roses, ces dahlias, ces chrysanthèmes. N'y découvrez-vous pas tous les tons de la gamme des couleurs? Quelles admirables combinaisons la palette de l'horticulteur a fournies, pour transformer la rose sauvage, l'églantier, en ces merveilleuses créations qui ont pour nom, Hugh-Dickson, Ecarlate, Beauté de Lyon, Veilchenblau, les dahlias simples ou doubles de nos grand-mères, en ces chatoyantes variétés qui font la joie des amateurs.

On pourrait à propos des pigments des fleurs parler du rôle qu'ils jouent dans la vie des plantes : comme préparés pour un but spécial, leur présence, leur distribution, tout semble concourir à réaliser une disposition qui assure aux fleurs la visite des insectes.

Mais ce sont là des questions complexes. Elles sont dans une très grande mesure étrangères à ma manière de penser scientifique. J'aime mieux demander à la physiologie d'expliquer, de décrire l'enchaînement des phénomènes que de poser la question : à quoi sert cette disposition, qu'elle est sa raison d'être ?

Cela étant, je vais essayer d'examiner à propos de la question des pigments et de leur formation dans les plantes, *quels sont les problèmes importants de la botanique contemporaine qui lui sont associés et par quelles méthodes elle essaye de les résoudre.*

De tous les pigments végétaux, celui qui intéresse le plus les botanistes c'est, sans contredit la chlorophylle, ce pigment indispensable à la création de la nourriture hydrocarbonée qui fait vivre directement ou indirectement végétaux et animaux. Depuis Senebier et Ingenhouz la manière d'être de la chlorophylle vis-à-vis de l'acide carbonique, de l'eau et de la lumière est bien définie. Des recherches récentes de Blackmann et Matthaei¹ ont précisé le rôle des facteurs variés qui interviennent dans la photosynthèse, la rapidité de la décomposition de l'anhydride carbonique en fonction des facteurs combinés, lumière, température, concentration du CO₂. La question physiologique prend un faciès physico-chimique, elle est considérée au point de vue exclusif de la cinétique chimique, pour laisser de côté, provisoirement, les causes biologiques, c'est-à-dire celles que présentement on n'a pas réussi à décomposer en leurs facteurs physiques ou chimiques.

Mais le problème, plus simple, de l'origine de la chlorophylle est encore un mystère. Nous savons seulement que, dans la plupart des plantes, la lumière est nécessaire à la formation de ce pigment; elle ne l'est pas dans le cas des Conifères, des Fougères et d'un grand nombre d'Algues inférieures². Nous savons aussi que chez beaucoup de végétaux la chlorophylle disparaît par l'étiollement. Dans l'obscurité les nouvelles pousses qui naissent ne développent plus de chlorophylle, dans les anciennes le pigment s'atténue ou disparaît complètement.

Plus récemment on a étudié la décoloration des plantes en pleine lumière, comme cela a lieu chez beaucoup de parasites, de saprophytes et chez les plantes panachées.

¹ Blackmann et Matthaei. Experimental researches in vegetable assimilation etc. *Proceed. of the royal Soc.* (1904-1905).

² Artari, Bildung des Chlorophylls, *Ber. d. d. bot. Ges.*, XX (1902), 201; Radais, Formation de la chlorophylle à l'obscurité, *C. R.*, T. CXXX 793 (1900).

Considérons tout d'abord ce dernier cas pour illustrer une méthode d'analyse moderne, celle de l'analyse biologique. La panachure est un phénomène plus profond qu'il ne paraît au premier abord. Il n'y a pas que disparition de la chlorophylle dans les parties non vertes ; il y a en même temps une modification profonde des tissus décolorés¹. Depuis longtemps la panachure a été considérée comme une maladie bénigne. On a montré même que cette affection est, dans certains cas infectieuse, transmissible par la greffe².

