

H. F. 11, f. 168. (t. III, 2.)

# THÈSES

SUR LA

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE ET ANIMALE

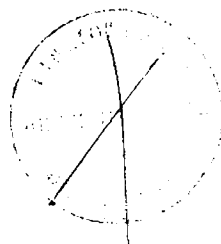
PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS,

Le 19 Août 1850,

**PAR M. F.-S. MOROT,**

Ancien élève de l'École normale.



PARIS,

IMPRIMERIE DE L. MARTINET,

RUE MIGNON, 2.

1850.

# ACADÉMIE DE PARIS.

---

## FACULTÉ DES SCIENCES.

---

M. MILNE EDWARDS, Doyen.

MM. THÉNARD,  
BEUDANT,  
PONCELET,  
BIOT,  
DE MIRBEL,

} Professeurs honoraires.

POUILLET,  
CONSTANT PRÉVOST,  
DUMAS,  
AUGUSTE DE SAINT-HILAIRE,  
DESPRETZ,  
STURM,  
DELAFOSSÉ,  
BALARD,  
LEFÉBURE DE FOURCY,  
LEVERRIER,  
CHASLES,  
CAUCHY,  
DUHAMEL,  
DE JUSSIEU,

} Professeurs.

MASSON,  
PÉLIGOT,  
J. VIEILLE,  
BERTRAND,  
PAYER,  
DUCHARTRE,

} Agrégés.

A

MON PÈRE ET A MA MÈRE,

A M. LEBON.

*Hommage de profonde  
reconnaissance.*

# RECHERCHES

SUR LA

# COLORATION DES VÉGÉTAUX.

---

## INTRODUCTION HISTORIQUE.

La coloration des végétaux a été l'objet de nombreuses recherches de la part des anatomistes et des physiologistes ; mais aucune théorie n'a jusqu'ici donné une explication complète des phénomènes. La question est très complexe, et tous les travaux entrepris pour la résoudre n'en ont envisagé qu'une partie. Tantôt, en effet, on ne s'est préoccupé que de l'état, de la forme des matières colorantes dans les cellules végétales ; tantôt, au contraire, on s'est borné à des investigations chimiques ; or il me semble que, pour parvenir à débrouiller un peu la coloration des végétaux, il faut :

1° Déterminer quelles sont la structure anatomique et la composition chimique de la chlorophylle ;

2° Rechercher dans quelles circonstances elle se développe, et quel rôle elle joue dans la respiration et la nutrition des plantes ;

3° Enfin, examiner s'il est possible de déduire les couleurs des végétaux, autres que la verte, de cette dernière diversement modifiée.

Ces différents points de vue ont tous été soumis à des observations habiles et multipliées, dont j'indiquerai les résultats dans un historique succinct. J'ai jusqu'ici laissé entièrement de côté la partie anatomique de la question ; je n'ajouterai rien aux faits si clairement exposés dans le Mémoire de M. Hugo Mohl (1). Le

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2<sup>e</sup> série, t. IX, p. 450.

point le plus important qui me paraisse consigné dans ce Mémoire, c'est la présence constante de l'amidon au milieu de la chlorophylle. M. Mohl n'a pu, en se bornant à des observations microscopiques, saisir toute l'importance de ce fait ; déjà fort sagement apprécié par M. Mulder, il acquiert, par suite des résultats mentionnés dans cette Thèse, une très grande portée. Les anatomistes ont émis des opinions très variées sur la structure de la chlorophylle ; mais on s'accorde généralement à considérer comme exactes les conclusions du travail de M. Mohl, et la chlorophylle est regardée comme constituant dans les cellules végétales soit des granules, soit une gelée informe.

Quant à sa composition chimique, la connaissance en est très peu avancée ; elle l'est si peu, qu'il n'y a pas dans la science une seule analyse dont on puisse accepter les résultats comme positifs. On n'a cependant pas laissé de côté cette question ; mais les procédés employés pour obtenir la chlorophylle ont été jusqu'ici fort imparfaits.

La matière verte des feuilles a été longtemps considérée comme analogue à l'amidon, et désignée sous le nom de *favcula virides*. Link, en 1807, établit la distinction entre ces substances, et fit considérer la matière verte comme une résine colorante.

Pelletier et Caventou (1) examinèrent les propriétés de cette même substance avec plus de soin, et lui imposèrent le nom de *chlorophylle*. Pour obtenir la matière qu'ils désignent ainsi, ils traitent par l'alcool le marc bien exprimé et bien lavé de plantes herbacées, puis font évaporer la dissolution alcoolique, et débarassent le résidu d'une matière colorante brune en le traitant par l'eau chaude. Nous verrons qu'il s'en faut singulièrement qu'on obtienne par ce procédé une matière simple ; on n'a qu'un mélange complexe, variable d'une plante à l'autre. D'après l'étude qu'ils en ont faite, Pelletier et Caventou considèrent la chlorophylle comme une substance très hydrogénée et non azotée.

Clamor Marquart (2), dans son travail sur les couleurs des

(1) *Journal de pharmacie*, 1817, t. III. — *Ann. de chimie et de phys.*, t. IX, 2<sup>e</sup> série, p. 194.

(2) *Die Farben der Blüten*. Bonn, 1835.

fleurs, a extrait la chlorophylle par un procédé analogue : il faisait macérer pendant quelques jours, dans l'alcool à 0,84, des feuilles de graminées, évaporait la liqueur à 50 degrés, et traitait le résidu par l'éther sulfurique pour en séparer une matière extractive. C'est au résidu laissé par l'évaporation de l'éther qu'il donne le nom de chlorophylle, et c'est sur les réactions opérées à l'aide de la substance complexe obtenue dans ces circonstances, qu'il a fondé une théorie que nous examinerons plus loin.

Suivant Berzelius (1), les expériences fournissent la chlorophylle sous trois modifications bien distinctes : — 1° La chlorophylle des feuilles fraîches, qui se dissout dans l'acide acétique avec une couleur vert-pomme, et se précipite avec cette couleur par le refroidissement. — 2° La chlorophylle des feuilles séchées, qui s'y dissout avec une couleur bleue d'indigo, et se précipite avec une couleur vert foncé, presque noire. — 3° La troisième, enfin, qui paraît se trouver dans les espèces de feuilles dont la couleur est plus foncée, laquelle se dissout dans l'acide acétique avec une couleur brun verdâtre, et s'en précipite de même. Il émet l'opinion que toutes les feuilles d'un grand arbre ne contiennent pas 10 grammes de chlorophylle ; il est très probable que ce nombre, si petit qu'il paraisse, est exagéré.

Enfin, M. Mulder (2), dans un long article sur la chlorophylle, fait remarquer avec raison que Pelletier et Caventou, ainsi que Marquart, ont désigné sous ce nom un mélange de graisse et de chlorophylle pure. Il a répété les observations de Berzelius, et les a en général confirmées. Pour obtenir la chlorophylle pure, il traite des feuilles fraîches par l'éther, fait évaporer la dissolution jusqu'à ce qu'il ne reste qu'un faible résidu ; il se forme un précipité qu'il traite par l'alcool, jusqu'à ce qu'il se colore en jaune. La dissolution alcoolique est évaporée à siccité, et le résidu repris par l'alcool bouillant. Cette nouvelle dissolution laisse en s'évaporant une matière que l'acide chlorhydrique concentré dissout, et qu'on obtient en neutralisant cet acide par le marbre.

(1) *Ann. de chimie et de phys.*, t. LXVII, p. 324.

(2) *Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie*, p. 239. 1844.

L'analyse de la chlorophylle pure des feuilles du *Populus tremula* lui a fourni des résultats qui conduisent à la formule  $C^{16}H^9AzO^8$ ; mais il ajoute que la petite quantité de matière analysée ne permet pas de rien conclure. Quoi qu'il en soit, nous voyons apparaître la présence de l'azote dans la chlorophylle, et ce fait, s'il se confirme, suffira pour renverser bien des théories sur la matière colorante des végétaux. Il ne sera, dès lors, guère possible d'assimiler cette substance aux graisses et aux résines. La matière préparée d'après le procédé de M. Mulder est évidemment plus simple que les mélanges obtenus par ses devanciers; mais pour établir qu'on a réellement une substance unique, toujours identique, il faut rechercher la chlorophylle dans des plantes variées, et arriver à l'identité de composition par des analyses multipliées. Malgré l'incertitude qui reste, je dois examiner les propriétés que cet habile chimiste a constatées, soit dans la chlorophylle pure, soit dans le mélange de graisse et de chlorophylle.

La chlorophylle pure est soluble dans les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés avec une couleur vert bleuâtre. L'ammoniaque et la potasse, ainsi que leurs carbonates, la dissolvent avec une belle couleur verte. Lors de la dissolution par l'acide chlorhydrique, il reste non dissoute une petite quantité de matière jaune-pâle, que Berzelius appelle *xanthophylle*. Du reste, cette matière jaune n'existe point dans la chlorophylle des feuilles fraîches d'été; elle n'apparaît qu'à l'époque où la chlorophylle éprouve des transformations.

En faisant passer un courant de chlore dans une dissolution chlorhydrique de chlorophylle pure, on obtient des flocons blancs qui se dissolvent en partie dans l'éther. La partie soluble et celle qui ne l'est pas sont l'une et l'autre des matières grasses; il semble d'après cela que, sous l'action d'agents qui lui enlèvent de l'hydrogène, la chlorophylle puisse se transformer en graisse, et qu'on doive attribuer cette origine à une partie de la cire qui l'accompagne. L'une des matières qui prennent naissance dans la réaction précédente est jaune; si nous ajoutons à ce fait que les feuilles jaunes d'automne contiennent beaucoup de cire, il

devient clair que celle-ci est le résultat d'un changement chimique survenu dans la chlorophylle pure.

La chlorophylle des feuilles sèches diffère sous quelques rapports de celle des feuilles fraîches ; elle se rapproche par ses propriétés de la partie de la matière colorante de ces dernières, qui est jaune. Si l'on considère que la chlorophylle se transforme partiellement à l'air en jaune, et que les feuilles séchées à l'air renferment moins de chlorophylle et plus de matière colorante jaune, il semble tout naturel de supposer que cette transformation est le résultat d'une oxydation, tandis qu'au contraire ce sont des agents désoxydants qui produisent la matière colorante jaune.

En neutralisant par le marbre la dissolution dans l'acide chlorhydrique de la chlorophylle des feuilles sèches, elle se précipite, et quand on la traite par l'acide chlorhydrique bouillant, elle se dissout en grande partie et laisse une matière noire. En saturant de nouveau l'acide par le marbre, la chlorophylle se précipite avec une couleur jaune-verdâtre, et la liqueur qui était verte devient bleue. On obtient la plus grande quantité de cette couleur bleue en lavant avec de l'acide chlorhydrique étendu la chlorophylle pure précipitée par le carbonate de chaux d'une dissolution dans cet acide. Ce phénomène est du plus haut intérêt, puisque le vert résulte d'un mélange de bleu et de jaune, et que beaucoup de fruits, d'abord verts, deviennent ensuite bleus. Parmi les produits de la chlorophylle sous l'intervention des agents chimiques, on trouve donc une substance jaune et une substance bleue.

Ce mélange des substances jaune et bleue des feuilles sèches s'accorde presque entièrement par ses propriétés avec la chlorophylle des feuilles fraîches.

Quant à la matière noire, l'acide sulfurique la dissout avec une couleur qui se compose de jaune, de brun et de vert. Elle colore de la même façon les dissolvants de la chlorophylle pure ; c'est donc un troisième produit de décomposition de cette dernière substance.

D'après les recherches de Berzelius, les différentes nuances de



vert que présentent les feuilles proviendraient des proportions dans lesquelles sont mélangées ces trois substances colorantes ; car, bien que séparées, elles peuvent colorer une feuille en vert.

Quelques heures d'exposition à la lumière solaire suffisent pour colorer en jaune la dissolution de la chlorophylle pure. Une dissolution dans l'acide chlorhydrique et l'éther, conservée pendant cinq mois dans un flacon à moitié plein, devint aussi entièrement jaune. Ces faits montrent la transformation facile de la chlorophylle en une substance jaune, avec la destruction des matières noire et bleue, soit sous l'influence de la lumière, soit sans son intervention.

La chlorophylle est entièrement détruite par les agents d'oxydation ; elle l'est aussi par les agents de désoxydation ; sous ce point de vue, elle ressemble à l'indigo. Berzelius, en la traitant par l'hydrogène naissant, au moyen d'une lame de zinc placée au sein d'une dissolution dans l'acide chlorhydrique, a vu la couleur verte passer au jaune ; et en évaporant le liquide jaune à l'air, il se colorait de nouveau en vert, mais avec moins d'intensité.

De tous ces faits, il résulte évidemment que la chlorophylle est un corps tout particulier, entièrement distinct de la cire ou de la graisse ; qu'elle peut se décomposer en une substance jaune, noire ou bleue, et qu'elle se trouve, dans beaucoup de feuilles, mélangée avec elles. Les variétés de nuances du vert des feuilles proviennent de leur mélange. Les agents d'oxydation et de désoxydation la décomposent et enfin la décolorent, et la cire s'en déduit sous l'influence de ces derniers, bien que cette cire des feuilles puisse provenir en grande partie d'une autre source.

Si la formule donnée plus haut se confirmait, la chlorophylle se rapprocherait de l'indigo, et, à l'état incolore, qu'elle prend sous l'influence de l'hydrogène naissant, elle serait un hydrure de ce qu'elle est à l'état vert. Il résulterait de là que la chlorophylle devrait absorber de l'oxygène pour se colorer en vert.

Après cet exposé détaillé des idées émises par M. Mulder sur la constitution chimique et les transformations de la chlorophylle, examinons les faits relatifs à son développement.

Les feuilles des plantes qui se développent à la lumière sont en général vertes, elles ne présentent qu'exceptionnellement d'autres couleurs. Lorsque des plantes qui se colorent en vert croissent dans l'obscurité, la matière verte ne se développe pas, et les feuilles prennent une nuance blanc jaunâtre en même temps que leur structure est plus délicate. On donne à ces plantes le nom d'*étiolées*, et ce phénomène est connu dès le temps d'Aristote. Il n'est pas nécessaire que la lumière directe des rayons solaires intervienne pour déterminer la coloration en vert des feuilles, la lumière diffuse est très suffisante pour produire le développement de la matière verte. La lumière artificielle des lampes suffit pour colorer un peu en vert des plantes qu'on soumet à son influence, comme cela résulte des expériences de De Candolle (1) et de M. de Humboldt (2). Ce dernier savant a même rapporté un fait qui semble montrer que l'influence de la lumière peut être remplacée par celle du gaz hydrogène.

Senebier (3) a observé de son côté que lorsqu'il y a une certaine quantité d'hydrogène dans l'air où l'on place une plante à l'obscurité, elle ne perd pas complètement sa couleur verte. De Candolle avoue qu'il n'a jamais vu verdir des plantes étiolées en les faisant végéter dans des bocaux contenant du gaz hydrogène (4).

Ce ne sont pas seulement les parties extérieures directement exposées à la lumière diffuse qui se colorent en vert, on voit cette couleur se manifester dans des parties qui semblent soustraites à l'action de la lumière par de nombreuses enveloppes. Ainsi l'embryon est vert dans les Malvacées, les Rhamnées, les Convolvulacées, dans beaucoup de Papilionacées, des Caryophyllées, etc. Ainsi encore l'enveloppe herbacée de l'écorce est verte, lorsqu'il existe pourtant autour d'elle une couche subéreuse qui intercepte le passage de la lumière.

A la question du développement de la chlorophylle se rattache

(1) *Mém. des savants étrang.*, t. I, p. 331.

(2) *Aphorismi*, p. 179.

(3) *Physiolog. végét.*, t. IV, p. 270.

(4) *Ibid.*, p. 899.

**l'étude plus spéciale de l'étiollement.** Bonnet, Meese et Senebier ont fait des observations assez nombreuses sur ce sujet. Mustel a reconnu que l'action de la lumière sur les plantes n'a qu'un effet local. Les plantes vertes exposées à l'obscurité ne jaunissent pas (1), leurs feuilles tombent et les nouvelles pousses sont jaunes. Si l'on expose avec ménagement une plante étiolée à la lumière, elle y verdit au bout de vingt-quatre heures, même sous l'eau. Suivant Senebier, les plantes étiolées transpirent peu et absorbent aussi très peu d'eau. Il a eu l'occasion d'observer que des haricots étiolés n'altèrent pas l'air d'une manière sensible dans des vases clos; cependant il y a eu un peu d'acide carbonique produit. Dans ses *Mémoires physico-chimiques*, il a fait voir que sous l'eau, au soleil, les plantes étiolées ne donnent point de gaz.

L'un des points les plus importants de l'histoire de la chlorophylle est sans contredit l'examen du rôle qu'elle joue dans la respiration et dans la nutrition des plantes. Des expériences bien connues et certaines faites par Bonnet, Priestley, Ingenhouz, Senebier, Théodore de Saussure, De Candolle, etc., montrent que les parties vertes des plantes exposées à la lumière directe du soleil y dégagent de l'oxygène. Le jour le plus pur, sans soleil, où la lumière des lampes n'ont pas suffi dans des expériences qui ont été faites pour dégager une quantité de gaz appréciable. Les parties vertes des plantes placées dans l'obscurité se comportent tout autrement : elles dégagent de l'acide carbonique et absorbent de l'oxygène. Les parties qui revêtent une couleur autre que la verte se comportent à la lumière de cette dernière façon ; il n'y a que quelques exceptions à cette règle, comme cela résulte des observations de M. Théodore de Saussure sur l'arroche rouge et de MM. De Candolle et Aimé sur des algues colorées en rouge et en brun.

L'oxygène dégagé par les parties vertes des plantes sous l'influence directe des rayons solaires provient de la décomposition de l'acide carbonique emprunté soit au sol par les racines, soit à l'air par les feuilles. Mais l'oxygène ne provient-il que de cette

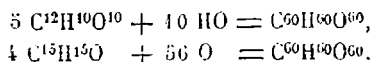
(1) Senebier, *Physiolog. veget.* t. IV. p. 267.

source? Quelles relations existe-t-il entre ce dégagement d'oxygène et le développement de la chlorophylle? Les parties jeunes d'une plante sont d'une couleur verte beaucoup moins intense que les plus âgées, la quantité de chlorophylle augmente donc avec l'âge. D'un autre côté, la matière colorante verte ne se produit que sous l'influence de la lumière, et c'est sous cette même influence que se fait le dégagement d'oxygène; on est ainsi amené à supposer une connexion intime entre ces deux phénomènes. Si donc, comme le fait très bien remarquer M. Mulder (1), la chlorophylle était une substance pauvre en oxygène qui se formât aux dépens de matières riches en oxygène, les parties vertes seraient par cela seul capables de dégager ce gaz, et la relation dont nous venons de parler s'expliquerait aisément. Mais il n'en est pas ainsi, du moins quant à la chlorophylle pure; la formule donnée précédemment nous la montre comme une substance assez riche en oxygène, et d'après Berzelius, loin de dégager de ce gaz en devenant verte, elle aurait besoin d'en absorber pour passer de l'état incolore à cette couleur verte.