On sait que cette affection est héréditaire. Les semences récoltées sur les branches chlorotiques fournissent un pourcentage très élevé de plantes panachées, ce qui n'est pas le cas pour les semences récoltées sur les rameaux verts (*Mirabilis Jalapa* d'après Correns)³.

C'est ici qu'intervient une méthode d'analyse nouvelle, fondée sur la découverte de Mendel et développée surtout par Bateson⁴ et ses collaborateurs, par Correns, Bauer et d'autres. D'après les idées actuelles, chaque plante est constituée dans son tréfond protoplasmique par une mosaïque de corpuscules représentatifs, les gènes, qui déterminent les caractères élémentaires manifestés au cours de l'évolution individuelle sous forme de caractères visibles ou non, morphologiques ou physiologiques. Chaque caractère manifesté correspond à un gène s'il est simple, à un groupe de gènes s'il est complexe. Ces gènes sont supposés invisibles comme les atomes, les ions, les électrons et les magnétons des physiciens et des chimistes. De même que l'association d'atomes invisibles détermine les caractères manifestés d'un corps chimique, celle des électrons négatifs dans l'atome, les propriétés de cet atome, de même aussi ces gènes supposés, déterminent l'apparence d'une plante. Il serait trop long de développer ici toute cette séduisante théorie. Je me borne à en extraire ce qui concerne le sujet que je veux traiter.

¹ Rodrigue, A. Feuilles panachées, *Bull. Hb. Boiss. Mémoires* (1900).

² Bauer, E. Ueber die infektiöse Chlorose der Malvaceen, *Sitzb. d. preuss. Akad. d. Wiss.* (1906) 11. — *Id. Ber. d. bot. Ges.* 25 (1907) 410.

³ Correns. *Id.* Zur Kenntnis der Rolle von Kern u. Plasma bei der Vererbung. *Zeitsch. f. indukt. Abst. u. Vererb.* II (1909) 331.

⁴ Bateson. *Mendels Principles of Heredity.*

Remarquons tout de suite que l'analyse biologique faisant usage d'une suggestion de Punnet a fait découvrir que chaque caractère a son contraire, qu'à chaque gène on peut supposer un antigène. Ainsi « vert » et « absence de vert » ou mieux dit « non-vert », soit capacité de produire du vert et incapacité d'en produire. Les caractères négatifs ne sont pas, dans la théorie moderne de l'hérédité, des valeurs nulles mais réellement des valeurs négatives au sens mathématique du mot et avec lesquelles il faut compter. On pourrait aussi les comparer à des catalyseurs négatifs à opposer aux catalyseurs positifs, les uns retardant la réaction, les autres l'accéléralant. Lorsqu'on fait un hybride, ce dernier possède la combinaison de gènes apportée par les cellules germes des deux parents et qui se sont associées en une zygote. Ces gènes peuvent se manifester au cours de l'évolution individuelle par des caractères visibles et si les deux parents étaient différents l'apparence de la plante hybride sera celle d'un mélange quand les caractères interfèrent, celui d'une mosaïque quand ils s'associent. Mais dans l'hybride, ne sont pas toujours manifestés les caractères qui correspondent aux gènes ; il y a parfois inhibition de certains gènes refoulés par les autres, mais non détruits.

Lorsque se forment dans cet hybride les cellules germes mâles ou femelles, dans ces cellules germes sont distribuées les gènes et l'expérience démontre que dans une même cellule germe ne peuvent coexister des gènes antagonistes. Par un procès aussi curieux qu'important qui précède la formation définitive des cellules germes mâles ou femelles (réduction chromatique) les gènes se distribuent selon la règle des probabilités, mais à ce moment du moins, les contraires se fuient : vert n'est pas dans la même cellule germe que non-vert, etc.

Toutes les expériences entreprises ces dernières années ont confirmé ces différentes suppositions et une branche nouvelle de la science (Génétique) est venue se greffer sur la biologie et l'innoculer d'une force nouvelle.