Cependant on doit maintenir cette proposition, que les plantes dégagent de l'oxygène, non point *parce qu'elles sont vertes*, mais parce qu'elles deviennent vertes; et ce qui ne peut se dire de la chlorophylle pure s'applique très bien au mélange de graisse et de chlorophylle. D'après M. Mulder, la substance grasse qui accompagne la chlorophylle pure a une composition qui peut se représenter par la formule :



Or 4 équivalents de cette graisse, plus 56 équivalents d'oxygène donnent 5 équivalents d'amidon et 10 équivalents d'eau :



Il est donc montré par cette relation remarquable, que l'amidon peut se transformer en graisse, et que dans ce changement une quantité considérable d'oxygène devient libre. Des feuilles

(1) *Loc. cit.*, p. 273.

de quatre genres de plantes très différents (lilas, vigne, peuplier et une graminée), il a retiré une graisse de composition identique et a trouvé cette matière fort abondante, tandis que la chlorophylle pure n'existe qu'en très petite quantité. La formation de la matière grasse semble marcher de front avec celle de la matière colorante verte, et l'amidon des feuilles joue ainsi un rôle très important. Dans la transformation que subit ce dernier, tout l'oxygène mis en liberté n'arrive pas à l'atmosphère, une partie est employée à faire passer au vert la chlorophylle incolore. Ce phénomène ne peut s'accomplir qu'autant que de l'amidon se transforme en graisse et fournit ainsi une grande quantité d'oxygène. Quant à faire dériver la chlorophylle pure de l'amidon seul, cela paraît peu probable à cause de l'azote que cette substance renferme, et M. Mulder n'hésite pas à la considérer comme ayant pour base la protéine.

Nous voyons ainsi se passer dans les feuilles un fait de la plus haute importance, et parfaitement d'accord avec les résultats énoncés par M. Hugo Mohl. Les différences qu'il a constatées dans la structure anatomique de la chlorophylle s'expliquent très aisément. On conçoit, en effet, que si un seul grain d'amidon s'est partiellement transformé en graisse, et qu'il se soit en même temps développé de la matière colorante verte, on aura une masse sphérique de chlorophylle avec un noyau d'amidon. Si deux grains s'accolent, leur ensemble constituera une masse ayant deux grains d'amidon au centre et une enveloppe gélatineuse verdâtre, le tout revêtant la forme ellipsoïdale, etc. La chlorophylle sans forme proviendra d'un groupe de grains d'amidon qui se seront transformés en chlorophylle et en graisse, ne laissant que des traces de leur présence.

Suivant M. Mohl, tantôt il se forme une couche de chlorophylle provenant de l'amidon; tantôt, au contraire, c'est l'amidon qui provient de la graisse. Il lui semble hors de doute que, dans les conferves, et surtout dans les *Zygnema*, il se développe d'abord des grains de chlorophylle, et que l'amidon ne vient que plus tard. Il se fonde sur ce que, dans les parties jeunes, les grains d'amidon sont plus petits que dans les parties plus âgées. Cette

transformation réciproque semble peu probable à M. Mulder, et il ne voit pas qu'elle découle nécessairement du fait observé par M. Mohl, puisque les grains d'amidon peuvent continuer à grandir tout en se transformant en chlorophylle, si cette métamorphose se fait moins vite que la formation de l'amidon.

L'influence de la lumière sur le changement d'amidon en chlorophylle mélangée de graisse est hors de doute, lorsqu'on voit les racines, qui offrent de si vastes dépôts d'amidon, ne verdir que dans les parties exposées à la lumière. Dans l'automne, avec la disparition de la couleur verte, disparaît aussi l'amidon, et l'iode n'en indique plus aucune trace.

Il me reste maintenant à passer en revue l'un des points les plus curieux de l'histoire de la chlorophylle, celui qui est relatif à la théorie proprement dite de la coloration des végétaux. Je me bornerai à l'examen des théories les plus célèbres.

D'après les observations de Macaire-Prinsep (1), peu de temps avant de prendre la couleur jaune, les feuilles cesseraient d'exhaler de l'oxygène au soleil, et continueraient d'en absorber pendant la nuit; de là résulterait un acide qui colorerait les feuilles d'abord en jaune, puis en rouge, et qu'on pourrait enlever au moyen d'un alcali, de manière à rétablir la couleur verte. Il considère ainsi les couleurs jaune et rouge comme des modifications de la chromule verte. Ces résultats sont tout à fait inexacts; aucun réactif ne peut rétablir la couleur verte d'une feuille qui a jauni. Loin de voir la chromule jaune verdir par les alcalis, Marquart annonce que sa dissolution devient verte par l'action de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Quelque variées que soient les couleurs que présentent les fleurs et les autres parties des végétaux, on peut cependant distinguer deux séries de modifications, dont la couleur verte est le point de départ commun. Tantôt la couleur verte d'une partie végétale se change en jaune, ce jaune en orangé, et ce dernier en orangé rouge; tantôt cette même couleur verte se change en

(1) *Mémoire sur la coloration automnale des feuilles (Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, t. IV, p. 43).*

bleu , ce bleu passe au violet , et par le rouge violet arrive enfin au rouge lui-même. Les couleurs principales dans ces deux séries sont le bleu et le jaune , et ce sont précisément les couleurs qui , dans le spectre , comprennent le vert. En partant de ces faits , De Candolle avait établi une classification des couleurs végétales en deux séries (1) : l'une comprend les couleurs *xanthiques* , l'autre les couleurs *cyaniques*. Schübler et Frank (2) trouvèrent , d'après de nombreuses recherches , que , dans les couleurs de la série xanthique , le jaune était la couleur fondamentale , et qu'elle pouvait bien passer au rouge et au blanc , mais jamais au bleu ; tandis que dans la série cyanique , le bleu est la couleur fondamentale , et peut passer au rouge et au blanc sans pouvoir passer au jaune. D'après cela , Schübler et Frank établirent une échelle graduée des couleurs avec leurs transformations. La couleur verte , comme propre aux feuilles et aux pétales dans le bouton , occupe le milieu , et les deux séries s'en écartent en divergeant , et se rejoignent en arrivant au rouge. On peut disposer cette échelle de la manière suivante :

*Vert.*

Bleu verdâtre.	Jaune verdâtre.
Bleu.	Jaune.
Bleu violet.	Jaune orangé.
Violet.	Orangé.
Violet rouge.	Orangé rouge.

*Rouge.*

Les auteurs allemands ont substitué les noms de série *oxydée* et de série *désoxydée* à ceux de série xanthique et de série cyanique imaginés par De Candolle. Ces dénominations ne sont pas heureuses , car les faits sur lesquels on appuie l'oxydation ou la désoxydation ne sont nullement démontrés.

Clamor Marquart a essayé de déduire les couleurs des corolles de la chlorophylle et des modifications qu'elle éprouve pendant

(1) *Physiol. végét.*, p. 907.

(2) *Untersuchungen über die Blütenfarben*. Tübingen , 1825

la végétation. Il a préparé la chlorophylle par le procédé que j'ai indiqué plus haut, et dans les réactions auxquelles il l'a soumise, il a observé les deux faits suivants, qui lui ont paru de la plus grande importance.

En laissant digérer pendant quelque temps la chlorophylle dans l'eau distillée, à une température de 14 à 15 degrés Réaumur, il se forme une dissolution d'un beau *jaune*. Par un séjour prolongé dans l'alcool à 0,30, la chlorophylle disparaît complètement en donnant de même une dissolution *jaune*, et l'opération est beaucoup activée par l'intervention de l'acide carbonique. L'acide sulfurique concentré dissout la chlorophylle avec une couleur *vert bleu* intense. Si l'on verse avec précaution de l'alcool à 0,40, qui surnage la liqueur sans se mêler avec elle, la dissolution acide passe à une teinte indigo foncé, et peu à peu la coloration se propage dans l'alcool. Or, d'après Marquart, dans le premier cas, la chlorophylle se combine avec une certaine quantité d'eau et constitue alors une matière colorante qu'il désigne sous le nom d'*anthoxanthine*; dans le second cas, au contraire, la chlorophylle perd une certaine quantité d'eau, et devient ainsi une substance colorante bleue qu'il nomme *anthocyane*. De telle sorte que les modifications attribuées par Schübler à une oxydation ou à une désoxydation de la chlorophylle seraient dues à une hydratation ou à une déshydratation. L'anthocyane serait la matière colorante des fleurs bleues, violettes et rouges; l'anthoxanthine, la matière colorante des fleurs jaunes, et toutes les couleurs des fleurs pourraient se déduire de ces deux substances diversement modifiées. Les acides faibles colorent l'anthocyane en violet, les acides énergiques en rouge; quant à l'anthoxanthine, l'acide sulfurique concentré la colore en bleu indigo, puis en pourpre, en lui enlevant les éléments de l'eau.

La substance que Marquart désigne sous le nom de chlorophylle n'est point, comme nous l'avons vu, une matière simple; il avait fort bien constaté qu'une matière grasse, huileuse, restait quand il traitait la chlorophylle par l'acide sulfurique, mais il ne s'en est nullement préoccupé pour les conclusions qu'il a déduites des faits précités. En effet, si la matière grasse ne subit point



d'action de la part de l'acide et qu'il n'y ait avec elle que la chlorophylle pure, on conçoit que les conclusions pourront se poser ; mais rien ne démontre que les réactions soient dues à la chlorophylle même, et les bases de la théorie ingénieuse de Marquart se trouvent ainsi ébranlées. Mais, indépendamment de ce fait capital, on peut opposer d'assez graves objections à cette théorie. La chlorophylle ne se trouve pas dans les couches cellulaires les plus superficielles, et c'est principalement dans celles-là que se rencontrent les principes colorants bleu, violet et rouge. Dans les cellules plus profondément situées du mésophylle, il existe bien de la chlorophylle, et l'on y voit naître à une certaine époque de la matière rouge ; mais on voit qu'en même temps la chlorophylle persiste, et cette matière rouge paraît provenir du suc cellulaire d'abord incolore. Ce suc, par l'action prolongée d'un acide faible, devient rouge sans passer par le bleu ; d'un autre côté, la chlorophylle et l'anthoxanthine se colorent en bleu foncé dans l'acide sulfurique concentré, et l'action ultérieure de cet acide ne les fait point passer au rouge. Est-ce donc bien de l'anthocyane qui a pris naissance dans ces circonstances, comme le suppose Marquart ? Il résulte évidemment de cette discussion qu'on ne peut affirmer que la chlorophylle, l'anthocyane et la matière rouge soient des modifications d'une même substance.

M. Hope a aussi reconnu (1) qu'il existe dans les plantes deux matières colorantes distinctes, dont l'une, qu'il nomme *érythro-gène*, forme les couleurs rouges avec les acides, tandis que l'autre, qu'il appelle *xanthogène*, détermine la coloration en jaune avec l'intervention des alcalis. Ces deux principes se présentent simultanément dans les fleurs rouges et bleues, et dans les feuilles de quelques plantes qui montrent la première de ces couleurs ; toutes les feuilles vertes, toutes les fleurs blanches et jaunes contiennent seulement du xanthogène.

Berzelius a fait sur la couleur rouge des baies et des feuilles d'automne, ainsi que sur la couleur jaune des feuilles à la même époque, des expériences que M. Mulder dit avoir confirmées

(1) *Institut*, 15 février 1837, p. 59.

d'une manière satisfaisante. Elles ne les ont pas conduits à admettre les hypothèses admises par leurs devanciers. Berzelius (1) a examiné la matière colorante des cerises et des groseilles noires.

Il a trouvé dans l'un et l'autre fruit la même matière colorante, et il la regarde comme identique avec celle qu'il a extraite des feuilles du cerisier et du groseillier devenues rouges. La matière colorante rouge est soluble en toutes proportions dans l'alcool et l'eau, et insoluble dans l'éther; avec un lait de chaux, on obtient un précipité vert-gris. Berzelius en conclut que cette matière colorante n'est pas, comme on l'avait cru, une combinaison d'une matière colorante bleue avec un acide. Ce qui avait donné lieu à cette erreur, c'est qu'en traitant le suc des baies par l'acétate de plomb, on obtient des précipités bleus, mais cette coloration est due à l'impureté du suc par suite de la présence de l'acide citrique et de l'acide malique.

Dans les feuilles rouges de cerisier et de groseillier, Berzelius a trouvé, en même temps, de la graisse et de la cire. On les sépare en ajoutant de l'eau à leur dissolution alcoolique: l'eau dissout la matière colorante rouge, et les matières grasses se précipitent. Par l'acétate de plomb, cette solution aqueuse donne un précipité vert passant promptement au gris brun, et l'on en sépare la matière colorante en précipitant le plomb par l'hydrogène sulfuré et évaporant dans le vide la liqueur filtrée. Berzelius donne le nom d'*érythrophyllite* à la matière colorante rouge ainsi obtenue.

En traitant par l'alcool les feuilles jaunes d'automne, Berzelius en a extrait une matière colorante jaune mélangée avec une graisse incomplètement saponifiable. Il n'a pu débarrasser de cette graisse la matière colorante que l'eau ne dissout pas, que l'alcool dissout à peine. Berzelius la regarde comme une substance intermédiaire entre une huile grasse et une résine, et la nomme *xanthophylle*.

Si nous remarquons que la matière grasse persiste dans les fruits qui mûrissent et dans les feuilles qui se revêtent de leurs couleurs automnales, lorsque la chlorophylle disparaît, il ne nous paraîtra pas douteux que la chlorophylle pure ne soit l'origine

(1) *Traité de chimie*, trad. par Valérius, t. VII, p. 15.

des matières colorantes jaune et rouge. Mais ajoutons que jamais Berzelius n'a pu reproduire la chlorophylle au moyen de la xanthophylle, ni transformer la chlorophylle en xanthophylle.

M. Mohl n'admet pas que la chlorophylle ait aucun rapport avec la coloration rouge automnale des feuilles, parce qu'il a observé dans des feuilles rouges des grains de chlorophylle non altérés. Cependant on ne saurait nier qu'en traitant par l'éther des feuilles rouges, on n'en extrait qu'une très petite quantité de chlorophylle, et que la dissolution est rouge, bien qu'il ne faille que très peu de chlorophylle pour colorer l'éther en vert.

Quant aux fruits, M. Mohl ne nie pas l'intervention de la chlorophylle dans leur coloration en rouge. L'influence de la lumière sur la transformation de la chlorophylle dans ces circonstances semble ressortir de ce fait, qu'un fruit reste vert du côté où il n'est pas exposé au soleil, tandis qu'il revêt d'autres couleurs du côté que frappe la lumière directe. L'action de la lumière sur les feuilles est inverse, et cette différence doit être attribuée à la cause qui entraîne la coloration automnale des feuilles. Ces phénomènes dépendent de ce que la lumière ne peut produire de la chlorophylle mélangée de graisse qu'à la condition qu'il y ait une quantité suffisante des substances d'où ce mélange prend naissance. La lumière détruit incessamment la chlorophylle, et si la provision des substances d'où elle provient s'épuise, la chlorophylle cesse d'apparaître, et d'autres matières colorantes prennent sa place.

Il résulte évidemment de l'exposé que je viens de faire, que les nombreuses investigations auxquelles on a soumis la coloration des végétaux n'ont pas conduit à des résultats très nets. Le seul point qui me paraisse élucidé, c'est celui de la structure anatomique de la chlorophylle; l'habileté de M. Mohl l'a conduit à des résultats simples, précis, que la science peut admettre sans contestation. Quant au reste, en ne s'attachant qu'aux travaux fort remarquables de Berzelius et de M. Mulder, on s'explique difficilement les conclusions qu'ils en tirent. On suit avec peine les transformations et les dédoublements par lesquels ils font passer la chlorophylle pure, pour en déduire successivement les

matières jaune, bleue et noire dont il est question plus haut. Le plus grand mérite de ces recherches, c'est la distinction de la graisse et de la chlorophylle, la découverte de la relation qui lie cette graisse à l'amidon, enfin la découverte de l'azote dans la chlorophylle pure. L'érythrophylle et la xanthophylle n'auront d'importance réelle que quand on aura donné des formules qui représentent leur constitution, et jusque-là il ne sera pas possible de songer sérieusement à comparer ces substances à la chlorophylle.

Dans le travail dont je vais exposer les résultats, j'indiquerai successivement ce que j'ai obtenu en traitant :

- 1° Des feuilles vertes de diverses plantes ;
- 2° Des feuilles revêtues de leurs couleurs automnales ;
- 3° Des feuilles de plantes étiolées ;
- 4° Des fleurs de bluets et de narcisses.

## CHAPITRE PREMIER.

### FEUILLES VERTES.

*Robinia pseudo-acacia.* — Je fais macérer dans l'alcool à 36 ou 40 degrés, des folioles d'acacia, immédiatement après les avoir cueillies : à la température de 15 à 18 degrés, l'alcool se colore au bout d'un jour, en vert d'une grande intensité en même temps qu'il acquiert une odeur fort désagréable. Au bout de quelques jours, soit qu'on le laisse en contact avec les feuilles, soit qu'on le sépare, il prend une teinte rougeâtre. Sur les feuilles se fait un dépôt noir punctiforme qu'on voit aussi s'effectuer sur les parois d'un flacon renfermant une dissolution un peu concentrée. Je décante l'alcool, je presse les feuilles pour en extraire le liquide qui les imprègne, et je filtre la liqueur ainsi obtenue. C'est une dissolution alcoolique affaiblie par l'eau que les feuilles contiennent dans leurs tissus. Les feuilles sortent du flacon avec une couleur brun vert, et l'on peut, en les traitant de nouveau, extraire une nouvelle quantité des substances que contient la première dissolution, mais dans des proportions différentes. Je fais évaporer la dissolution alcoolique au bain-marie dans une cornue, jusqu'à ce que la distillation se ralentisse, et je jette le résidu sur un filtre ;

il passe un liquide rouge, foncé, tenant en dissolution une matière extractive, et sur le filtre il reste un dépôt que je lave à l'eau jusqu'à ce que ce liquide passe à peine jaunâtre. Je traite la substance restée sur le filtre par l'éther : une partie se dissout avec une couleur vert noir qui paraît rouge par réflexion ; une partie n'est pas dissoute et se présente sous un aspect gélatineux avec une couleur verdâtre.

En traitant cette dernière substance par l'acide chlorhydrique fumant, j'obtiens une dissolution verte avec une nuance jaunâtre et il reste un résidu noir. Je sature l'acide chlorhydrique par le marbre, après l'avoir filtré ; je filtre de nouveau, je lave pour enlever les dernières traces d'acide, et pour me débarrasser du marbre, je traite la substance par l'alcool à 40 degrés bouillant. La plus grande partie se dissout, et par le refroidissement il se fait un dépôt gélatineux, transparent. En employant l'éther au lieu de l'alcool, la partie dissoute est moins considérable, et le résidu forme un mucilage brun, soluble dans l'alcool à 36 degrés bouillant, s'en précipitant aussi par refroidissement.

La partie dissoute dans l'éther, citée plus haut, se présente sous l'aspect d'un extrait vert noir foncé. En le traitant aussi par l'acide chlorhydrique concentré, j'obtiens une dissolution d'un vert intense ; je filtre, je reprends par l'acide tant qu'il se colore en vert, et la substance qui se précipite en le saturant par le marbre est noire, pulvérulente ; je la redissous dans l'éther pour la débarrasser du marbre. Ce qui reste sur le filtre est une masse visqueuse, noire, que je dissous dans l'éther, et que je filtre pour en séparer une partie qui n'est plus soluble.

Cet exposé rapide nous montre combien est complexe le contenu de la dissolution alcoolique séparée des feuilles d'acacia ; mais un examen détaillé de chacune des parties que nous venons seulement de mentionner nous montrera une complication encore plus considérable. Dans l'impossibilité de désigner par un nom spécial chacune de ces substances, et pour éviter l'emploi de longues périphrases, je dresserai le tableau suivant, et je désignerai par une lettre particulière les différentes matières qui y figurent :

Résidu de l'évaporation de la dissolution alcoolique.	Soluble dans l'eau.		Matière extractive.	
	Insoluble dans l'eau. . . . .	Soluble dans l'éther . . . . .	Soluble dans l'acide chlorhydrique . . . . . (A)	
			Insoluble dans l'acide chlorhydrique.	Soluble dans l'éther. . . (B)
	Insoluble dans l'éther. . . . .	Insoluble dans l'éther. . . . .	Soluble dans l'acide chlorhydrique . . . . . (D)	
			Insoluble dans l'acide chlorhydrique. . . . . (E)	

*Substance (E).* — Cette matière, telle que la laisse l'acide chlorhydrique, se présente sous la forme de petits fragments noirs en quantité assez peu considérable. Après un contact très prolongé avec l'éther, elle lui cède très peu de chose; le liquide se colore à peine, et laisse en s'évaporant une petite quantité de matière que l'acide sulfurique concentré colore en jaune verdâtre. En étendant la liqueur, elle prend l'aspect de l'absinthe, mélangée avec de l'eau, et il se fait un précipité de flocons blanc verdâtre.

Par l'alcool à 40 degrés bouillant, j'en ai enlevé de cette substance qu'une faible portion qui s'est dissoute en colorant l'alcool en brun verdâtre. La matière qui reste après tous ces traitements est facilement pulvérisable, et ses fragments ont l'aspect d'une résine noire.

*Substance (D).* — En épuisant par l'éther la matière que l'acide chlorhydrique avait dissoute, et la desséchant à 100 degrés, j'obtiens une poudre d'une couleur blanc verdâtre. L'acide sulfurique concentré la colore en jaune, et en l'étendant d'eau, il la laisse déposer sous forme d'un nuage blanc-jaunâtre. Elle se dissout aussi dans la potasse et son carbonate avec une couleur jaune. Une analyse de cette substance desséchée à 100 degrés a fourni les résultats suivants :

Poids de la matière. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,303
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,587
Poids de l'eau . . . . .	0 <sup>gr</sup> ,166

On en déduit :

	Trouvé.	Équivalents.	Calculé.
Carbone. . . . .	52,83	36	52,96
Hydrogène . . . . .	6,08	24	5,94
Oxygène. . . . .	44,09	21	41,45
	<hr/> 100,00		<hr/> 100,00

Je n'ai pas fait d'expérience directe pour constater s'il y a de l'azote.

La partie que dissout l'acide chlorhydrique dans le dépôt laissé par l'éther est de constitution variable avec la durée du traitement par ce liquide. Si l'éther agit pendant un temps considérable, il ne reste guère que le dépôt gélatineux qui fournit la substance analysée plus haut, mais si l'action de l'éther n'est pas suffisamment prolongée, l'acide chlorhydrique dissout en même temps une quantité plus ou moins considérable de la substance (A), et c'est de la présence de cette dernière que résulte la couleur verte de la dissolution. Quand on traite par l'alcool à 40 degrés le précipité qui s'effectue par suite de la neutralisation de l'acide chlorhydrique au moyen du marbre, cette substance se dissout et ne se précipite point par refroidissement; lorsqu'on traite par l'éther, la substance (A) se dissout, quoique difficilement; la substance (D) ne se dissout pas. Nous verrons plus loin que cette substance (A) purifiée n'est autre chose que la chlorophylle. Or, en voyant la couleur verte que possédait la dissolution de la substance (D), je crus d'abord que j'avais ainsi de la chlorophylle pure, et j'en fis une analyse qui me donna les résultats ci-dessous :

Poids de la matière. . . . .	05r,352
Poids de l'acide carbonique . . . . .	05r,735
Poids de l'eau . . . . .	05r,485

Ce qui donne :

Carbone. . . . .	56,95
Hydrogène. . . . .	5,83
Oxygène. . . . .	37,22
	<hr/> 100,00

Ce n'est là qu'un mélange en proportions inconnues de la substance (D) et de la chlorophylle. La substance analysée avait été desséchée à 100 degrés, et formait une poudre noire se colorant du plus beau vert sous l'action de l'acide chlorhydrique concentré.

En traitant au bain-marie par l'eau distillée la substance (D) précipitée de sa dissolution dans l'acide chlorhydrique, et déjà traitée par l'éther, on obtient une dissolution d'un jaune foncé, qui par le refroidissement laisse former un dépôt gélatineux. L'évaporation à siccité, à l'air, de ce liquide jaune, fournit une matière pulvérisable brune que l'acide sulfurique concentré dissout en se colorant en jaune brun. L'eau ne dissout point toute la matière soumise à son action ; elle prend une teinte de plus en plus claire, quand on la renouvelle, et il reste une substance noire mélangée de gris. La substance noire est sans doute de la chlorophylle, car elle colore en vert l'acide sulfurique concentré.

Des feuilles d'acacia que j'avais traitées une deuxième fois par l'alcool me donnèrent une matière (D) qui, après le traitement par l'éther, fut dissoute par l'acide chlorhydrique avec une teinte jaune-verdâtre. Le papier sur lequel je filtrai prit une couleur jaune superbe. En neutralisant l'acide, j'ai obtenu une matière blanc verdâtre que l'alcool à 40 degrés bouillant a presque toute dissoute, et qui par refroidissement s'est précipitée en flocons blanchâtres. Desséchée à 100 degrés, cette substance se réduit en une poudre blanche que l'acide sulfurique colore en jaune pâle, et qui s'en précipite sous forme d'un nuage blanc légèrement jaunâtre. Une analyse a fourni les nombres suivants :

Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,122
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,254
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,074

On en tire :

	Trouvé.	Équivalents.	Calculé.
Carbone . . . . .	56,07	36	56,25
Hydrogène . . . . .	6,47	24	6,25
Oxygène . . . . .	37,46	48	37,50
	<hr/> 100,00		<hr/> 100,00



*Substance (C).* — La matière (C) provient sans doute de transformations éprouvées par les matières soumises aux réactifs mentionnés dans le tableau. Nous voyons en effet qu'elle est insoluble dans l'éther, et que primitivement, avant qu'on eût fait agir l'acide chlorhydrique, cette substance appartenait à un mélange soluble dans l'éther. Quoi qu'il en soit, cette substance épuisée par ce réactif cède, à l'alcool à 40 degrés bouillant, une petite quantité d'une matière noire, tandis qu'elle prend une teinte brun noirâtre. Elle se dissout difficilement dans l'acide sulfurique concentré qu'elle colore en brun foncé, et par l'eau s'en précipite en flocons noirâtres. J'en ai analysé, avant qu'elle fût traitée par l'alcool, une petite quantité desséchée à 100 degrés. et j'ai obtenu les nombres suivants :

Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> , 494
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> , 457
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> , 430

Ce qui donne :

Carbone. . . . .	65,35
Hydrogène. . . . .	7,56
Oxygène. . . . .	27,49
	<hr/>
	100,00

Je ne saurais dire s'il y a de l'azote.

*Substance (B).* — La substance qui va nous occuper diffère de toutes celles qui l'accompagnent par les proportions dans lesquelles on la rencontre dans les feuilles; elle y est comparative-ment en très grande abondance, et si des doutes peuvent exister relativement à la composition des matières précédentes, il n'en est plus de même de celle-ci. Ses propriétés permettent de l'obtenir pure, autant qu'on peut le désirer, et son abondance est suffisante pour qu'on puisse en multiplier les analyses.

Pour l'obtenir, je traite par l'acide chlorhydrique concentré la matière qu'avait dissoute l'éther dans le résidu de l'évaporation de la dissolution alcoolique primitive, ou en d'autres termes,

la chlorophylle de Marquart, le mélange de chlorophylle et de graisse de M. Mulder. Je renouvelle l'acide jusqu'à ce qu'il ne se colore plus qu'en vert très pâle, et je jette la matière non dissoute sur un filtre. Je lave à l'eau pour enlever l'acide, et pour m'en débarrasser complètement, je dissous la substance dans l'éther, je filtre, et j'agite cet éther au contact de l'eau distillée jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de louche appréciable par l'azotate d'argent. Je décante la dissolution éthérée, et la fais évaporer par distillation à 50 ou 60 degrés. Je chauffe à 100 degrés le résidu laissé par l'évaporation, et j'obtiens ainsi une matière brun jaunâtre fusible à 30 degrés, qui forme une masse molle à la température ordinaire, ayant tous les caractères des matières grasses. Elle est jaunâtre en couches minces. Elle ne s'altère pas sensiblement après un temps assez long, car des sept analyses suivantes, les trois premières ont été faites au mois de juillet 1849, et les dernières en janvier 1850, par conséquent à six mois d'intervalle. En outre, la matière qui a été analysée en dernier lieu provenait de préparations faites aux mois d'août et de septembre 1849, tandis que celle qui le fut au mois de juillet provenait en grande partie de préparations remontant jusqu'à la fin de 1847 et 1848. Ajoutons toutefois qu'elle n'avait point été séparée des matières qui l'accompagnent.

Voici les résultats de ces analyses :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Poids de la substance. . . . .	0gr,505	0gr,205	0gr,250	0gr,500	0gr,564	0gr,563	0gr,575
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0gr,850	0gr,574	0gr,606	0gr,840	1gr,015	1gr,014	1gr,050
Poids de l'eau. . . . .	0gr,506	0gr,206	0gr,250	0gr,500	0gr,565	0gr,560	0gr,568

On en déduit :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	76,00	76,56	75,92	76,56	76,05	76,18	76,56	76,18
Hydrogène. . . . .	11,14	11,16	11,11	11,11	11,14	11,01	10,95	11,08
Oxygène. . . . .	12,86	12,18	12,97	12,55	12,81	12,81	12,71	12,74
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Lorsque cette graisse vient d'être séparée de l'acide chlorhydrique et qu'on la malaxe dans l'eau, elle se gonfle considérablement, et prend une couleur grisâtre; elle colore en rouge brun

l'éther qui la dissout. En la traitant par un poids de potasse caustique égal à la moitié du sien, dissoute dans un double poids d'eau, elle se dissout complètement, et forme un savon jaune brun foncé. J'ai filtré une dissolution de ce savon; j'ai saturé la potasse par l'acide chlorhydrique, et la graisse s'est réunie à la surface en une masse brune. Je l'ai lavée, dissoute dans l'éther, puis débarrassée des dernières traces d'acide par le procédé indiqué. J'ai fait subir à cette graisse les mêmes traitements que pour les analyses précitées, et j'en ai fait deux nouvelles analyses pour constater s'il était survenu un changement dans sa composition.

Les caractères physiques n'ont point changé; il en est de même sensiblement de la composition chimique, comme cela résulte des analyses suivantes :

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,300	0 <sup>gr</sup> ,369
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,835	0 <sup>gr</sup> ,025
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,298	0 <sup>gr</sup> ,365

Ces nombres fournissent, en effet, une composition élémentaire très peu différente de celle des analyses précédentes, qui ont été faites à la même époque :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	75,91	75,75	75,83
Hydrogène . . . . .	11,07	10,99	11,03
Oxygène. . . . .	13,02	13,26	13,14
	100,00	100,00	100,00

Dans la préparation de cette graisse, j'observai un jour le fait suivant, que je n'ai pas vu se reproduire dans les autres préparations. La graisse était sur un filtre; l'acide chlorhydrique s'était écoulé; je versai de l'eau pour en enlever les dernières traces, et la liqueur, qui avait filtré verte jusque-là, prit subitement une teinte bleu clair très prononcée qui imprégna le filtre. En neutralisant l'acide, la coloration disparut. J'observai ce fait le soir;

le lendemain matin, la liqueur était encore bleue, mais à midi toute trace de coloration avait disparu.

Une autre fois je lavais sur le filtre la graisse que je venais de séparer de l'acide chlorhydrique, et je n'avais point revu la couleur bleue; mais en la malaxant dans l'eau, je vis la teinte bleue se manifester légèrement, puis disparaître bientôt complètement. Lorsque j'eus dissous la graisse dans l'éther, l'eau qui restait interposée se sépara, et manifesta une coloration bleue intense.

*Substance (A).* — Nous voici arrivés à l'examen de la substance qui me semble mériter le nom de chlorophylle, lorsqu'on l'obtient à l'état de pureté. D'après le tableau dressé plus haut, on pourrait croire qu'il n'est pas difficile de parvenir à ce résultat, mais il n'en est malheureusement pas ainsi. On est obligé, en effet, pour la séparer de la graisse, de filtrer de l'acide chlorhydrique très concentré (la dissolution de la chlorophylle n'a lieu qu'à cette condition), et les filtres doivent être pris doubles et solides pour résister à l'action de l'acide, et encore laissent-ils passer des traces de graisse, comme nous le verrons plus loin. D'un autre côté, pour séparer le précipité des fragments de marbre qui l'accompagnent, il faut redissoudre la chlorophylle dans l'éther, et cette dissolution ne s'effectue qu'avec une très grande difficulté. Ajoutons à cela que cette matière est extrêmement rare, et qu'il faut traiter une quantité très considérable de feuilles pour en obtenir une quantité appréciable. Ainsi, dans la dernière expérience que j'ai faite sur les feuilles d'acacia, j'avais rempli quatre flacons d'une capacité totale de 6 litres, contenant par conséquent une énorme quantité de folioles, et, après cinq semaines de manipulations très minutieuses, je n'en obtins que 0<sup>sr</sup>,350 de la substance (A), et encore ce n'était pas de la chlorophylle pure.

J'ai fait quatre analyses de la substance (A), dont la première se rapporte à un mode de préparation différent de celui des trois autres. La matière précipitée de l'acide chlorhydrique par le marbre a été lavée, puis dissoute dans l'alcool à 40 degrés. Desséché à 100 degrés, le résidu de l'opération s'est parfaitement

pulvérisé, et réduit en une poudre noire. Dans les trois dernières analyses, la substance a été dissoute dans l'éther; elle était encore pulvérisable et noire.

	I.	II.	III.	IV.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,493	0 <sup>sr</sup> ,422	0 <sup>sr</sup> ,140	0 <sup>sr</sup> ,489
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,478	0 <sup>sr</sup> ,284	0 <sup>sr</sup> ,317	0 <sup>sr</sup> ,440
Poids de l'eau . . . . .	0 <sup>sr</sup> ,142	0 <sup>sr</sup> ,275	0 <sup>sr</sup> ,090	0 <sup>sr</sup> ,412

Ces nombres conduisent aux proportions suivantes pour le carbone et l'hydrogène, l'azote et l'oxygène restant confondus :

	I.	II.	III.	IV.
Carbone. . . . .	67,55	63,48	64,75	63,49
Hydrogène . . . . .	6,45	6,83	7,44	6,58
Azote et oxygène. . . . .	26,00	29,69	34,14	29,93
	400,00	400,00	400,00	400,00

Ces résultats ne sont pas de nature à lever les doutes sur la composition de la chlorophylle, et je les transcris seulement pour montrer le sens dans lequel marche la composition de la substance analysée; nous verrons plus loin que la première analyse se rapporte à de la chlorophylle mélangée d'une très faible quantité de matières étrangères.

Quand on essaie de dissoudre dans l'éther le précipité occasionné par la saturation de l'acide chlorhydrique, une première partie se dissout d'abord très facilement, et il reste un résidu qu'il est impossible de dissoudre entièrement, même après un temps très long, et pourtant il contient de la chlorophylle. La dissolution alcoolique ou étherée de cette substance est brune; je l'ai même vue d'une teinte rouge clair. Un caractère saillant, qui permet d'en reconnaître des traces, c'est la propriété qu'elle possède de se colorer en vert par l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique concentré. C'est une matière colorante tellement riche, qu'il n'en faut qu'un très petit fragment pour colorer d'une manière très intense une grande quantité de ces acides. En ajoutant un peu d'eau à l'acide sulfurique, la chlorophylle s'en préci-

pite bientôt sous forme de flocons verdâtres qui peuvent reprendre leur belle teinte verte au contact du même acide concentré. La dissolution chlorhydrique laisse aussi facilement déposer la chlorophylle lorsqu'on l'étend d'un peu d'eau.

La matière que j'ai obtenue, et qui a servi aux analyses III et IV, chauffée à 100 degrés au bain-marie dans l'eau distillée, donnait une teinte jaune à ce liquide sans diminuer sensiblement de volume. L'opération, continuée pendant plus de vingt heures, donnait toujours à l'eau une teinte jaunâtre. Le premier traitement donnait une teinte plus foncée que les suivants. En évaporant cette liqueur jaune, il se forme un dépôt jaune verdâtre qui se dissout avec cette couleur dans l'acide sulfurique concentré.

Lorsqu'on sature par le marbre la dissolution de la chlorophylle dans l'acide chlorhydrique, cette matière s'entasse à la surface du liquide avec une couleur noir bleuâtre. Quand on jette ce liquide sur un filtre, il passe d'abord avec une teinte souvent vert jaune tendre, puis lorsque le chlorure de calcium a passé, et qu'on lave pour en enlever les dernières traces, le liquide devient incolore pour reprendre ensuite une teinte jaune tendre qui persiste aussi longtemps qu'on renouvelle l'eau sur le filtre. Ce phénomène est-il dû à une substance qui accompagne la chlorophylle, ou bien est-il le résultat d'une transformation de la chlorophylle analogue à celle qui a conduit Marquart à introduire l'anthoxanthine dans la science? Les résultats des analyses, comparés à ceux que nous examinerons plus loin, me font rejeter cette dernière hypothèse.

J'ai dissous de la chlorophylle dans de l'acide sulfurique concentré, et après avoir obtenu de cette façon une dissolution d'un vert bleuâtre intense, j'ai versé de l'alcool étendu qui a surnagé la liqueur; peu à peu la coloration s'y est propagée, mais en restant verte et sans passer à l'indigo.