En particulier, la transmission de la panachure, étudiée par Correns, chez une race du *Mirabilis Jalapa*, est venue nous

montrer que si la plante panachée peut être, au point de vue du pigment, représentée par « vert et non-vert » (A. a.), ses cellules sexuelles soit mâles soit femelles seront pures. Les unes contenant le caractère A (facteur de pigmentation) les autres le caractère a (antagoniste du facteur pigmentation).

$$\begin{array}{ccc} \text{♂} & a & A. \\ \text{♀} & a & A. \end{array}$$

Les chances de rencontre des cellules A et a étant égales, on obtient les combinaisons suivantes :

$$\begin{array}{ccc} AA & aA & aa. \\ & aA & \end{array}$$

soit

$$A^2 + 2aA + a^2.$$

Il y aura dans la descendance trois catégories : 1° des plantes vertes ; 2° des plantes panachées et 3° des plantes blanches. Ces dernières ne sont pas viables. Après la germination elles meurent bientôt.

Correns a fait, en plus, l'intéressante découverte que, dans la plante étudiée, la chlorose est seulement transmise par les cellules femelles. Il semblerait que ce soit une maladie du plasma. Cela nous permet donc de localiser dans la cellule un caractère considéré. Car les germes mâles des rameaux chlorotiques sont incapables de transmettre la chlorose, sans doute à cause de la quantité insignifiante de plasma qui accompagne le noyau mâle dans la fécondation ¹.

Voilà donc un problème de très haute portée associé à la question du pigment chlorophyllien. Ici la formation de la chlorophylle est inhibée par une maladie du protoplasma.

Mais en est-il de même chez les plantes saprophytes et parasites ? Notons tout d'abord que beaucoup de saprophytes décolorés, comme le *Neottia nidus avis*, contiennent encore de la chlorophylle qu'on peut reconnaître dans les extraits alcooliques par l'analyse au spectroscope.

¹ Correns, Vererbungsversuche mit blasgrünen und buntblättrigen Sippen. *Zeitschr. f. indukt. Vererb.* I (1909).

J'ai fait et fait faire sur le saprophytisme expérimental une grande série d'observations, soit en partant des Phanérogames en culture pure, soit en partant d'Algues en culture pure. Le résultat a été que la chlorophylle disparaît inégalement vite chez les diverses espèces. Chaque espèce considérée constitue donc un milieu spécial qui influe par des facteurs secondaires sur le phénomène considéré. Mais dans tous les cas, et ceci est conforme à d'autres expériences faites autre part, une abondante nourriture hydrocarbonée assimilable amène (en pleine lumière) à la décoloration plus ou moins forte. Si, au contraire, on associe à cette nourriture hydrocarbonée assimilable (par exemple, glycose) une nourriture azotée suffisante, mais plus particulièrement une nourriture azotée complexe comme la peptone, même en présence d'une forte concentration de sucre, la chlorophylle se maintient et même s'exagère. Ces résultats sont les mêmes, qu'il s'agisse de plantules de *Lepidium* (Jaffé et Chodat)¹, soit qu'il s'agisse d'algues qui se décolorent facilement, comme le *Chlorella variegata*². Beij.

Il semble donc bien que la disparition de la chlorophylle chez les plantes saprophytes et parasites soit amenée par un équilibre faussé entre la formation des matières sucrées et la production des matières protéiques.

Mais alors même que les conditions favorables sont réalisées et même lorsque les algues verdissent à l'obscurité, la lumière favorise la formation de la chlorophylle, et aussi la synthèse des matières protéiques³.

On sait d'autre part la nécessité du fer dans la production de la chlorophylle et je vais même plus loin, dans la production de la matière organique végétale. Sans fer pas de chlorophylle, mais aussi pas de croissance *active*. On ne sait pas généralement que la croissance des plantes vertes les plus diverses est excessivement accélérée par les sels ferriques comme le chlorure ferrique ($\text{Fe}_2 \text{Cl}_6$). C'est ce qu'il nous a été possible de

¹ Inédit.