Dans une dissolution analogue, j'ai ajouté un peu d'eau, puis mis du zinc, la chlorophylle s'est précipitée sans jaunir; elle a conservé son caractère de verdier sous l'action des acides. Dans une dissolution de chlorophylle dans l'acide chlorhydrique, j'ai aussi mis du zinc, et il s'est formé une matière brun-chocolat.

Une dissolution de chlorophylle dans l'acide chlorhydrique se conserve depuis plus d'un an sans altération.

*Matière extractive.* — L'examen de cette matière ne rentre pas précisément dans l'étude de la coloration des végétaux, aussi ne m'étendrai-je pas sur ce point, que j'examinerai plus tard. Lorsqu'on jette sur un filtre le résidu laissé par l'évaporation de la dissolution alcoolique, et qu'on l'arrose avec de l'eau, ce liquide passe avec une couleur rouge foncé, puis devient jaune, de plus en plus pâle après un lavage longtemps continué. En évaporant à consistance d'extrait au bain-marie et à l'air, on obtient une matière ayant l'odeur et l'apparence des confitures. En chauffant à l'étuve à 100 degrés, la dessiccation n'est pas suffisante pour qu'on puisse pulvériser, mais de 120 à 125 degrés on parvient à ce résultat. On obtient alors une poudre jaune, amère, n'ayant plus qu'une odeur beaucoup moins forte. Cette poudre est excessivement hygrométrique, elle adhère aux doigts, elle s'humecte immédiatement au contact du papier, et prend une couleur brun-chocolat dont l'odeur s'exalte. Ainsi pulvérisée et mise dans l'étuve à eau à 100 degrés, elle s'agrége en masse brune cassante.

J'ai fait trois analyses de cette matière parfaitement desséchée à 120 degrés, et j'en ai obtenu les résultats suivants :

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,349	0 <sup>sr</sup> ,536	0 <sup>sr</sup> ,875
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,546	0 <sup>sr</sup> ,840	1 <sup>sr</sup> ,302
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,467	0 <sup>sr</sup> ,254	0 <sup>sr</sup> ,404

La matière brûlée renferme évidemment des sels minéraux qui étaient en dissolution dans le végétal. Pour connaître la proportion de matière organique, j'en ai calciné au rouge dans un creuset de platine une première fois 0<sup>sr</sup>,226, et une deuxième fois 0<sup>sr</sup>,159 : la première combustion a donné une perte de 0<sup>sr</sup>,192, la deuxième une perte de 0<sup>sr</sup>,137 ; donc la proportion de matière organique au poids total est égale à

$$\frac{192 + 137}{226 + 159} = \frac{329}{385}.$$

En appliquant ces nombres aux données des analyses précédentes, on trouve :

	I.	II.	III.
Poids de la matière organique.	0 <sup>gr</sup> ,298	0 <sup>gr</sup> ,458	0 <sup>gr</sup> ,745

On en déduit :

	I.	II.	III.	MOYENNE.	ÉQUIVALENTS.	CALCULÉ.
Carbone. . .	47,22	48,23	47,66	47,70	36	48,00
Hydrogène. . .	6,22	6,06	5,98	6,08	26	5,78
Oxygène. . .	46,56	45,74	46,36	46,22	26	46,22
	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00

Il est très remarquable que ce mélange ait une composition qui permette de la représenter par une formule aussi simple que  $C^{36}H^{26}O^{26}$ ; mais il serait plus intéressant de rechercher quelles sont les substances élémentaires, les produits immédiats qui sont ainsi réunis. Pour arriver à ce but, j'ai pris la liqueur rouge qui reste dans la cornue quand l'alcool a presque tout distillé, et l'ayant séparée par filtration, j'y ai ajouté quelques gouttes d'acide chlorhydrique : j'ai obtenu ainsi un précipité brun très abondant et un liquide rouge très foncé. J'ai lavé ce dépôt pour le débarrasser de l'acide, et je l'ai traité par l'éther, puis par l'eau bouillante au bain-marie. L'eau a rougi, j'ai jeté sur un filtre et repris le précipité jusqu'à ce que le liquide devint à peine jaunâtre. L'eau qui filtra, surtout après les premiers traitements, laissa apercevoir, en se refroidissant, un dépôt gélatineux, et l'eau jaune où il s'était formé donna en s'évaporant une substance analogue. En desséchant à 100 degrés, et pulvérisant, on obtient une poudre jaune-brunâtre, que l'acide sulfurique concentré dissout avec cette couleur. Une analyse m'a fourni les résultats suivants :

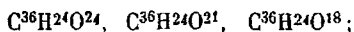
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,395
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,723
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,205

On en tire :

	Trouvé.	Équivalents.	
Carbone . . . . .	49,92	36	50,00
Hydrogène. . . . .	5,76	24	5,55
Oxygène. . . . .	44,32	24	44,45
	100,00		100,00



Si nous comparons la formule par laquelle se laisse représenter cette substance à celles dont nous avons fait mention à propos de la substance (D), nous serons frappés d'une relation très singulière ; nous aurons en effet les trois formules suivantes :



de telle sorte que la deuxième semblerait se rapporter à une substance qui serait exactement formée de parties égales des deux autres. La première représente exactement de l'amidon déshydraté ; les deux autres représentent de l'amidon déshydraté, et de plus désoxydé. Dans les trois cas, l'amidon a perdu 6 équivalents d'eau ; dans le second, il perd en outre 3 équivalents d'oxygène, et 6 dans le troisième. Ces résultats curieux montrent les transformations nombreuses que l'amidon éprouve dans les végétaux.

Je n'ai pas encore analysé la matière brune qui reste après le traitement par l'eau.

#### Feuilles de Mauve (*Malva sylvestris*).

J'ai dit précédemment que l'alcool dans lequel on met macérer des feuilles pour en extraire la matière colorante s'affaiblit en s'étendant de l'eau qu'elle renferme. On peut se débarrasser de cette eau en pilant les feuilles et les pressant pour en extraire le jus ; mais les feuilles de Mauve ne se prêtent pas volontiers à ce mode de préparation : le mucilage qu'elles renferment empêche qu'on puisse en extraire de l'eau ; quand même on ajoute une assez grande quantité de ce liquide, il n'est plus possible de l'enlever par pression. Du reste, les feuilles de Mauve peuvent être traitées immédiatement par l'alcool à 40 degrés ; elles se comportent comme celles d'Acacia. En suivant le même procédé, j'ai aussi trouvé une matière extractive et une substance insoluble dans l'eau, et une partie de celle-ci s'est de même dissoute dans l'éther, tandis que l'autre est restée insoluble. Je pourrais donc ici reconstruire le tableau que j'ai dressé précédemment, mais il y manquerait un terme, la substance (D).

*Substance (E).* — En traitant fort longtemps par l'éther la substance séparée de la matière extractive, il reste toujours un

résidu, mais beaucoup moins considérable que dans le cas de l'Acacia. En le traitant par l'acide chlorhydrique on obtient une dissolution verte, qui me paraît n'être que de la chlorophylle; il y a une matière noire non dissoute, qui ressemble complètement à celle qui se présente dans les circonstances analogues avec l'Acacia.

*Substance (C).* — Cette matière se retrouve dans les Mauves avec les mêmes caractères physiques, et dans les mêmes circonstances que dans le traitement des feuilles d'Acacia. En la traitant par l'alcool à 40 degrés bouillant, elle a de même coloré ce liquide en brun clair, en lui cédant une très petite quantité d'une substance noire. Je n'en ai pas obtenu suffisamment pour en faire l'analyse.

*Substance (B).* — La matière grasse existe dans les Mauves en grande abondance; lorsqu'on la sépare de la chlorophylle en la traitant par l'acide chlorhydrique concentré, elle se présente sous l'aspect d'une substance noire, filante, qui adhère aux parois des vases, imprègne les filtres et les traverse, bien qu'on les prenne doubles. Pour l'obtenir débarrassée des substances qui l'accompagnent, je lui fais subir les mêmes traitements qu'à la graisse des feuilles d'Acacia; c'est-à-dire qu'elle est successivement lavée sur le filtre, dissoute dans l'éther, agitée dans ce liquide avec de l'eau et desséchée à 100 degrés, après qu'on a fait évaporer la dissolution éthérée. J'en ai fait plusieurs analyses, qui m'ont fourni les résultats suivants. La première a été faite au mois de juillet 1849, les trois suivantes à la fin de janvier, et les trois dernières au mois de février. Celles-ci semblent indiquer une oxydation qui confirme l'analogie de cette matière avec les graisses animales :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Poids de la substance. . . . .	0gr,237	0gr,518	0gr,502	0gr,354	0gr,355	0gr,350	0gr,320
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0gr,720	0gr,878	0gr,851	0gr,978	0gr,976	0gr,960	0gr,872
Poids de l'eau. . . . .	0gr,260	0gr,520	0gr,501	0gr,358	0gr,355	0gr,350	0gr,320

Ces nombres conduisent aux proportions suivantes :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Carbone. . . . .	76,40	73,50	75,51	75,54	74,90	74,80	74,62
Hydrogène. . . . .	11,24	11,18	11,07	11,25	11,11	11,11	11,11
Oxygène. . . . .	12,56	15,32	13,62	13,45	13,99	14,09	14,27
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les trois analyses suivantes ont été faites au mois de juin 1850, avec de la graisse récemment extraite des Mauves :

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,350	0 <sup>gr</sup> ,354	0 <sup>gr</sup> ,364
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,980	0 <sup>gr</sup> ,984	4 <sup>gr</sup> ,044
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,360	0 <sup>gr</sup> ,355	0 <sup>gr</sup> ,365

On en déduit :

	I.	II.	III.
Carbone. . . . .	76,36	76,45	76,38
Hydrogène . . . . .	11,42	11,23	11,23
Oxygène. . . . .	42,22	42,32	42,39
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00

En ajoutant à ces résultats ceux de la première analyse précédente, on obtient en moyenne :

Carbone. . . . .	76,40
Hydrogène. . . . .	11,28
Oxygène. . . . .	42,32
	<hr/>
	100,00

Dans toutes ces analyses, la matière grasse a été desséchée à 100 degrés.

Cette substance jouit des mêmes propriétés que celle qu'on extrait des feuilles d'Acacia ; elle se gonfle de même dans l'eau quand on vient de la séparer de l'acide chlorhydrique : elle est alors d'une couleur grisâtre. Sa dissolution éthérée est aussi rouge brun foncé. Elle est fusible à 30 degrés au plus ; à la température ordinaire, avant qu'on l'ait chauffée à l'étuve à 100 degrés, elle est noire et exhale une odeur piquante. Elle se sépare en deux parties, l'une liquide, l'autre en grumeaux. Quand elle a été desséchée à 100 degrés, elle se prend par refroidissement en une masse molle, d'un brun très foncé.

Cette graisse est très facilement saponifiable, avec les mêmes proportions d'eau et de potasse que celle d'Acacia. Elle forme un

savon rouge-brun, mou, très soluble dans l'eau. Quand on verse de l'acide chlorhydrique dans la dissolution filtrée, il se forme d'abord un précipité qui se réunit en une masse jaunâtre spongieuse. En laissant dans l'eau et à l'air la graisse ainsi séparée de la potasse, elle blanchit.

J'ai fait trois analyses de la graisse de Mauve saponifiée, après l'avoir débarrassée de l'acide chlorhydrique et chauffée à 100 degrés. Voici les résultats obtenus :

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,340	0 <sup>gr</sup> ,303	0 <sup>gr</sup> ,308
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,868	0 <sup>gr</sup> ,846	0 <sup>gr</sup> ,860
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,345	0 <sup>gr</sup> ,305	0 <sup>gr</sup> ,340

On en déduit :

	I.	II.	III.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	76,36	76,14	76,15	76,22
Hydrogène . . . . .	11,28	11,18	11,18	11,21
Oxygène. . . . .	12,36	12,68	12,67	12,57
	100,00	100,00	100,00	100,00

La première analyse résulte d'une préparation différente de celle des deux autres, mais toujours par le même procédé. Les nombres fournis par ces analyses montrent qu'après la saponification la graisse reprend la composition qu'elle avait quand elle était récemment préparée.

Dans les préparations qui m'ont servi à obtenir la matière grasse des Mauves, je n'ai jamais vu apparaître la couleur bleue dont il a été question précédemment.

*Substance (A).* — Longtemps je ne fus guère plus heureux avec les Mauves qu'avec l'Acacia pour en obtenir de la chlorophylle pure. J'ai traité une quantité considérable de feuilles, mais je n'ai toujours obtenu que de très faibles quantités de chlorophylle. La graisse de Mauve est extrêmement filante, et il est presque impossible, quand on veut en séparer la chlorophylle par l'acide chlorhydrique, d'empêcher qu'il n'en passe un peu à

travers les filtres. Ainsi, dans une précipitation qui m'avait fourni 5 à 6 décigrammes de substance, précipitée de la dissolution dans l'acide chlorhydrique par le marbre; lorsque j'essayai de la pulvériser après une dessiccation à 100 degrés, elle adhérait au pilon et au mortier. Je l'ai redissoute dans l'acide chlorhydrique concentré, et j'ai filtré; sur le filtre il est resté une substance soluble dans l'éther que l'acide sulfurique concentré colorait en jaune brun-verdâtre; c'était donc principalement de la graisse. J'ai neutralisé de nouveau avec le marbre, et j'ai filtré, puis lavé. La liqueur passe d'abord incolore, puis devient jaune quand il n'y a plus que des traces de chlorure de calcium. J'ai soumis quelques instants à l'action de l'eau bouillante au bain-marie la matière séparée du filtre, elle s'est colorée en jaune très prononcé. La dissolution de l'éther après la précipitation par le marbre n'est pas facile, et il reste toujours une certaine quantité de matière qu'on ne peut redissoudre. L'éther prend une couleur brun foncé, et quand on le fait évaporer, il laisse sur les parois de la capsule une matière qui les tapisse avec un reflet bleu noirâtre, très facilement pulvérisable.

Je suis parvenu à m'en procurer une quantité suffisante pour faire les deux analyses suivantes, et j'ai tout lieu de penser que j'ai obtenu de la chlorophylle à peu près pure. J'ai desséché la matière à 130 degrés, et j'ai pris toutes les précautions mises en usage dans l'analyse des matières azotées. Dans la première j'ai dosé l'hydrogène et le carbone :

Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,284
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,722
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,168

Ces nombres donnent les proportions :

Carbone. . . . .	69,33
Hydrogène. . . . .	6,57
Oxygène et azote. . . . .	24,10
	<hr/>
	100,00

Pour doser l'azote j'ai suivi le procédé de M. Péligot. J'ai employé 0<sup>gr</sup>,305 de substance. Il fallait 23,3 de sucrate de chaux pour saturer 10 centimètres cubes d'acide sulfurique; après la combustion il n'en fallut plus que 19,6 : 3,7 avaient été saturés par l'ammoniaque. Ces nombres donnent pour l'azote 9,11; de sorte que les proportions de la substance analysée sont :

Carbone . . . . .	69,33
Hydrogène . . . . .	6,57
Azote . . . . .	9,11
Oxygène . . . . .	14,99
	100,00

*Matière extractive.* — Je n'ai pas encore soumis à l'analyse la matière extractive des feuilles de Mauve; j'ai seulement constaté qu'il s'y forme un abondant précipité jaune pâle, quand on y verse de l'acétate neutre de plomb, et que la liqueur reste toujours d'un rouge très foncé.

Mercuriale annuelle (*Mercurialis annua*).

En 1848, dans les essais que je fis pour obtenir la chlorophylle de Mercuriale annuelle, je préparai une assez grande quantité de graisse mélangée de chlorophylle. J'en ai isolé la graisse par les moyens qui m'ont servi dans le cas de l'Acacia et des Mauves, et j'en ai fait, en août 1849, trois analyses qui m'ont conduit aux résultats suivants. La dessiccation a été faite à 100 degrés.

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,293	0 <sup>gr</sup> ,247	0 <sup>gr</sup> ,260
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,795	0 <sup>gr</sup> ,695	0 <sup>gr</sup> ,730
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,285	0 <sup>gr</sup> ,248	0 <sup>gr</sup> ,261

Ces nombres donnent :

	I.	II.	III.	Moyenne.
Carbone. . . . .	76,61	76,74	76,57	76,64
Hydrogène . . . . .	11,44	11,45	11,45	11,45
Oxygène. . . . .	12,25	12,11	12,28	12,21
	100,00	100,00	100,00	100,00

J'ai saponifié une certaine quantité de cette graisse, et l'ai analysée de nouveau après lui avoir fait subir les traitements ordinaires. Tout s'est sensiblement dissous dans la potasse, et plus tard dans l'éther. Les trois analyses que j'en ai faites les derniers jours de décembre et en mars m'ont conduit aux nombres suivants :

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	05 <sup>r</sup> ,372	05 <sup>r</sup> ,348	05 <sup>r</sup> ,448
Poids de l'acide carbonique. . . . .	45 <sup>r</sup> ,030	05 <sup>r</sup> ,962	45 <sup>r</sup> ,459
Poids de l'eau. . . . .	05 <sup>r</sup> ,365	05 <sup>r</sup> ,345	05 <sup>r</sup> ,443

De là résulte pour la composition en centièmes :

	I.	II.	III.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	75,54	75,39	75,62	75,51
Hydrogène . . . . .	10,90	11,04	10,97	10,96
Oxygène. . . . .	13,59	13,60	13,41	13,53
	100,00	100,00	100,00	100,00

Par ses propriétés comme par sa composition, cette substance se rapproche beaucoup de la graisse extraite de l'Acacia et des Mauves. Les dernières analyses semblent indiquer une légère oxydation.

Quand on essaie de dissoudre dans l'éther la graisse débarrassée de la chlorophylle, il y a aussi une petite quantité d'une matière insoluble (C); mais j'en ai obtenu trop peu pour l'analyser. Je n'ai pas porté mon attention sur les autres substances que peut contenir la dissolution alcoolique.

#### *Lolium perenne.*

Pour extraire la chlorophylle et la graisse de cette plante, j'ai suivi un procédé plus simple que ceux que j'avais mis en usage jusque-là; il m'a été suggéré par un conseil obligeant de M. Boussingault. J'ai pilé dans un mortier une très grande quantité de *Lolium perenne* très jeune, et j'en ai exprimé le jus. Je l'ai fait coaguler dans une bassine en cuivre, puis je l'ai

filtré et lavé; j'ai obtenu une grande quantité de matière que j'ai desséchée, pulvérisée et traitée par l'éther dans un appareil à déplacement. La substance pulvérisée était vert noirâtre, et communiqua cette teinte à l'éther. J'ai filtré, puis évaporé ce liquide, et le résidu de l'évaporation a exigé plus de sept litres d'acide chlorhydrique pour être épuisé de chlorophylle. La graisse était assez compacte pour se détacher aisément des filtres, et je dois à cette circonstance d'avoir obtenu assez facilement une petite quantité de chlorophylle sensiblement pure.

*Graisse.* — La graisse de *Lolium perenne*, qui s'extrait comme je viens de le dire, après le traitement par l'acide chlorhydrique, est noire, compacte, et ne se redissout pas entièrement dans l'éther; il reste une proportion notable de la substance (C). J'ai traité par l'alcool à 37 degrés le marc que m'avait fourni le pressurage, et après une macération de trois semaines, les feuilles étaient devenues brun jaunâtre. Bien que j'eusse enlevé une très grande quantité d'eau, il en restait encore beaucoup, et l'alcool n'était plus guère qu'à 30 degrés; je l'ai filtré et fait évaporer incomplètement au bain-marie. Il s'est déposé une graisse très filante au fond d'une énorme quantité de matière extractive. Soumise à l'action de l'acide chlorhydrique, cette graisse ne s'est pas durcie, et n'a cédé qu'une assez petite quantité de matière colorante verte; elle a une grande mollesse et une couleur brunâtre.

*Chlorophylle.* — Pour purifier autant que possible la chlorophylle que j'avais obtenue par la saturation de l'acide chlorhydrique au moyen du marbre, j'en ai redissous une partie dans cet acide afin d'enlever toutes les traces de graisse qui pouvaient rester. Je suis parvenu à obtenir environ 1<sup>sr</sup>,2 de substance que j'ai employée à faire quatre analyses. La dessiccation a été faite à 130 degrés, comme pour la chlorophylle de Mauve. Dans les deux premières j'ai dosé l'hydrogène et le carbone, et dans les deux dernières l'azote.

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,308	0 <sup>sr</sup> ,274
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,794	0 <sup>sr</sup> ,704
Poids de l'eau . . . . .	0 <sup>sr</sup> ,494	0 <sup>sr</sup> ,468



Ces nombres donnent :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	70,04	70,07	70,05
Hydrogène. . . . .	6,53	6,84	6,67
Azote et oxygène. . . . .	23,43	23,12	23,28
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,277	0 <sup>gr</sup> ,340

Dans la première, 23,3 de sucrate de chaux saturaient 10 centimètres cubes d'acide sulfurique avant la combustion ; après la combustion, il n'en fallait que 20,00 : donc 3,3 avaient été saturés par l'ammoniaque.

Dans la seconde, 24,2 de sucrate de chaux saturaient 10 centimètres cubes d'acide sulfurique, et à la fin il n'en fallait que 17,8; l'ammoniaque en avait donc saturé 3,4. Ces nombres donnent :

	I.	II.	MOYENNE.
Azote. . . . .	8,90	9,03	8,96

La composition définitive est donc :

Carbone. . . . .	70,05
Hydrogène. . . . .	6,67
Azote. . . . .	8,96
Oxygène. . . . .	14,32
	<hr/>
	100,00

Cette substance présente une composition tellement voisine de celle qui se rapporte à la chlorophylle de Mauve, qu'on doit nécessairement admettre que des traces d'impureté empêchent seules une concordance plus grande. Pour l'aspect, ces substances ne présentent nulle différence; en les chauffant à 130 degrés elles n'éprouvent point de fusion, et manifestent à peine un commencement d'agrégation, tenant sans doute à quelques traces de graisse non enlevées.

Dans une première opération où j'avais employé le *Lolium perenne*, je fis dessécher le marc à l'étuve, et je le mis macérer avec de l'alcool dans un alambic en cuivre. Je le fis ensuite chauffer dans le même vase, et je cohobai plusieurs fois l'alcool. Il prit une teinte verte insolite, et par refroidissement, après une concentration suffisante, laissa déposer une épaisse couche de graisse, tandis que d'abondants flocons flottaient en suspension. J'ai filtré, et tout ce qui est resté sur le filtre s'est dissous dans l'éther, en lui donnant une belle teinte verte. Par l'évaporation de ce liquide j'ai obtenu une graisse noire en masse, d'un très beau vert en couche mince. L'acide chlorhydrique n'exerce plus d'action sur elle; l'acide sulfurique la dissout avec une teinte brune, et lorsqu'on y ajoute de l'eau la dissolution devient verte. La potasse caustique forme avec cette graisse un savon vert de la plus grande beauté. J'ai brûlé dans un creuset de platine au rouge une certaine quantité de cette graisse; elle a donné une flamme verte qui m'a prouvé la présence du cuivre dans la substance. Il y a donc eu, dans les circonstances précitées, combinaison intime de la graisse, de la chlorophylle et de l'oxyde de cuivre.

En filtrant l'alcool où s'est effectué le dépôt, on obtient un liquide jaune-verdâtre dont l'évaporation fournit une graisse noire à peine verdâtre, jaune en couche mince, qui ne paraît pas contenir de cuivre.

## CHAPITRE II.

### FEUILLES JAUNES D'AUTOMNE.

Pour se rendre compte du rôle des matières que l'on rencontre dans les feuilles des plantes, il faut évidemment rechercher si elles persistent dans les différentes phases de leur vie physiologique, et si elles conservent leur identité. Ainsi, nous savons que la chlorophylle disparaît lorsque les feuilles revêtent leurs couleurs automnales; en est-il de même de la matière grasse qui l'accompagne? disparaît-elle aussi, ou bien éprouve-t-elle quelque modification dans sa composition? Ce n'est qu'en traitant de la même façon des feuilles d'une même plante lorsqu'elles sont

vertes, puis lorsqu'elles sont devenues jaunes ou rouges, qu'on peut espérer résoudre la question si intéressante de la coloration automnale des feuilles. C'est en comparant entre elles les substances fournies par ces traitements qu'on parviendra à comprendre leur rôle.

Pour résoudre cette question, j'ai traité par l'alcool à 40 degrés des feuilles d'Acacia, cueillies au mois de septembre sur des arbustes dont le feuillage jaunissait fortement; il restait pourtant quelques traces de coloration en vert le long des nervures. Un premier et un second traitement ne les décolorèrent pas; je les traitai encore par l'éther, qui se colora en jaune. J'ai fait subir au résidu de ces dissolutions tous les traitements que j'ai exposés à propos des feuilles vertes, et j'en ai obtenu, en général, les mêmes résultats. J'ai retrouvé la matière extractive et la partie non soluble dans l'eau, et cette dernière, traitée par l'éther, a donné une dissolution jaune brun foncé et un faible résidu brun, grumeleux. Traité par l'acide chlorhydrique concentré, ce résidu se comporte comme la substance (D) du tableau précédent; il colore l'acide en jaune brun foncé: une partie n'est pas dissoute.

Quant au résidu de l'évaporation de la dissolution étherée, en le traitant aussi par l'acide chlorhydrique concentré, on obtient une liqueur vert bleu dont la teinte bleue est très prononcée. La graisse m'a paru plus abondante par rapport à la partie dissoute qu'avec les feuilles vertes traitées simultanément. Il y avait encore un peu de chlorophylle, mais très peu. En préparant la matière grasse par les procédés habituels, j'ai aussi trouvé une partie insoluble dans l'éther et identique à la substance (C). J'ai fait trois analyses de cette graisse, qui m'ont fourni des résultats un peu différents de ceux de la graisse d'Acacia vert; cette dernière renferme moins de carbone que la graisse extraite des feuilles d'Acacia jaunies. La dessiccation a été faite à 125 degrés.

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,259	0 <sup>sr</sup> ,370	0 <sup>sr</sup> ,362
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,704	4 <sup>sr</sup> ,043	4 <sup>sr</sup> ,022
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,250	0 <sup>sr</sup> ,370	0 <sup>sr</sup> ,364

On déduit de là :

	I.	II.	III.	MOYENNE.
Carbone. .	76,77	76,88	76,99	76,88
Hydrogène..	11,15	11,11	11,17	11,14
Oxygène. .	12,08	12,01	11,84	11,98
	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces résultats semblent montrer que dans les feuilles qui deviennent jaunes la graisse tend à se déshydrater. Du reste, ce point, comme beaucoup d'autres, exigera de nouvelles recherches pour être mis en lumière.

Vigne (*Vitis vinifera*).

A la fin d'octobre 1849, je mis dans l'alcool à 40 degrés des feuilles de Vigne la plupart jaunes, quelques unes en même temps partiellement rouges; un petit nombre conservaient encore quelques traces de coloration en vert. Dans un premier traitement, l'alcool prit une belle couleur rouge brun, qui passa au rouge intense par l'évaporation. Des traitements ultérieurs donnèrent à l'alcool seulement une teinte jaune-brunâtre. En filtrant après une évaporation incomplète, il resta sur le filtre une matière jaune soluble dans l'éther. J'ai traité le résidu de l'évaporation de la dissolution éthérée par l'acide chlorhydrique concentré, et ce réactif s'est coloré en jaune intense, ce n'est qu'à un troisième traitement qu'il prit une teinte jaune vert tendre. La graisse qui surnage l'acide n'adhère pas aux parois des vases comme celles des plantes vertes; lorsqu'on la plonge dans l'eau elle se gonfle beaucoup et prend une teinte blanc verdâtre; lorsqu'elle s'affaisse, l'eau interposée se sépare, et la couleur devient noir verdâtre. J'en ai préparé une partie pour en faire l'analyse, et j'ai obtenu une graisse brune, moins coulante que les autres. Desséchée à 100 degrés, elle m'a fourni les résultats suivants dans deux analyses :

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,365	0 <sup>gr</sup> ,280
Poids de l'acide carbonique.	4 <sup>gr</sup> ,049	0 <sup>gr</sup> ,807
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,369	0 <sup>gr</sup> ,279

Ce qui donne :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	78,38	78,60	78,49
Hydrogène. . . . .	11,23	11,07	11,15
Oxygène. . . . .	10,39	10,33	10,36
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Je l'ai saponifiée par le procédé ordinaire, et d'une nouvelle analyse j'ai déduit des résultats identiques :

Poids de la substance . . . . .	0 <sup>sr</sup> ,359
Poids de l'acide carbonique. . . . .	1 <sup>sr</sup> ,034
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,355

Ces nombres donnent les proportions :

Carbone. . . . .	78,32
Hydrogène . . . . .	10,98
Oxygène. . . . .	10,60
	<hr/> 100,00

La composition de cette matière semble confirmer la tendance à la déshydratation que je signalais tout à l'heure à propos des feuilles jaunes d'Acacia ; j'espère arriver promptement à la solution de cette question par l'examen comparatif des matières fournies par les feuilles vertes de Vigne.

En juillet 1850, j'ai versé de nouveau de l'alcool sur les feuilles jaunes qui étaient restées dans un flacon avec une petite quantité de ce liquide, et j'ai obtenu une substance soluble dans l'éther, que j'ai employée à essayer un dosage d'azote sans la traiter par l'acide chlorhydrique. J'ai opéré sur 0<sup>sr</sup>,580, et je n'ai pas trouvé plus de 0<sup>cc</sup>,1 de différence entre la quantité de sucrate de chaux nécessaire à la saturation de 10 centimètres cubes d'acide sulfurique avant et après la combustion. La chlorophylle n'est donc pas remplacée par une substance azotée quand elle disparaît dans les feuilles d'automne.

En neutralisant par le marbre l'acide chlorhydrique qui avait servi à traiter cette graisse de Vigne, j'ai obtenu un précipité peu

abondant, je l'ai jeté sur un filtre, et le chlorure de calcium a tout d'abord passé jaunâtre ; en continuant le lavage, la couleur s'est foncée, et quand j'ai essayé par l'azotate d'argent de reconnaître s'il restait encore du chlorure dans la liqueur qui filtrait, j'ai vu celle-ci, qui était jaune pâle, prendre une teinte rouge intense, laissant sur le filtre une matière à reflet métallique. J'ai traité par l'eau distillée bouillante la substance qui restait encore sur le filtre, et tout s'est dissous ; à l'exception d'un faible résidu noir, qui n'était autre chose que de la chlorophylle. La dissolution filtrée, de couleur jaune pâle, se colorait immédiatement en rouge intense avec l'azotate d'argent, sans donner de précipité.

J'ai concentré le liquide rouge séparé de la graisse que fournit la dissolution alcoolique, et, après l'avoir filtré, je l'ai jeté dans l'eau ; il s'est formé un abondant précipité brun que j'ai traité par l'eau distillée bouillante pour le débarrasser des matières solubles, et j'ai ainsi obtenu, au fond de la capsule, une masse noire, molle, cassante après le refroidissement, soluble dans l'alcool à 40 degrés, que l'acide sulfurique concentré et le carbonate de potasse dissolvent en se colorant en rouge. La liqueur où s'est formé le précipité reste rouge intense ; j'ai desséché à 100 degrés la matière noire, qui s'est très bien pulvérisée, et une analyse m'a fourni les nombres suivants :

Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,521
Poids de l'acide carbonique. . . . .	4 <sup>gr</sup> ,040
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,280

On tire de là :

Carbone. . . . .	54,44
Hydrogène. . . . .	5,97
Oxygène. . . . .	39,59
	<hr/>
	100,00

## CHAPITRE III.

## ÉTIOLEMENT.

L'étude des plantes étiolées peut fournir d'excellents moyens pour connaître les circonstances dans lesquelles se fait le développement de la chlorophylle ; mais les expériences à faire ne sont pas très faciles , et quelques unes même sont d'une bien grande délicatesse. Si l'on expose à la lumière diffuse une plante étiolée assez jeune , en quelques heures elle passe d'une belle couleur jaune à une teinte d'un vert foncé ; il suffit donc d'un temps très court pour que l'influence de la lumière manifeste son action avec toute son intensité. Toutefois il faut se rappeler que la chlorophylle est d'une très grande puissance colorante, et ce phénomène paraîtra moins surprenant. Il est très important de déterminer les changements qui s'opèrent dans la plante qui , d'étiolée, devient verte, et plusieurs points sont à examiner dans ce passage d'une couleur à l'autre. On peut dans ces recherches suivre plusieurs voies distinctes ; on peut , en effet , suivre au microscope les changements survenus dans les matières colorantes contenues dans les cellules de la plante étiolée et de la même plante devenue verte. On peut placer les plantes étiolées dans des conditions atmosphériques déterminées, et rechercher les changements qu'elles font subir aux mélanges gazeux dans le passage en question. On peut enfin traiter par des procédés identiques les mêmes plantes étiolées et vertes, et refaire d'une manière précise ce que Senebier n'a pu faire que grossièrement, pour constater la différence de leur composition chimique, et spécialement celle des matières colorantes.

Toutes les plantes ne se prêtent pas également bien à ces recherches ; il faut des végétaux qui offrent un développement de feuilles considérable dès leur naissance , et en même temps d'une structure assez solide pour supporter les épreuves auxquelles on doit les soumettre. Les Graminées m'ont paru parfaitement satisfaire à ces conditions ; dans la première période de

leur végétation, avant que la tige s'allonge, elles poussent des feuilles fort développées, et d'un autre côté la rigidité de ces organes permet de les manier, sans qu'elles éprouvent de lésion, comme cela arrive pour d'autres plantes. Les Crucifères et les Légumineuses dont j'avais essayé l'emploi n'ont nullement réussi, au moins pour les deux derniers ordres de recherches. Les feuilles ne prennent que tard un développement peu considérable; la tige s'est alors beaucoup allongée est grêle, gorgée de sucs, et d'une mollesse trop grande pour qu'on puisse la manier aisément sans l'écraser un peu.

Les plantes que j'ai soumises à l'observation ont été cultivées dans un lieu complètement obscur, à l'air libre; ou bien dans une serre à bain de sable chauffée par une veilleuse; dans ce dernier cas, je les semais dans des pots plongés dans le sable.

§ I. Le premier point sur lequel j'ai porté mon attention, c'est celui des changements survenus dans les atmosphères limitées où l'on place des plantes étiolées. Je ne crois pas qu'il faille, dans ces circonstances, viser à une précision illusoire; il y a une foule de circonstances dont on n'est pas maître, et dont l'influence peut être égale, sinon supérieure à celle des agents qu'on peut faire varier à son gré. La seule marche raisonnable, c'est d'opérer dans des circonstances bien déterminées, et d'obtenir de nombreux résultats dont on puisse saisir le sens plutôt que la valeur absolue.

Jusqu'ici j'ai adopté la méthode suivante: je coupe la partie inférieure de la tige, qui est blanche, et je n'en laisse qu'une petite partie terminée par les feuilles d'un jaune superbe. Je mets ces feuilles dans du papier joseph pour les dépouiller des gouttelettes d'eau qui les recouvrent, et j'en prends des poids déterminés. Je les place dans des éprouvettes contenant de 125 à 180<sup>cc</sup> de gaz, j'y mets un peu d'eau et je les renverse sur du mercure dans une soucoupe. Là se borne la manipulation. au commencement de l'expérience, s'il s'agit d'employer de l'air seul; mais s'il faut employer de l'air mélangé d'acide carbonique ou d'hydrogène, ou bien de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'acide carbonique seul, je procède de la manière suivante. Pour le mé-



lange d'air et d'acide carbonique, après avoir placé les plantes dans l'air, j'en fais échapper une partie, puis je fais dégager de l'acide carbonique dans l'éprouvette. Lorsqu'il y en a la quantité convenable, je transvase le gaz de l'éprouvette dans une autre plusieurs fois, de manière à effectuer un mélange complet, et j'en recueille une partie qui m'indique par l'analyse la composition de l'atmosphère au commencement de l'expérience. D'autres plantes que les Graminées se prêteraient difficilement à cette opération, mais elles résistent très bien, et la fraîcheur qu'elles conservent prouve bien qu'elles n'ont pas subi d'altération ; c'est ce que montreront, du reste, les résultats des observations. Pour le mélange d'air et d'hydrogène, je fais de même sortir une partie de l'air de l'éprouvette, et j'y introduis ensuite un volume connu d'hydrogène. Enfin, pour opérer avec des gaz seuls, différents de l'air, je place les feuilles dans l'éprouvette, et j'en fais échapper l'air autant que possible, j'introduis le gaz, et je le renouvelle jusqu'à ce qu'il ne doive plus y avoir qu'une très petite quantité d'air mélangé. Dans tous les cas, je détermine le volume du gaz en le mesurant après l'avoir recueilli à la fin de l'expérience. D'après cette méthode, les feuilles sont placées de telle sorte que la partie coupée plonge dans une mince couche d'eau, au sein d'une atmosphère dont la composition est connue.

J'ai combiné les expériences de manière à observer dans des circonstances comparables, et j'ai opéré non seulement avec des atmosphères variées, mais aussi dans des conditions de lumière différentes, en exposant les plantes à la lumière diffuse, à la lumière solaire directe ou à l'obscurité. Les expériences n'ont duré en général que huit à neuf heures. Les plantes exposées à la lumière diffuse ont toujours été disposées à côté de celles qui étaient placées dans l'obscurité ; celles-ci étaient simplement recouvertes par un seau à charbon renversé. La température a été constamment la même dans les expériences d'avril et de mai, et d'environ 20 à 25 degrés ; les éprouvettes étaient placées sur un calorifère, dans une salle à température constante de 15 degrés. Dans celles qui ont été faites au mois de juin, la température moyenne est restée également dans les mêmes limites.