² Chodat et Mendrewska ; inédit.

³ Voir Chodat, Principes, II^e Ed., 504 (1911).

mettre récemment en évidence dans la culture de beaucoup d'algues et ce qui a été confirmé par des essais de culture d'avoine faits par moi avec Monnier¹. La dose utile de chlorure ferrique est excessivement élevée : $\frac{1}{10}$ - $\frac{2}{10}$, $\frac{0}{100}$ - $1 \frac{0}{100}$.

Cette coïncidence entre la formation de la chlorophylle et la présence abondante de matières protéiques par rapport aux substances hydrocarbonées, montre que lorsque ces dernières sont en excès, l'azote disponible est utilisé pour la synthèse des matières protéiques essentielles et qu'il n'en reste pas pour la formation de la chlorophylle ; ou peut-être aussi, et très probablement, que la chlorophylle naît aux dépens des déchets des matières protéiques (dérivés de l'indol : tryptophane, etc.).

Il serait trop long de passer ici en revue les beaux travaux de Willstätter², Marschlewski³ et de leurs collaborateurs sur la constitution de la chlorophylle⁴. Disons seulement que malgré d'énormes efforts, nous sommes encore loin de connaître exactement la nature chimique de la chlorophylle. Le résultat le plus important, mais déjà ancien, est que parmi les principaux produits de la décomposition des chlorophylles se trouvent des combinaisons comme la phylloporphyrine, corps complexe dérivé du pyrrol ou de l'indol.

Le fait que le chlorure ferrique a un effet si marqué sur la formation de la chlorophylle, sans que le fer entre dans la composition de cette dernière, nous amène tout naturellement à l'idée que sa formation est due à une action catalytique, à l'intervention d'un ferment auprès duquel le fer joue le rôle de co-ferment⁵. En effet, la rapidité avec laquelle la chlorophylle est obtenue à partir du chlorophyllogène des plantes chlorotiques parle en faveur d'une action ferment. Malheureusement on ne connaît bien ni le chromogène, c'est-à-dire la substance

¹ Chodat et Monnier, Recherches sur l'augmentation en poids des plantes. *Archives*, IV^e pér., XXXIII, 102 (1912).

² Willstätter. Chlorophyll u. seine wichtigsten Abbauprodukte, in Abderhalden. *Hdb. der Biochem. Method.* II, 671 (1910).

³ Marschlewski, L. Chlorophyll. In Rosc. u. Schorlemmer. *Lehrb.*

⁴ Monteverde. *Sct. Petropol.* (1893), etc.

⁵ Monteverde et Liubimenko. Recherches sur la formation de la chlorophylle. *Bull. Acad. Sc. Pétersb.*, 609 (1912).

mère incolore dont procède la chlorophylle, ni le ferment oxydant qui, avec l'aide du fer¹, interviennent dans le verdissement. Il y a là un beau champ à défricher.

Cette chlorophylle, dans la cellule, est liée à des corpuscules vivants définis, les plastides, aussi nommés « chloroplastides ». Souvent on observe que, dans ces mêmes chromatophores, lorsque la chlorophylle a disparu, par exemple en hiver, au soleil, les feuilles de *Buxus*, en automne les baies de la tomate, se colorent en rouge orangé par un pigment insoluble dans l'eau : la carotine. A mesure que, dans les fruits qui mûrissent, les acides sont remplacés par les sucres, le rougissement augmente. Lorsqu'en hiver, la migration des matières sucrées dans les feuilles persistantes du *Buxus*, etc. est arrêtée, la carotine apparaît. Dans nos expériences sur un nombre assez grand d'algues, nous avons trouvé que les conditions qui favorisent la disparition de la chlorophylle², favorisent l'apparition de la carotine ; ainsi une nourriture sucrée excessive, l'augmentation de la concentration osmotique du milieu, une lumière très vive. La peptone, au contraire, entrave la formation de la carotine. Enfin la carotine apparaît aussi bien à l'obscurité que dans la lumière. Le rôle de la carotine est inconnu. Fixe-t-elle peut-être l'oxygène à la façon de l'hémoglobine ? Sert-elle de véhicule à l'oxygène dans certaines réactions ? Mais ce qu'on sait mieux c'est que, comme il y a plusieurs chlorophylles, il y a plusieurs carotines³.