Les résultats fournis par ces expériences, en ne tenant d'abord compte que de l'acide carbonique dégagé, marchent dans un sens très nettement indiqué par les tableaux disposés plus loin. On peut en déduire les faits généraux suivants :

*Lumière diffuse.* — Lorsqu'une plante étiolée est exposée à la lumière diffuse dans l'air, au bout de quelques heures elle commence à verdier, et le développement de la couleur verte marche de la base au sommet, dans l'ordre inverse de l'âge des cellules. Il y a un dégagement d'acide carbonique en quantité d'autant plus considérable que la plante est plus jeune.

Dans un mélange d'air et d'hydrogène, les plantes étiolées se comportent, sous le rapport du changement de couleur, comme dans l'air seul. Il y a dégagement d'une plus grande quantité d'acide carbonique, probablement par un simple déplacement de gaz. Ce qui confirme cette interprétation, c'est que dans l'hydrogène seul il y a dégagement d'acide carbonique par les plantes étiolées, et qu'en tenant compte des nombres fournis dans ce cas pour les appliquer comme correction à ceux qui se rapportent aux observations faites avec un mélange d'air et d'hydrogène, on retrouve des nombres voisins de ceux qui se rapportent aux expériences faites simultanément dans l'air seul.

Dans un mélange d'air et d'acide carbonique, les plantes étiolées exposées à la lumière diffuse ne se comportent pas exactement comme dans l'air. Les changements qu'éprouve leur coloration et la quantité d'acide carbonique produit varient avec les proportions de ce dernier gaz dans le mélange. Il n'y a pas de différence bien sensible entre les quantités d'acide carbonique dégagé dans l'air, ou dans le mélange en question, lorsque l'acide carbonique ne forme que les trois ou quatre centièmes du volume du mélange ; mais si les proportions s'élèvent, l'acide carbonique dégagé diminue d'une manière notable, et si même les proportions d'acide carbonique atteignent 40 pour 100, non seulement le dégagement cesse, mais même il paraît y avoir une sorte de dissolution d'acide carbonique dans les plantes. Quant au développement de la couleur verte, il suit la même marche que le dégagement d'acide carbonique ; mais les changements de colo-

ration cessent de se manifester bien avant que l'acide carbonique cesse de se dégager. Dès qu'il y a dans le mélange 25 pour 100 d'acide carbonique, la couleur verte ne se développe plus d'une manière sensible.

Dans l'oxygène seul, le dégagement d'acide carbonique est plus considérable que dans l'air. Le changement de coloration se passe comme dans l'air.

*Obscurité.* — Les plantes étiolées placées dans l'obscurité, comme on le pense bien, n'éprouvent nulle altération dans leur couleur; elles conservent leur couleur jaune dans tout son éclat. Elles dégagent de l'acide carbonique en quantité assez considérable, et presque autant qu'à la lumière diffuse, qu'on les place dans l'air seul ou dans des mélanges d'air et d'acide carbonique, d'air et d'hydrogène.

*Lumière solaire.* — Lorsqu'une plante étiolée est exposée à la lumière directe du soleil, les phénomènes qui s'accomplissent sont de deux ordres. Les parties jaunes dégagent de l'acide carbonique, mais en même temps les parties qui deviennent vertes se comportent en sens inverse et décomposent une partie de l'acide carbonique formé. Si les plantes sont trop âgées pour verdier promptement, l'acide carbonique n'est plus partiellement décomposé, et on en voit une quantité plus considérable qu'à la lumière diffuse dans les mêmes circonstances. Si au contraire la plante verdit, le dégagement d'acide carbonique paraît beaucoup moindre à cause de la décomposition ultérieure effectuée par les parties vertes. Ces faits ressortent très nettement des expériences faites le 3 juin; on y voit l'acide carbonique entièrement détruit dans le mélange d'air et d'hydrogène.

J'ai résumé dans les tableaux suivants les résultats d'un nombre assez considérable d'expériences, sans entrer dans le détail particulier à chacune d'elles. Ils présentent des faits relatifs à toutes les considérations que je viens de développer, et pour que ces résultats soient tout à fait comparables, j'ai ramené les quantités d'acide carbonique à ce qui se serait dégagé dans une expérience de dix heures pour 1 gramme. Ces calculs supposent que la quantité de gaz produite est proportionnelle au temps et au

poids de la plante. La première hypothèse est admissible pour une expérience de peu de durée, mais la seconde serait loin de l'être si on l'étendait à des poids un peu grands; on conçoit en effet que dans l'étroit espace qui les renferme, si les plantes sont en quantité un peu considérable, celles qui occuperont le centre du paquet qu'elles forment ne seront pas exposées de la même façon aux agents extérieurs. Une particularité dont il n'est guère possible de tenir compte, c'est la présence d'une quantité plus ou moins grande de parties blanches au-dessous de celles qui sont jaunes; les premières à poids égal ne dégagent pas une quantité aussi grande d'acide carbonique que les autres; je m'en suis convaincu par une expérience directe que je rapporterai plus loin. (Tableau IX.)

Les expériences des tableaux I, II, III, IV, ont été faites avec de l'avoine semée toute en même temps; je n'ai pas noté l'âge qu'elle avait à l'époque de la première expérience. Les expériences des tableaux V, VI, VII, VIII, ont été faites avec du blé; celles des trois premiers avec du blé semé en même temps, qui avait poussé depuis cinq jours à l'époque de la première expérience.

TABLEAUX I et II (lumière diffuse).

Poids de plantes soumises à l'expérience. . . . 8 grammes.

24 et 27-28 avril 1849.

Nos des épron- vettes.	Vo- lume du gaz en centi- mètres cubes.	Pro- portions en centimes d'acide carbonique au com- mencement de l'expé- rience.	COMMENCEMENT — FIN — DURÉE			Pro- portions d'acide car- bonique à la fin de l'expé- rience.	Volume d'acide car- bonique ajoute en centi- mètres cubes.	Volume d'acide car- bonique correspon- dant à 1 gr. pour 10 heures d'ex- pé- rience.	Coloration à la fin de l'expérience.
			de l'expérience.						
			h. min.	h. min.	h. min.				
1	96	»	7 50	4 »	8 30	12,4	11,9	1,75	Vertes à la base.
2	110	7,25	8 »	4 50	8 30	14,6	10,2	1,5	Id. moins haut.
5	130	19,4	8 45	5 »	8 45	24,4	6,5	0,9	Verdâtre. en bas.
4	140	25,0	8 30	5 45	8 45	28,9	5,5	0,8	Id. moins haut.
			h. m. soir.	h. m. mat.	h. min.				
1	150	»	4 »	11 »	19 »	10,1	15,1	1,1	Vert-jaunâtre en bas.
2	155	5,0	4 30	9 45	17 45	15,7	14,4	1,2	Id.
5	140	19,1	4 45	10 45	18 »	26,5	10,4	0,8	Jaunes.
4	140	28,5	4 »	10 45	17 45	56,1	10,5	1,1	Id.

TABLEAU III (lumière diffuse).

30 avril 1849.

N <sup>o</sup> des épreuves.	Volume du gaz en centimètres cubes.	Poids	Volume d'hydrogène dans le mélange.	COMMENCEMENT — FIN — DURÉE de l'expérience.			Proportions d'acide carbonique à la fin de l'expérience.	Volume d'acide carbonique ajouté.	Volume d'acide carbonique correspondant à 1 gr. pour 10 heures d'expérience.	Coloration à la fin de l'expérience.
				h. m.	h. m.	h. m.				
1	140	6	64	8 »	5 30	9 30	6,0	8,4	1,47	Vertes à la base.
2.	160	6.	»	7 30	4 »	8 30	3,4	5,4	1,06	Id.
3	130	5	»	7 30	4 30	9 »	2,5	3,25	1,3	Id.
4	95	2	»	8 30	5 »	8 30	2,1	2,0	1,2	Id.

TABLEAU IV.

Poids des plantes soumises à l'expérience. . . 7 grammes.

1<sup>er</sup> mai 1849.

Nos des épreuves.	Volume du gaz en centimètres cubes.	COMMENCEMENT — FIN — DURÉE de l'expérience.			Proportions d'acide carbonique à la fin de l'expérience.	Volume d'acide carbonique ajouté.	Volume d'acide carbonique correspondant à 1 gr. pour 10 heures d'expérience.	Exposition.	Coloration à la fin de l'expérience
		h.	h. m.	h. m.					
1	126	7	4 30	9 30	4,2	5,4	0,82	Lumière diffuse.	Verdâtres en bas.
2	130	7	4 »	9 »	3,9	7,7	1,2	Soleil.	Jaunes.
3	145	7	5 »	10 »	4,1	3,9	0,84	Obscurité.	Idem.

## TABLEAUX V-VI.

Poids des plantes soumises à l'expérience. . . 8 grammes.

3-5 juin 1849.

Nos des épreu- vettes.	Vo- lume du gaz en centi- mètres cubes.	Pro- por- tions en centièmes d'acide carbonique au commen- cement de l'expe- rience.	Volume d'hy- drogène dans le mé- lange.	COMMENCEMENT — FIN — DURÉE			Pro- por- tion d'acide carbo- nique à la fin de l'expe- rience.	Volume d'acide carbo- nique ajoute	Volume d'acide carbo- nique corres- pondant à 1 gr. pour soixante d'expe- rience.	Exposi- tion.	Coloration à la fin de l'ex- périence
				h. m.	h. m.	h. m.					
1	143	35,7	»	8 50	4 15	7 45	57,2	2,2	0,33	Lumière diffuse.	Jaunes.
2	136	34,3	»	8 40	6 50	9 50	32,9	-1,9	-0,24	Obscuri- té.	Id.
3	150	29,4	»	8 50	5 45	8 55	54,5	6,6	0,97	Soleil.	Jaune brunâtre.
4	138	»	62	9 »	4 50	7 50	11,3	15,6	2,6	Lumière diffuse.	Vert in- tense.
5	150	»	62	9 10	6 »	8 50	9,6	11,5	1,7	Obscuri- té.	Jaunes.
6	158	»	62	9 20	5 »	7 40	0,0	0,0	0,0	Soleil.	Vert fon- cé.
7	177	»	»	8 20	4 »	7 40	8,1	14,2	2,5	Lumière diffuse.	Entièrement vertes.
8	154	»	»	10 »	6 15	8 15	9,4	14,5	2,2	Obscuri- té.	Jaunes.
9	145	»	»	10 »	5 50	7 50	4,0	5,8	0,97	Soleil.	Vert in- tense.
1	140	40,1	»	8 »	4 20	8 20	38,1	-2,8	-0,42	Lumière diffuse.	Vert jaunî- tre en bas.
2	156	35,1	»	8 10	5 »	8 50	35,7	0,8	0,11	Obscuri- té.	Jaunes.
3	152	25,6	»	8 20	5 45	7 25	41,9	20,5	3,4	Soleil.	Altérées.
4	150	»	62	7 45	4 40	8 55	9,5	15,0	2,1	Lumière diffuse.	Très ver- tes en bas.
5	155	»	62	7 50	5 20	9 50	9,6	15,0	1,7	Obscuri- té.	Jaunes.
6	155	»	62	7 55	4 10	8 15	13,4	25,0	5,6	Soleil.	Altérées.
7	160	»	»	7 50	5 15	9 45	9,8	15,6	2,0	Lumière diffuse.	Vertes en bas.
8	150	»	»	7 50	5 20	9 50	8,2	12,5	1,6	Obscuri- té.	Jaunes.
9	160	»	»	7 50	4 »	8 50	17,4	28,0	4,0	Soleil.	Altérées.

## TABLEAUX VII-VIII.

Poids de plantes soumises à l'expérience. . . 8 grammes.

7 juin 1849. — 22 mai 1850.

Nos des éprouvettes.	Volume du gaz en centimètres cubes.	Nature du gaz.	COMMENCEMENT — FIN — DURÉE			Proportions d'acide carbonique à la fin de l'expérience.	Volume d'acide carbonique ajouté.	Volume d'acide carbonique correspondant à 1 gr. pour 10 heures d'expérience	Exposition.	Coloration à la fin de l'expérience
			h. m.	h. m.	h. m.					
1	165	Air.	7 45	4 »	8 15	5,7	9,4	1,42	Lumière diffuse.	Vert jaunâtre en bas.
2	150	Oxygène.	8 20	4 50	8 40	7,9	11,8	1,81	Id.	
3	145	Hydrogène	8 50	5 15	8 45	4,9	2,7	0,58	Id.	Jaunes.
4	210	Air.	7 »	8 »	13 »	8,57	17,8	1,71	Lumière diffuse.	Vertes, pas jusqu'au sommet.
2	145	Oxygène.	7 »	8 »	13 »	12,5	18,1	1,74	Id.	
3	193	Air.	7 »	8 »	15 »	7,56	14,7	1,41	Obscurité.	Jaunes.
4	150	Hydrogène	7 »	8 »	15 »	12,6	17,0	1,65	Id.	Id.

TABLEAU IX (lumière diffuse).

Dans l'éprouvette n° I se trouvaient 3 gr. de la partie supérieure jaune.

Dans l'éprouvette n° II se trouvaient 3 gr. de la partie inférieure blanche.

Dans l'éprouvette n° III, 6 gr. de feuilles non dégagées de leur gaine.

Nos des éprouvettes.	Volume du gaz en centimètres cubes.	COMMENCEMENT — FIN — DURÉE			Proportions d'acide carbonique à la fin de l'expérience.	Volume d'acide carbonique ajouté.	Volume d'acide carbonique correspondant à 1 gr. pour 10 heures d'expérience.	Coloration à la fin de l'expérience.
		h. m.	h. m.	h. m.				
1	115	8 45	4 50	7 45	5,0	5,75	2,47	Sommet jaunâtre.
2	90	8 45	5 »	8 15	5,2	2,88	1,16	»
3	140	8 45	5 20	8 45	7,6	10,6	2,05	Vertes.

Je n'ai pas suivi ce seul procédé pour étudier les modifications qu'éprouvent les plantes étiolées soumises à l'action de la lumière. J'ai aussi fait des expériences sur des plantes semées dans des pots, que je plaçais ensuite sous des cloches dans des atmosphères de composition connue. Je ne mentionnerai point ici les résultats numériques obtenus ; je me bornerai à signaler quelques particularités que j'ai eu l'occasion d'observer.

Le 19 mars 1849, à dix heures et demie du matin, je plaçai à la lumière diffuse, sous une cloche plongeant dans du mercure au sein d'une atmosphère contenant 4 pour 100 d'acide carbonique, trois pots de Blé poussé depuis deux jours seulement, à feuilles jaunes ou rouges ; à une heure les plantes étaient entièrement vertes. Je redescendis dans la serre ces trois pots ; les plantes poussèrent rapidement : les premiers jours les feuilles étaient jaunes à la base, vertes au sommet ; les deux couleurs tranchaient l'une sur l'autre. Le 30 mars, il était très difficile de distinguer les deux parties ; le sommet était redevenu jaune pâle.

Le 30 mars, je replaçai de même dans l'obscurité du Blé, qui avait pris une teinte vert-tendre dans une exposition à la lumière diffuse ; le 9 avril, il était impossible de distinguer les parties qui avaient été vertes de celles qui avaient poussé depuis. Je l'ai soumis de nouveau à l'action de la lumière diffuse, et le 12 avril toutes les parties étaient devenues vertes, à l'exception des extrémités supérieures des anciennes feuilles qui sont restées d'un blanc pâle. Le 15 avril, la même couleur blanche subsiste toujours au sommet des feuilles ; cette partie n'a définitivement point reverdi. Il y a donc eu, dans ces circonstances, destruction de la chlorophylle, qui s'était développée sous l'action de la lumière diffuse.

Des expériences continuées dans cette direction, et la détermination des variations éprouvées par toutes les parties des atmosphères où seront exposées les plantes, me conduiront, je l'espère, à des résultats plus généraux que j'aurai à mentionner plus tard.

J'ai voulu tenter de réaliser l'expérience de M. Humboldt en employant l'appareil suivant, disposé dans un lieu complètement obscur. Sous une cloche cylindrique, portant une tubulure à sa partie supérieure, j'ai disposé des pots renfermant de l'Avoine et



du Blé étiolés, qui avaient poussé dans la serre précitée. Les feuilles de ces plantes étaient les unes jaunes, les autres rouge-clair. Un orifice percé dans la paroi à la partie inférieure me permettait d'amener un courant d'hydrogène, qui s'échappait par un tube placé dans le bouchon de la tubulure supérieure. La partie inférieure de la cloche plongeait dans du sable fin qui entourait les pots. Trois fois j'ai essayé l'expérience en février, mars, avril et mai 1849. La première fois, les plantes précitées, auxquelles j'avais joint un pot de Blé vert poussé à la lumière, furent pendant sept jours exposées à un courant continu d'hydrogène et d'air, et elles ne manifestèrent aucun changement dans leur coloration respective. Les vertes devinrent jaunes à la base en grandissant, dans les parties qui se développèrent pendant la durée de l'expérience.

Dans la deuxième tentative, je plaçai sous la cloche deux pots de Blé étiolé poussé depuis trois jours, deux autres contenant des Radis, dont les feuilles primordiales étaient bien étalées, et un cinquième où de l'Avoine commençait à pousser. J'ai ajouté au courant d'hydrogène un courant d'acide carbonique, amené par un tube qui traversait le bouchon du sommet de la cloche; en outre, j'ai chauffé le sable où plongeaient les pots à une température qui favorisât le développement des plantes. Après quinze jours d'expérience, je ne remarquai nul changement dans la teinte des feuilles. Le troisième essai, poursuivi pendant trois semaines, fut tout aussi infructueux. Ces expériences ont cependant été faites dans des conditions très convenables, puisque le renouvellement continu des gaz équivalait à une atmosphère illimitée; les plantes se sont très bien développées, et pourtant je n'en ai obtenu que des résultats négatifs, comme De Candolle.

§ II. J'ai indiqué une deuxième voie à suivre dans les recherches sur les plantes étiolées, c'est de traiter par des réactifs identiques les mêmes plantes vertes et étiolées. J'ai déjà tenté plusieurs expériences dans cette direction, et je suis parvenu à des résultats, dont l'un surtout me paraît de la plus haute importance pour éclairer la question du développement et du rôle physiologique de la chlorophylle.

Mes observations ont porté sur de l'Avoine et du Blé ; une fois je pris une quantité considérable de Barbe-de-capucin (*Cichorium intybus*) que je traitai par les procédés ordinaires ; mais je ne suis parvenu à en extraire qu'une quantité insignifiante de matière soluble dans l'éther. Les plantes qui croissent à l'obscurité sont gorgées d'une très grande quantité d'eau, et il faut nécessairement se débarrasser de ce liquide avant de les traiter par l'alcool ; j'ai donc commencé par broyer et presser les plantes étiolées soumises à l'expérience pour en exprimer l'eau, et j'ai fait macérer le marc dans l'alcool à 40 degrés. Ce liquide se colore en jaune doré d'une très grande beauté, et les plantes peuvent être au moins trois fois reprises par l'alcool avant d'être épuisées ; elles deviennent après ces traitements réitérés complètement incolores. L'évaporation de l'alcool laisse une substance grasse d'aspect noir-jaunâtre en masse, du plus beau jaune en couches minces, très soluble dans l'éther ; en même temps on voit se déposer au fond de ce dernier liquide des flocons d'une matière blanche, très abondante dans le cas de l'avoine, dont il n'existait que des traces avec le blé.

*Avoine (Avena sativa) étiolée.*

J'ai fait trois séries d'observations sur l'Avoine étiolée en opérant comme je viens de l'indiquer, et j'ai analysé soit la matière grasse soluble dans l'éther, soit la matière blanche que ce liquide ne dissout pas.

*Graisse* — Pour obtenir cette matière privée de toute substance étrangère, je la traite par l'acide chlorhydrique concentré, qu'elle colore en vert-tendre, ensuite je la redissous dans l'éther, et la débarrasse de l'acide. Une petite quantité de substance n'est plus soluble dans l'éther, comme dans le cas des graisses de plantes vertes. Une première fois, je fis les trois analyses suivantes, après une dessiccation à 120 degrés. Dans la dernière, je n'ai pas pu faire passer de courant d'oxygène à la fin :

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,231	0 <sup>sr</sup> ,240	0 <sup>sr</sup> ,262
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,640	0 <sup>sr</sup> ,663	0 <sup>sr</sup> ,723
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,240	0 <sup>sr</sup> ,250	0 <sup>sr</sup> ,265

On en tire :

	I.	II.	III.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	75,56	75,34	75,26	75,38
Hydrogène. . . . .	11,54	11,57	11,24	11,45
Oxygène. . . . .	12,90	13,09	13,50	13,17
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00	100,00

Une deuxième culture me donna de la graisse, que je laissai pendant cinq mois en contact avec l'acide chlorhydrique; elle était grisâtre et non filante. Je la traitai par la potasse; elle se saponifia tout entière, et quand j'eus saturé l'alcali, j'obtins de nouveau une graisse qui, dissoute dans l'éther, puis séparée de ce liquide par évaporation, se présente sous l'apparence d'une huile figée à la température ordinaire ayant une couleur jaune-brunâtre, transparente, en couches minces. Deux analyses, après une dessiccation à 100 degrés, m'ont donné les nombres suivants :

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,332	0 <sup>gr</sup> ,310
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,729	0 <sup>gr</sup> ,865
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,350	0 <sup>gr</sup> ,329

Ces nombres donnent :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	76,31	76,09	76,20
Hydrogène. . . . .	11,71	11,79	11,75
Oxygène. . . . .	11,98	12,12	12,05
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00

D'une troisième culture de l'Avoine étiolée, je retirai de la graisse, que je saponifiai comme la précédente, et j'obtins une substance d'aspect en apparence identique, mais de composition assez différente, comme on peut le voir par les nombres que fournissent les analyses ci-dessous. La dessiccation n'a été opérée qu'à 100 degrés, comme dans le cas précédent :

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,351	0 <sup>gr</sup> ,350
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,963	0 <sup>gr</sup> ,961
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,360	0 <sup>gr</sup> ,358

Ces nombres donnent :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. .	74,82	74,88	74,85
Hydrogène .	11,40	11,36	11,38
Oxygène. .	13,78	13,76	13,77
	100,00	100,00	100,00

On peut assez facilement interpréter, ce me semble, la divergence des résultats fournis par les deux dernières opérations. Les plantes qui vivent dans l'obscurité sont dans des conditions anormales ; dans les premiers temps de leur vie, elles sont comme de jeunes feuilles que l'action de la lumière n'a point fait passer au vert ; mais si leur vie à l'obscurité se prolonge, les feuilles ne peuvent plus verdier ; les conditions vitales se sont donc modifiées, et une altération de matière correspond à ces changements physiologiques. Les plantes qui m'ont fourni les résultats de la deuxième culture ont été semées au mois de juillet 1849, et récoltées au bout de vingt-quatre jours. Au contraire, celles de la troisième culture ont été semées au mois de janvier, et ont mis longtemps à se développer ; on peut donc se rendre compte de l'altération que leur grasse paraît avoir subie.

Comme je l'ai dit précédemment, la grasse d'Avoine étiolée, traitée par l'acide chlorhydrique concentré, le colore un peu en vert tendre ; la saturation de cet acide par le marbre donne un résidu insignifiant, dont je n'ai pu constater la nature. L'évaporation d'une goutte d'éther, qui tient en dissolution cette grasse, laisse une tache jaune très belle, qui prend une teinte vert-bleuâtre sous l'action de l'acide sulfurique concentré.

J'ai abandonné dans un tube fermé à demi une dissolution éthérée de cette grasse, l'éther s'est évaporé, et la grasse jaune qui est restée s'est colorée en vert tendre, puis a blanchi.

*Matière blanche.* — La matière qui se précipite au fond de l'éther quand on traite par ce réactif le résidu de l'évaporation de la dissolution alcoolique, se présente sous forme de flocons blanc-jaunâtre, quand elle a été épuisée par l'éther, desséchée et pulvérisée, c'est une poudre blanche que l'acide sulfurique

dissout en se colorant en jaune brun. Elle est insoluble dans l'alcool à 40 degrés, mais l'alcool étendu la dissout et permet de l'obtenir pure. J'ai fait trois analyses de cette matière : dans la première, la substance n'avait point été traitée par l'alcool à 40 degrés pour achever d'enlever la graisse, c'est ce qui donne une apparence d'excès de carbone.

	I.	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,358	0 <sup>gr</sup> ,300	0 <sup>gr</sup> ,728
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,748	0 <sup>gr</sup> ,648	1 <sup>gr</sup> ,505
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,255	0 <sup>gr</sup> ,215	0 <sup>gr</sup> ,500

Ces nombres donnent :

	I.	II.	III.	MOYENNE.	ÉQUIVALENTS.	CALCULÉ.
Carbone. . . . .	56,98	56,28	56,38	56,50	36	56,54
Hydrogène. . . . .	7,91	7,96	7,63	7,83	30	7,85
Oxygène. . . . .	35,14	35,86	35,99	35,67	47	35,64
	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00

La dessiccation a été faite à 100 degrés pour la première et la troisième analyse, à 120 degrés pour la deuxième.

*Avoine verte.*

L'Avoine verte qui m'a servi à faire des expériences comparatives, a été cultivée dans des vases placés sur un calorifère; elle a poussé si rapidement que j'ai pu la couper quinze jours après l'avoir semée. J'ai de même broyé et pressé les feuilles qui étaient d'un vert tendre; le marc traité par l'alcool m'a fourni, dans un premier traitement, une petite quantité de graisse, et beaucoup de la matière blanche précitée. Un traitement subséquent fournit les mêmes substances, dans un rapport inverse. La graisse obtenue est noir-jaunâtre, et colore en vert bleu intense l'acide chlorhydrique concentré. Je l'ai traitée par les procédés ordinaires, et j'en ai fait quatre analyses. Les deux premières se rapportent à de la graisse non saponifiée, provenant d'ailleurs d'une seconde culture faite dans des circonstances identiques.

	I.	II.	III.	IV.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,348	0 <sup>gr</sup> ,350	0 <sup>gr</sup> ,350	0 <sup>gr</sup> ,350
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,970	0 <sup>gr</sup> ,980	0 <sup>gr</sup> ,976	0 <sup>gr</sup> ,980
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,355	0 <sup>gr</sup> ,360	0 <sup>gr</sup> ,365	0 <sup>gr</sup> ,370

Un dessèchement incomplet du tube à analyser a donné l'excès d'eau de cette dernière analyse.

Ces résultats conduisent aux nombres suivants :

	I.	II.	III.	IV.	MOYENNE.
Carbone. . .	76,01	76,36	76,05	76,36	76,20
Hydrogène. .	11,33	11,43	11,58	11,74	11,52
Oxygène. . .	12,66	12,21	12,37	11,90	12,28
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces nombres, comparés à ceux qu'ont donnés les expériences sur l'Avoine étiolée, montrent qu'il faudra reprendre avec soin ces observations, si l'on veut constater une différence qui ne semble pas bien notable, à supposer même qu'elle existe. Du reste, il faut dire que les circonstances dans lesquelles ont été faites les observations n'étaient pas suffisamment propres à donner une solution de la question. En effet, les plantes vertes ont été cultivées dans un appartement chauffé, et la durée de leur culture a été trop rapide, pour qu'il pût se manifester un changement notable.

*Blé (Triticum sativum).*

Le Blé étiole m'a fourni les mêmes résultats que l'Avoine, si ce n'est que je n'y ai trouvé que des traces de matière blanche. Je n'ai point encore analysé la graisse que j'en ai extraite, mais je m'en suis servi pour faire un essai dont le résultat me paraît d'une haute portée. Comme l'acide chlorhydrique qui a servi à traiter la graisse des plantes étiolées ne fournit pas une quantité appréciable de matière, je pouvais prévoir qu'il n'y a pas dans ces plantes, de substance analogue à la chlorophylle, une sorte de chlorophylle incolore, comme le suppose M. Mulder, lorsqu'il compare cette substance à l'indigo. Pour résoudre la question, j'ai essayé de doser l'azote par le procédé de M. Péligot, dans le résidu laissé par l'éther non traité par l'acide chlorhydrique. J'ai opéré sur 0<sup>sr</sup>,405 de substance et j'ai trouvé qu'avant la combustion, comme après, il fallait la même quantité de sucrate de chaux pour saturer 10<sup>cc</sup> d'acide sulfurique. Il n'y a donc point de matière azotée qui accompagne la graisse des plantes étiolées.

Pour contrôler cette expérience j'ai essayé, si le procédé permettait, de doser l'azote de la chlorophylle qui se trouve mélangée à la graisse dans les plantes vertes. J'ai pris, en conséquence, 0<sup>sr</sup> 426 du mélange de graisse, de chlorophylle et d'oxyde de cuivre provenant du *Lolium perenne*, dont il a été question plus haut, et j'ai essayé d'en doser l'azote. Or, l'opération na pas laissé de doute sur la présence de cette dernière substance dans le mélange. Avant la combustion, 10<sup>cc</sup> d'acide sulfurique étaient neutralisés par 22,9 de sucrate de chaux ; à la fin de l'expérience, ils le furent par 22,0.

*Blé vert.*

J'ai cultivé du Blé en plein air, et j'en ai extrait de la graisse dont une analyse, faite au mois d'août 1849, après une dessiccation à 130 degrés, m'a fourni les nombres ci-dessous :

Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,244
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,595
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,215

De là on tire :

Carbone. . . . .	75,82
Hydrogène. . . . .	11,45
Oxygène. . . . .	43,03
	<hr/>
	100,00

Il m'en resta, que j'analysai au mois de janvier sans la saponifier, et les nombres obtenus accusent une oxydation notable :

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,336	0 <sup>sr</sup> ,207
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,959	0 <sup>sr</sup> ,554
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,345	0 <sup>sr</sup> ,204

Ces nombres correspondent à :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	73,46	72,99	73,22
Hydrogène. . . . .	10,76	10,95	10,85
Oxygène. . . . .	15,78	16,06	15,93
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00

J'ai aussi opéré sur de la graisse provenant de Blé cultivé, comme l'Avoine, dans des pots, et les résultats que j'ai obtenus me laissent une incertitude que je n'ai pas encore eu le temps de faire cesser. Une première analyse m'avait fourni les nombres suivants :

Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,350
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,978
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,368

Qui donnent :

Carbone. . . . .	76,21
Hydrogène. . . . .	11,71
Oxygène. . . . .	12,08
	<hr/>
	100,00

Cette graisse avait été saponifiée, et la dessiccation effectuée à 100 degrés. Je la chauffai à 130°, et les résultats se modifièrent de la manière suivante :

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,350	0 <sup>sr</sup> ,350
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,995	0 <sup>sr</sup> ,993
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>sr</sup> ,368	0 <sup>sr</sup> ,372

Il en résulta les proportions suivantes :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	77,53	77,38	77,45
Hydrogène . . . . .	11,71	11,84	11,76
Oxygène. . . . .	10,76	10,84	10,79
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00	100,00

La graisse qui m'a fourni ces résultats était ferme à la température ordinaire, noir-verdâtre.

J'ai essayé de résoudre, à propos du Blé, une question qui me semble aussi d'un bien grand intérêt. La graisse qui se trouve dans les feuilles est-elle la même que celle qui existe dans les graines, ou bien diffère-t-elle par suite de modifications qu'introduiraient la germination et les phénomènes ultérieurs dans la



composition de cette substance ? Pour obtenir quelques notions sur ce sujet, j'ai traité par l'éther, dans un appareil à déplacement, de la farine et du son obtenus en broyant du Blé, et j'ai obtenu une dissolution jaune-clair. L'évaporation m'a donné une graisse filante, d'une odeur piquante, désagréable, de couleur rougeâtre. Je l'ai traitée par l'acide chlorhydrique concentré, qui lui a communiqué une teinte brune en même temps qu'il s'est coloré en jaune. La saponification de cette graisse m'a fourni un savon très filant, rougeâtre, et la graisse, séparée de la potasse, a conservé son odeur désagréable. Desséchée à 100°, elle m'a fourni un liquide rouge-brun dont une première analyse a donné les résultats ci-dessous :

Poids de la substance. . . . .	0gr,350
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0gr,992
Poids de l'eau. . . . .	0gr,380

On en déduit :

Carbone. . . . .	77,30
Hydrogène. . . . .	42,05
Oxygène. . . . .	40,65
	100,00

Je l'ai chauffée à 150 degrés, l'étuve s'est remplie de vapeurs piquantes, et trois nouvelles analyses m'ont conduit à des résultats bien différents de ceux qui précèdent.

	I,	II.	III.
Poids de la substance. . . . .	0gr,450	0gr,350	0gr,350
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0gr,970	0gr,973	0gr,972
Poids de l'eau. . . . .	0gr,365	»	0gr,364

Ces nombres donnent les proportions suivantes :

	I.	II.	III.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	75,58	75,84	75,74	75,74
Hydrogène. . . . .	44,58	»	44,46	44,52
Oxygène. . . . .	42,84	»	42,80	42,77
	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces résultats exigeront aussi de nouvelles expériences, pour constater si la différence provient réellement du dégagement d'une huile volatile, ou si elle ne tient pas simplement à une erreur d'analyse.

#### CHAPITRE IV.

##### MATIÈRES COLORANTES DES FLEURS.

Les observateurs qui se sont occupés de la question de la coloration des végétaux, ont cherché à rattacher les couleurs autres que la verte à cette dernière; j'ai fait moi-même dans cette voie quelques tentatives dont je vais mentionner les résultats. J'ai voulu d'abord porter mon attention sur les deux couleurs qui ont joué un si grand rôle dans les théories de la coloration des plantes, sur la couleur jaune et sur la couleur bleue: pour la première, j'ai employé les fleurs du *Narcissus pseudo-Narcissus* et pour la seconde, les fleurs de Bluets (*Centaurea cyanus*) et de Jacinthes (*Scilla nutans*).

##### *Narcissus pseudo-Narcissus.*

Pour traiter les fleurs de cette plante, je coupe le tube du périanthe au-dessous de l'insertion des étamines, et je l'obtiens ainsi isolé avec sa couronne. Le procédé le plus simple, pour en obtenir la matière colorante, consiste à faire cuire les fleurs au bain-marie, pour favoriser la sortie du liquide mucilagineux qu'elles contiennent, et à les traiter ensuite par l'alcool à 40 degrés bouillant. La matière colorante est ainsi entièrement dissoute après plusieurs traitements successifs, et par refroidissement l'alcool abandonne un dépôt floconneux, insoluble dans l'éther, soluble dans l'acide chlorhydrique qu'il colore en brunâtre. En évaporant cet alcool, on voit se former à la surface, comme dans le cas des plantes vertes, un dépôt de graisse de couleur jaune-brun foncé, très soluble dans l'éther. L'évaporation de ce dernier liquide fournit la graisse au même état, et en la traitant par l'acide chlorhydrique concentré, elle le colore en jaune-brun foncé. Les couches minces qui restent dans la capsule se colorent en vert tendre sous l'action de cet acide. J'ai préparé cette graisse par les procédés ordinaires,

et après l'avoir desséchée à 100 degrés, j'en ai fait deux analyses. Elle est à la température ordinaire molle, non fluide, d'une couleur jaune-brunâtre.

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,348	0 <sup>gr</sup> ,332
Poids de l'acide carbonique.	0 <sup>gr</sup> ,964	0 <sup>gr</sup> ,948
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,338	0 <sup>gr</sup> ,330

Ces nombres donnent :

	I.	II.	MOYENNE.
Carbone. . . . .	75,55	75,41	75,48
Hydrogène. . . . .	10,79	11,03	10,91
Oxygène. . . . .	13,66	13,56	13,61
	100,00	100,00	100,00

La substance dissoute par l'acide chlorhydrique était en quantité trop peu considérable pour qu'il fût possible d'en rien faire.

#### *Bluets.*

Abstraction faite de la difficulté qu'on peut rencontrer dans la préparation de la matière colorante bleue à l'état de pureté, les Bluets sont très commodes pour se procurer cette substance. En prenant les fleurs stériles de la circonférence et rejetant les fleurons fertiles du centre, on a des parties très propres à fournir la matière colorante bleue par des procédés très simples.