D'autres pigments sont, dans la cellule, liés à des corps définis, les plastides. Ce sont entre autres les pigments rouges et bleus des Algues comme les Rhodophycées et les Cyanophycées. Ces pigments qui accompagnent la chlorophylle, diffusent après la mort de la cellule et deviennent solubles dans l'eau. Les recherches de Molisch, de Kylin en particulier, nous ont rendu vraisemblable que ces pigments rouges et bleus sont des corps

¹ On sait le rôle catalytique du chlorure ferrique dans beaucoup d'oxydations.

² Voir une opinion contraire dans Monteverde et Liubimenko, *loc. cit.* p. 624 qui considèrent la carotine comme un produit complémentaire de la chlorophylle.

³ Willstätter u. Escher, *Zeitschr. f. phys. Chem.* 64, 47 (1910).

azotés dérivés des albumines. Comme ces dernières, on peut les précipiter de leurs solutions par le sulfate d'ammonium en excès. Ils cristallisent. Leurs solutions sont rouges avec une vive fluorescence jaune-orangée ou pour la phyco-cyanine, bleues avec une fluorescence, un dichroïsme, rouge carmin.

Ces pigments ont aussi été étudiés à divers points de vue. Citons en premier lieu les expériences de Gaidukow-Engelmann¹ qui ont essayé de faire revivre l'ancienne théorie de Unger, que la couleur des algues est une adaptation à la profondeur de l'eau et à la longueur d'onde des radiations qui pénètrent dans ce milieu. Les radiations les plus vite absorbées étant les rouges, les plus réfrangibles pénétrant dans une plus grande profondeur, à ces différentes radiations correspondraient des adaptations complémentaires. Les Algues vertes à la surface, les rouges dans la profondeur. Gaidukow a essayé de démontrer que, par un éclairage *ad hoc*, certaines Cyanophycées modifieraient leurs colorations d'une manière complémentaire

Lumière	rouge, jaune, vert, bleu
Couleur de la Cyanophycée .	vert, vert-bleu, rouge, brun-jaune

Nous avons expérimenté² en partant de cultures pures de l'*Oscillatoria amphibia* et en l'exposant dans les différentes régions du spectre en utilisant des plaques de gélatine colorée par des couleurs qui ne laissent filtrer que des régions bien définies du spectre (méthode utilisée pour la photographie en couleur). Nous n'avons pu reconnaître aucune adaptation chromatique. Werner Magnus³ et Schindler ont également obtenu des résultats négatifs en partant de cultures impures; pour eux, les changements observés sont affaire de nutrition.

Quelle peut être l'origine et la genèse de ces pigments encore incomplètement étudiées au point de vue chimique? On a

¹ Gaidukow. Ueber den Einfluss des farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien, *Scripta Botanica* (1903).

² Chodat et Lagowska; inédit.

³ Werner Magnus und B. Schindler. Ueber den Einfluss der Nahrungsalze auf die Färbung der Oscillarien, *Ber. d. d. bot. Ges.* XXX, 315 (1912).

fait la supposition qu'ils dériveraient des matières protéiques¹.

Au cours de mes recherches sur la tyrosinase², j'ai découvert un caractère général des matières protéiques solubles, de donner naissance, en présence des phénols, et plus particulièrement en présence du p-crésol ou de la pyrocatéchine à toute une gamme d'admirables colorations. Cette propriété est non seulement particulière aux albumines solubles, mais à tous les produits connus de leur peptolyse. Depuis les protéoses aux acides aminés simples ou complexes, en passant par les protéines et les peptides. On sait d'autre part que le p. crésol est un produit de la dégradation de la tyrosine, l'un des matériaux de construction de la plupart des albumines. Ces pigments qui varient du rouge vif au bleu indigo, vert bouteille, vert-bleu, violet gentiane, etc., etc., sont aussi obtenus à partir des peptides à tyrosine, tandis que la tyrosine ne la donne pas ou seulement dans des circonstances particulières.

Ces matières colorantes rappellent, soit par leur solubilité, soit par leur nature peptique ou peptoïque, enfin par leur beau dichroïsme les rhodophycines et les phycocyanines étudiées par Molisch, Kylin, etc. Il y a tout lieu de penser que l'origine de ces pigments d'algues est bien celle que nous avons mise en évidence. D'autre part, la tyrosinase est un ferment très répandu dans le règne animal et végétal.

Enfin, ce même ferment agit sur l'indol (qui est aussi un des matériaux de construction du plasma), en présence des phénols et en produisant un pigment insoluble bleu qui rappelle certains dérivés de la chlorophylle.

Ainsi, par cette méthode, nous avons un moyen d'investigation nouveau pour pénétrer plus avant dans cette question complexe de l'origine et de la synthèse des pigments liés au protoplasma ou aux plastides.

Mais le végétal produit aussi des pigments non azotés et dont

¹ La crésol-tyrosinase, réactif des peptides, des polypeptides, des protéines et de la protéolyse par les microorganismes. *Archives*, IV^e pér., t. XXXIII, 70-95 (1912). — *Id.* Les matières protéiques et leurs dérivés en présence du réactif p-crésoltyrosinase. *Ibid.* 225-348.

² Chodat, *l. c.* 245 (20).

la collection variée a reçu le nom générique d'anthocyanes. Ces pigments sont solubles dans l'eau; on les trouve dissouts dans la vacuole ou les vacuoles; observés déjà chez les Algues Chlorophycées (*Ancylonema*, *Spirogyra*), les anthocyanes sont les pigments rouges, bleus ou violets des fleurs.

Pour la résolution du problème de la nature de ces pigments, on s'est aussi adressé à la méthode d'analyse biologique. Ici encore l'analyse biologique des hybrides a montré que la pigmentation dépend de plusieurs facteurs. Ainsi, certaines variétés de fleurs blanches qui, laissées à elles-mêmes et se fécondant par leur propre pollen, fournissent une descendance toujours blanche pour ce qui est de la couleur des fleurs, combinées avec d'autres variétés blanches, produisent une descendance à fleurs colorées. La pigmentation dépend donc de deux facteurs, A et B, dont chacun est à lui seul incapable de déterminer la coloration de la fleur. On a trouvé plus tard par des expériences toujours plus critiques, que la pigmentation comporte plusieurs facteurs et qu'elle se laisse expliquer en partant de la théorie Bach-Chodat des ferments oxydants, peroxydase-peroxyde et la présence d'un chromogène¹.

Ici encore, on arrive à trouver des lois, à produire à coup sûr, en partant de certaines suppositions, la couleur de la descendance et à l'évaluer dans ses proportions, avec une si grande probabilité qu'il devient évident que les théories qui sont à la base de ces expériences constituent une admirable méthode d'investigation.

Mais l'analyse biologique ne peut remplacer l'analyse chimique.

Qu'est-ce que l'anthocyane? Toutes les anciennes recherches et les nouvelles tendent à nous montrer que l'anthocyane a des rapports avec les tanins. Les cellules qui produisent ces pig-

¹ Wheldale. On the formation of anthocyanine, *Journ. of genetics* I 134 (1911). — *Id.* Note on the physiological Interpretation of the Mendelian factors for Colour. *Rep. Evol. Com. Roy. Soc. Report V*, 1909. — Keeble and Armstrong, The Distribution of oxydases in Plants and their role in the formation of Pigments. *Roy. Soc. Proced.* 85 et 464 (1912). — *Id.* *Journ. of genetics* II, (1912) 279.

ment solubles contiennent aussi des tanins¹. Overton les a considéré comme des glycosides de corps dérivés des tanins car c'est une observation confirmée maintenant par une belle série d'expériences que les sucres favorisent la production de l'anthocyane. Tout ce qui contribue² à accumuler les sucres dans les cellules les rend aussi capables de former ces matières colorantes, le froid (coloration automnale et hivernale des feuilles en rouge), l'annellation qui empêche la migration des substances hydrocarbonées, une lumière intense, etc.³

Quant à la nature chimique de l'anthocyane on sait depuis les recherches de Sostegni qu'il s'agit probablement d'un dérivé aromatique car la fusion de cette matière avec la potasse fournit de l'acide protocatéchique et de la pyrocatéchine. Les études, plus récentes, de V. Grafe qui a réussi en partant de très grandes quantités de fleurs de mauves ou de fleurs de *Pelargonium*⁴ (28 kilogrammes), d'obtenir de l'anthocyane cristallisée en quantité suffisante, sont particulièrement significatives. Cet auteur a su différencier deux catégories d'anthocyane, la première un corps glycosidique amorphe stable, la seconde un corps dépourvu de sucre, beaucoup plus labile, instable, à caractère aromatique bien marqué, possédant des hydroxyles et des carboxyles, fournissant à la fusion à la potasse de l'acide protocatéchique et montrant dans ses réactions de grandes analogies avec les tanins ou les tannoïdes.

Des essais de synthèse de l'anthocyane à partir des matières tannantes des raisins blancs, entrepris par D. Malvezin⁵ n'ont pas abouti à des matières colorantes possédant les caractères de l'anthocyane, quoique diverses réactions amènent à la production de matières colorantes rouges.

Tout converge donc vers cette solution qui consiste à partir

¹ Overton. Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rothem Zellsaft bei Pflanzen. *Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. XXXIII (1890).

² Combes, R. Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane. *Ann. Sc. nat.*, IX^e série (1909 et 1912).

³ *Id.* C. R. Ac. Sc. T. CLIII, 886 (1911). — Katic. In. Diss. Halle, 1905.

⁴ Grafe, V. Studien über das Anthokyan. *Sitzbr. d. k. Akad. d. Wiss.*, Wien (1906), (1909, 1911).

⁵ Malvezin, D. Sur l'origine de la couleur des raisins rouges. *Comptes rend.*, 147, 384 (1908).

du tanin ou des substances dérivées ou voisines pour faire la synthèse des anthocyanes.

C'est ce que j'ai essayé de réaliser¹ en partant de la tyrosinase le ferment oxydant qui s'est déjà montré si actif dans la réaction des albumines et de leurs dérivés dont il a été question plus haut. M. Wheldale a essayé, au moyen de la peroxydase et de l'eau oxygénée, d'obtenir à partir d'extraits de plantes à fleurs incolores, des pigments du type de l'anthocyane. Ces résultats sont négatifs. En effet les laccases (phénolase) et leur image peroxydase-peroxyde sont sans action sur les tanins pour les colorer en anthocyanes. Mais si au lieu de la laccase on utilise la tyrosinase purifiée le résultat est positif.

En faisant cette réaction il faut se rappeler² que la tyrosinase est inhibée dans son action oxydante par les acides. Dès lors il convient de neutraliser le tanin qui a un caractère acide et faire agir la tyrosinase sur une solution suffisamment diluée de ce corps. Nous avons utilisé l'acide gallo-tanique officinal. Dans ces conditions l'oxydation se fait avec rapidité. La couleur est d'abord rouge, puis elle passe au bistre et finalement au vert-foncé ou vert-bleu.

Si au lieu du tanin on utilise l'acide gallique, la réaction est plus rapide. Le pigment vert est le produit d'une réaction en milieu faiblement alcalin. Si ensuite, par le moyen du phosphate acide de potassium, on neutralise cette solution, la teinte passe au bleu. L'addition d'un acide fait immédiatement virer au rouge. La coloration rouge est celle de l'anthocyane de certains vins rouges légèrement violacés. Selon les circonstances, on obtient toute la gamme des rouges-roses aux mauves et aux bleus-verts. L'ammoniaque fait virer le rouge au vert comme il le fait pour l'anthocyane ; des solutions d'anthocyane du vin, de même concentration (jugée par l'intensité de la coloration), fournissent les mêmes réactions, celles de notre matière colorante synthétique.

On a donc ici une intéressante réaction qui, par un chemin

¹ Observations inédites.

² Chodat, R. Oxidationsfermente in Abderhalden. *Handbuch der Biochem. Methoden.*

inverse, amène au même résultat que les analyses des couleurs, c'est-à-dire que les tanins sont le point de départ pour la production des anthocyanes.

Nous disons anthocyanes, car toutes les recherches montrent qu'il y a, malgré les analogies, toute une classe de ces corps.

Quant au ferment la tyrosinase, il est très répandu dans le règne végétal. Je ne voudrais pas prétendre que, dans tous les cas, l'anthocyane doive son origine à l'action oxydante de la tyrosinase. Il n'est pas toujours facile d'isoler les ferments. Il n'est non plus certain que les ferments oxydants ne sont pas très nombreux et variés. Il faudra donc étudier dans quelle mesure la distribution des ferments oxydants spécifiques coïncide avec la formation de l'anthocyane. Disons en passant que la peroxydase intensifie l'action de la tyrosinase dans ce phénomène, soit sur le tanin, soit sur l'acide gallique. D'autre part, il se peut que d'autres substances oxy-acides aromatiques entrent aussi en ligne de compte. L'acide protocatéchique ne fournit cependant pas cette réaction. La pyrocatéchine au contraire réagit fortement vis-à-vis de la tyrosinase en produisant des pigments jaunes très intenses.

Quoiqu'il en soit, c'est pour la première fois, qu'à partir des tanins ou de leurs dérivés (ac. gallique), on arrive, en faisant agir la tyrosinase pure, à la production d'un pigment, dont l'analogie, sinon l'identité avec les anthocyanes est évidente.

Ainsi l'étude des ferments oxydants¹, à son tour, viendra contribuer à jeter une lumière toute particulière sur le sujet si difficile de l'origine des pigments chez les plantes.

Il me resterait à vous parler de ces pigments jaunes si bien étudiés par notre regretté collègue *Kostanecki*, et dont M. le Prof. *Noelting* a fait un si lucide exposé dans le dernier volume des Actes (1911).

Il me faudrait vous parler aussi de la distribution des pigments dans les tissus des plantes, des dispositifs qui, dans l'épiderme, concourent à donner de l'éclat aux pétales, de ces papilles qui

¹ Chodat et Bach. *Bericht d. d. Chem. Ges.*, 1902-1906. — Abderhalden et Guggenheim, I, *Hoppe Seiler. Zeitschr. f. phys. Chem.*, 1908. — Chodat et Staub. *Archives*, 1907.

fonctionnent à la fois comme miroirs et comme lentilles. Il y aurait aussi à exposer les combinaisons par lesquelles, au rouge de la carotine ou au jaune d'or de son dérivé, la xanthophylle, viennent s'associer les rouges et les bleus des anthocyanes ou des flavones jaunes-dorés du suc cellulaire. Mais j'ai déjà été trop long. Il me suffit en terminant d'insister sur la nécessité dans laquelle se trouve le biologiste d'être attentif aux recherches poursuivies par les disciplines connexes, la physique et la chimie. Des réunions comme celles de la Société helvétique des sciences naturelles qui groupent des spécialistes du domaine étendu des sciences naturelles, sont l'image du travail scientifique qui, sur la base de la spécialisation, déborde au delà de ses limites étroites et utilise les découvertes d'un champ beaucoup plus étendu.

Leere Seite
Blank page
Page vide