Si l'on plonge les fleurs de Bluets dans l'éther, elles prennent une teinte très foncée par suite de la dissolution de la couche de cire étendue, comme un voile, sur leur surface; au bout d'un ou deux jours, on voit tomber au fond du vase qui les renferme des gouttelettes d'un liquide bleu foncé, et si l'on décante, et qu'en même temps on presse les fleurs dans un linge fin, on obtient une liqueur d'un bleu superbe surmontée par de l'éther d'une couleur jaunâtre. La dissolution aqueuse de la matière colorante bleue se trouve ainsi rejetée hors des cellules qui la contenaient par simple endosmose. On peut l'obtenir très facilement en broyant les fleurs avec un peu d'eau et filtrant la liqueur expri-

mée du marc; on renouvelle l'opération jusqu'à ce que les fleurs soient à peu près entièrement décolorées. Lorsqu'on verse dans la dissolution bleue, obtenue par l'un ou l'autre de ces procédés, de l'alcool, on voit, dès que la liqueur est suffisamment concentrée, se former une multitude de flocons bleus qui tombent au fond du liquide, et ce dernier se colore en rouge-violet. En filtrant et recueillant ce qui reste sur le filtre, puis le desséchant à 100 degrés, on obtient une substance qui a l'aspect de l'indigo en pain, et qu'on peut réduire en poudre d'un très beau bleu. Il faut une très grande quantité de Bluets pour obtenir assez peu de matière colorante, et encore est-ce une substance pure? Si l'on essaie de redissoudre cette poudre dans l'eau distillée, la plus grande partie ne se dissout plus: il reste un dépôt insoluble, grisâtre, qui provient peut-être de l'albumine précipitée par l'alcool, en même temps que la matière colorante est devenue insoluble dans l'eau par la dessiccation à 100 degrés. Dans le but d'arriver à résoudre cette question, j'ai brûlé, par le procédé de M. Péligot, 0<sup>gr</sup>.528 de la substance grise insoluble dont je viens de parler. La combustion a été un peu incomplète, mais le résultat de cet essai ne laisse aucun doute sur la présence de l'azote dans la substance qui a servi à l'analyse. Avant la combustion, il fallait de 23,1 à 23,2 de sucrate de chaux pour saturer 10<sup>cc</sup>. d'acide sulfurique: il n'en fallait plus que 21,7 après la combustion; ces nombres correspondent à 1,86 pour 100 d'azote. Si donc il y a de l'albumine, la plus grande partie de la matière brûlée n'est point de cette substance, puisqu'elle renferme 15,5 d'azote, et que nous n'en trouvons qu'une si faible proportion. J'ai traité de la même manière 0<sup>gr</sup>.196 de la substance bleue qui s'était dissoute dans l'eau, et que j'avais de nouveau précipitée par l'alcool et desséchée à 100 degrés. Or, cet essai m'a encore fourni de l'azote; car au lieu de 23,3 de sucrate de chaux, qui étaient nécessaires à la saturation de 10<sup>cc</sup>. d'acide sulfurique, avant la combustion, il n'en fallait plus ensuite que 21,8, ce qui correspondrait à 1,91 d'azote. Il me semble dès lors qu'il n'y ait pas de doute à conserver sur la présence de l'azote dans la matière colorante bleue des Bluets. Par là s'expliquent les divergences que j'ai trouvées

dans les analyses suivantes, faites sans employer les précautions indispensables dans le cas des matières azotées. Les trois premières analyses se rapportent à de la matière colorante préparée par le premier procédé que j'ai indiqué, la dernière à de la matière colorante préparée cette année, et séparée de la partie insoluble dans l'eau par une seconde dissolution dans ce liquide. Dans tous les cas, la dessiccation a été faite à 100 degrés.

	I.	II.	III.	IV.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,423	0 <sup>gr</sup> ,375	0 <sup>gr</sup> ,267	0 <sup>gr</sup> ,190
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,565	0 <sup>gr</sup> ,533	0 <sup>gr</sup> ,365	0 <sup>gr</sup> ,258
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,194	0 <sup>gr</sup> ,178	0 <sup>gr</sup> ,127	0 <sup>gr</sup> ,090

Ces nombres donnent :

	I.	II.	III.	IV.
Carbone. . . . .	36,62	38,76	37,00	37,03
Hydrogène. . . . .	5,04	5,30	5,24	5,26
Azote et oxygène. . . . .	58,54	55,94	57,76	57,71
	400,00	400,00	400,00	400,00

Ces nombres, tout discordants qu'ils sont, suffisent pour montrer que la matière colorante bleue est très oxygénée, ce qu'on pouvait prévoir par sa solubilité dans l'eau. Si la présence de l'azote est réelle, comme j'espère le montrer, ce sera un point curieux qui aidera peut-être à expliquer la relation de cette matière colorante avec la chlorophylle.

La matière colorante des Bluets est extrêmement altérable. Si l'on abandonne à l'air une dissolution de cette substance, elle rougit peu à peu, et finit par devenir d'un très beau rouge. Si l'on fait évaporer à l'air libre au bain-marie cette même dissolution, elle passe aussi au rouge, et le résidu, de couleur violette, adhère fortement à la capsule. Ce n'est pas seulement dans ces circonstances que l'altération se manifeste. Des Bluets d'un très beau bleu prennent une couleur blanche en moins de vingt-quatre heures, tandis que d'autres restent bleus en se desséchant; en même temps que ce passage s'accomplit, une odeur de miel très prononcée se manifeste. Il en est de même si l'on place dans

l'éther le marc qui a donné la dissolution bleue : en très peu de temps les traces de couleur qui restaient disparaissent complètement ; au fond de l'éther la dissolution aqueuse subit aussi, au bout d'un certain temps, une décoloration complète.

L'acétate tribasique de plomb, versé dans une dissolution de matière bleue, y donne un précipité blanc-verdâtre ; l'acétate neutre forme, au contraire, un précipité d'un beau bleu insoluble dans l'eau.

En agitant avec du carbonate de potasse l'alcool qui a servi à précipiter la matière colorante, il se développe une couleur rouge intense qui se dépose au fond de l'alcool, celui-ci jaunit un peu et exhale encore une odeur de miel, due à la cire dont nous allons parler.

*Cire.* — L'éther qu'on met en contact avec les Bluets se colore en jaune-pâle, et son évaporation fournit une cire jaune d'une odeur agréable. Lorsqu'on la traite par la potasse caustique, une partie se dissout et colore ce liquide en jaune-orange ; la plus grande partie surnage sans se dissoudre, même à la température de l'eau bouillante. En enlevant la cire, et en neutralisant la potasse qui reste dans le liquide par l'acide chlorhydrique, il se forme un dépôt jaunâtre qui n'a pas l'apparence cireuse. Quant à la cire elle-même, si on la lave dans l'acide chlorhydrique, en la délayant dans l'eau elle prend une couleur blanche et se montre très adhérente aux doigts. Dissoute dans l'éther et lavée, elle ne colore plus ce liquide, et par évaporation on obtient une substance d'une couleur jaune-verdâtre-pâle qui fond bien avant 100 degrés. J'en ai fait les deux analyses suivantes ; la substance provenait de traitements identiques, mais de préparations faites séparément. La dessiccation a été faite à 100 degrés.

	I.	II.
Poids de la substance. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,253	0 <sup>gr</sup> ,346
Poids de l'acide carbonique. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,758	1 <sup>gr</sup> ,037
Poids de l'eau. . . . .	0 <sup>gr</sup> ,286	0 <sup>gr</sup> ,392

Ces nombres fournissent les proportions suivantes :

	I.	II.	MOYENNE.	ÉQUIVALENTS.	CALCULÉ.
Carbone. .	84,74	84,74	84,72	36	84,54
Hydrogène.	12,56	12,55	12,56	33	12,49
Oxygène. .	5,73	5,74	5,72	2	6,00
	100,00	100,00	100,00		100,00

*Scilla nutans.*

J'ai aussi essayé d'extraire la matière colorante bleue des Jacinthes, mais je n'y suis point parvenu. J'ai plongé dans l'éther une grande quantité de fleurs de *Scilla nutans* séparées de leurs pédicelles sans enlever les étamines; la matière colorante est tombée au fond du vase comme dans le cas des Bluets; mais elle est ici encore plus rapidement altérable que chez ces derniers. Après un seul jour d'immersion, les fleurs du sommet sont devenues toutes brunâtres: celles du fond sont seules restées bleues. J'ai comprimé les fleurs, j'ai obtenu une liqueur filante que j'ai filtrée; et comme, à cette époque, je ne connaissais point encore la propriété dont jouit l'alcool de précipiter ces substances, j'ai essayé d'évaporer dans le vide la dissolution bleue. Au bout de quelques jours, le liquide qui avait conservé sa couleur devint brun, parce que pendant un jour l'air était rentré sous la cloche de la machine pneumatique.

CONCLUSIONS.

Si maintenant nous rapprochons les faits contenus dans cette Thèse, et que nous essayions d'en tirer quelques conclusions, nous arriverons à un ensemble de points dont quelques uns me semblent entièrement nouveaux, et méritent une attention toute particulière de la part des physiologistes.

Par les détails dans lesquels je suis entré sur les matières que l'on extrait de la dissolution alcoolique des feuilles d'Acacia, on peut voir combien il est impossible d'arriver à quelque chose de raisonnable tant qu'on opère sur un mélange aussi confus de substances variées. Il est vrai que toutes les plantes n'offrent peut-être pas une complication aussi grande, mais toutes four-

nissent assurément un mélange plus ou moins complexe de matières, parmi lesquelles il faut chercher à isoler celles qui sont constantes dans des plantes diverses, celles qui sont particulières à chacune d'elles. Ces dernières ont assurément leur intérêt au point de vue de l'histoire spéciale de chaque plante, mais il est évident que les premières en ont un bien plus grand, puisque leur constance peut porter à penser qu'elles ont un rôle général à jouer dans les phénomènes de la vie végétale. Or à ce point de vue nous retrouvons constamment le mélange de chlorophylle et de graisse dans les plantes vertes, nous trouvons la graisse sans la chlorophylle dans les plantes qui n'ont point encore subi l'influence de la lumière, et dans celles qui ont cessé d'être vertes pour revêtir les couleurs de l'automne; nous pouvons donc admettre que ces matières grasses jouent un rôle pendant la vie entière du végétal, tandis que celui de la chlorophylle se borne à leur vie sous l'influence de la lumière, et encore pendant une partie seulement de sa durée.

Le fait énoncé par Marquart, et mis en lumière par M. Mulder, du mélange constant de la graisse avec la chlorophylle, se trouve pleinement confirmé par les résultats mentionnés dans cette Thèse. Je ne suis point arrivé aux mêmes nombres que ce dernier chimiste pour représenter la graisse extraite de l'Acacia, des Mauves et de la Mercuriale annuelle; mais si nous rapprochons les moyennes des analyses de ces substances, nous trouverons des nombres assez voisins pour qu'on puisse les considérer comme représentant une substance identique. Nous trouvons en effet :

	ACACIA.	MAUVE.	MERCURIALE.
Carbone. . .	76,18	76,34	76,64
Hydrogène. . .	11,08	11,25	11,45
Oxygène. . .	12,74	12,41	12,21

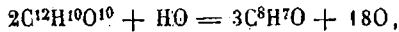
Les nombres relatifs à la Mercuriale semblent pour le carbone s'écarter un peu des deux autres; mais il faut remarquer qu'ils résultent d'un moindre nombre d'analyses, et que les poids de graisse employés sont plus faibles, ce qui tend à augmenter les chances d'inexactitude; en faisant d'ailleurs intervenir les résul-



tats fournis par les analyses postérieures de la même substance saponifiée, nous trouverions des nombres compris entre ceux qui se rapportent à la Mauve et à l'Acacia. La formule en équivalents qui se rapproche le plus de ces nombres est la suivante :

C <sup>8</sup> . . . . .	76,20
H <sup>7</sup> . . . . .	11,11
O. . . . .	47,69

M. Mulder a trouvé pour la substance analogue C<sup>15</sup> H<sup>15</sup> O ; les relations qu'il a cherché à établir entre cette substance et l'amidon, en faisant intervenir de l'eau, subsistent complètement avec la formule qui résulte de mes analyses. Nous avons en effet :



et nous voyons qu'en ajoutant un équivalent d'eau à deux équivalents d'amidon, nous en déduisons trois équivalents de graisse et dix-huit équivalents d'oxygène. On peut donc regarder le fait de la transformation de l'amidon en graisse dans les tissus végétaux comme accompagné d'un énorme dégagement d'oxygène ; et si l'on parvient à montrer que réellement une transformation de cette nature s'effectue, on aura ainsi l'une des sources les plus abondantes de l'oxygène que dégagent les plantes.

Les nombres qui résultent de l'analyse des matières grasses, extraites des Graminées étiolées et vertes, ne sont pas assez nets pour qu'on puisse en tirer des conclusions certaines. Nous voyons, en effet, d'une part, une analyse se rapportant à du Blé, cultivé dans les circonstances ordinaires, nous fournir des nombres

Carbone . . . . .	75,82
Hydrogène. . . . .	11,15
Oxygène. . . . .	13,03

qui se rapprochent complètement de ceux qui précèdent. D'un autre côté, l'Avoine et le Blé vert, cultivés dans des circonstances factices, après un développement de quelques jours, nous donnent les nombres ci-dessous :

	BLÉ.	AVOINE.
Carbone. . . . .	76,21	76,20
Hydrogène. . . . .	11,71	11,52
Oxygène. . . . .	12,08	12,28

qui semblent accuser une hydratation de la graisse que l'on rencontre dans les plantes vertes. Les analyses de la graisse d'avoine étiolée, bien que fournissant des nombres un peu divergents,

	1 <sup>re</sup> SÉRIE.	2 <sup>e</sup> SÉRIE.	3 <sup>e</sup> SÉRIE.
Carbone. . . .	75,38	76,20	74,85
Hydrogène. . . .	11,45	11,75	11,38
Oxygène. . . .	13,17	12,05	13,75

s'accordent pour montrer aussi un excès d'hydrogène, et ceux qui se rapportent à la deuxième série sont complètement d'accord avec les résultats de l'analyse de la graisse des plantes vertes. Mais il s'agit ici de résoudre cette question importante : la graisse se modifie-t-elle sous l'influence de la lumière, ou bien conserve-t-elle la même composition avant et après le développement de la chlorophylle ? Cette question exigera encore bien des expériences avant d'obtenir une solution définitive, et il faudra, pour vaincre la difficulté, parvenir à se procurer la graisse des plantes étiolées toujours au même état. En même temps que je m'attacherai à ce sujet, je poursuivrai celui que j'ai déjà fait entrevoir : la comparaison des matières grasses dans les graines et dans les plantes qui en proviennent.

La graisse extraite des feuilles d'Acacia et de Vigne devenues jaunes semble accuser une déshydratation, si l'on compare les résultats à ceux que fournissent les plantes vertes. En effet, la graisse de ces dernières peut se représenter par la formule



et celle des feuilles jaunes de Vigne par cette autre (1),



qui ne diffère de la précédente que par deux équivalents d'eau.

(1)	TROUVÉ.	ÉQUIVALENTS.	CALCULÉ.
Carbone. . . .	78,43	72	78,67
Hydrogène. . . .	11,09	61	11,11
Oxygène. . . .	10,48	7	10,22
	400,00		400,00

Mais pour la Vigne principalement, il faut s'assurer si la différence tient à l'état physiologique et non pas à la nature particulière de la plante.

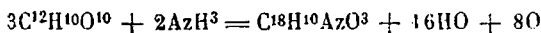
Si maintenant nous arrivons à la chlorophylle, nous rencontrons un fait extrêmement curieux, qui ne me paraît pas avoir été signalé jusqu'ici dans la science. Nous avons vu que la chlorophylle de Mauve et celle de *Lolium perenne* fournissent les nombres suivants :

	MAUVE.	LOLIUM.
Carbone . . .	69,33	70,05
Hydrogène. . .	6,57	6,67
Azote. . . .	9,11	8,96
Oxygène. . .	14,99	14,32

Or ces nombres se laissent très sensiblement représenter par la formule.

C <sup>18</sup> . . . . .	69,23
H <sup>10</sup> . . . . .	6,41
Az. . . . .	8,98
O <sup>3</sup> . . . . .	15,38

Si l'on réfléchit que la graisse est la cause d'impureté la plus probable, on accordera parfaitement que les nombres trouvés puissent se concilier avec ceux qui résultent de l'adoption de la formule que je viens d'écrire. Or, si nous cherchons à rattacher cette formule à celles de substances qui jouent un rôle important dans le règne végétal, nous trouverons que 3 équivalents d'amidon augmentés de 2 équivalents d'ammoniaque donnent 2 équivalents de chlorophylle, 16 équivalents d'eau, et 8 équivalents d'oxygène. On a en effet l'identité,



de telle sorte que la chlorophylle semble se former avec l'intervention des matières amylacées et de l'ammoniaque, sous l'influence de la lumière diffuse, et sa formation est accompagnée d'un dégagement d'eau et d'oxygène.

Ainsi le fait fondamental de la physiologie des plantes, le dégagement d'oxygène, se trouve concomitant du développement

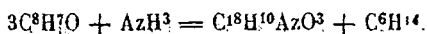
de la chlorophylle, ce n'est point *parce qu'elles sont vertes, que les plantes dégagent de l'oxygène, mais parce qu'elles le deviennent.* Un grand nombre de plantes sont constamment soustraites à l'influence de la lumière solaire directe, et cependant elles sont tout aussi vertes que leurs voisines qui subissent cette influence; elles peuvent tout aussi bien que celles-ci dégager de l'oxygène, d'après le principe que je viens de rappeler. Mais le fait saillant de ces résultats, c'est surtout l'intervention de l'azote dans le développement de la matière verte. Ce corps qui paraît intervenir là sous forme d'ammoniaque, joue ainsi un rôle qui généralise celui que lui ont attribué MM. Dumas et Boussingault, dans leurs belles recherches sur la statique chimique des êtres organisés.

Berzelius, et après lui M. Mulder ont assimilé la chlorophylle à l'indigo et la considèrent comme s'oxydant en passant au vert. Cette hypothèse me semble complètement inadmissible, puisque j'ai constaté que dans les plantes étiolées, aucune matière azotée n'accompagne la graisse. Lorsque les feuilles cessent d'être vertes, non seulement elles cessent de contenir de la chlorophylle, mais alors aussi aucune substance azotée n'accompagne la graisse qui persiste.

Lorsque par de nouvelles expériences je serai parvenu à établir la composition définitive de la chlorophylle, j'aurai un moyen précieux pour suivre pas à pas le développement de cette substance dans les plantes. En opérant sur une même plante, à divers âges, je pourrai doser l'azote dans le mélange de chlorophylle et de graisse qu'elle me fournira, et les résultats que j'obtiendrai me permettront de constater les rapports dans lesquels varient ces deux substances associées. Toutes les circonstances qui influent sur la quantité de chlorophylle développée dans un végétal, pourront ainsi être appréciées, sans qu'on soit obligé d'isoler cette substance dont la préparation est si difficile. Si nous nous demandons dans quelle classe de matières organiques doit se ranger la chlorophylle, nous remarquerons que sa composition la rapproche tout à fait des bases végétales, sa dissolution dans les acides, avec lesquels elle forme des sels verts

dont l'eau la déplace, confirme cette opinion. Dans les plantes elle se trouve dissoute dans la graisse qui l'accompagne.

Entre les formules qui représentent la chlorophylle et la graisse, il existe une relation assez simple : 3 équivalents de graisse, plus 1 équivalent d'ammoniaque, donnent en effet 1 équivalent de chlorophylle, plus un hydrogène carboné :



Je n'ai encore qu'un résultat, isolé en quelque sorte, sur la matière colorante des fleurs jaunes; nous voyons par la composition que présente la matière grasse extraite du *Narcissus pseudo-Narcissus*,

Carbone.	75,48.
Hydrogène.	10,91.
Oxygène.	13,61.

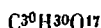
que cette substance est très voisine de toutes celles que l'on rencontre dans les feuilles vertes; sa composition s'approche surtout de celle que tend à prendre la graisse des feuilles vertes en s'oxydant à l'air. Existe-t-il dans ces fleurs avec la graisse une matière colorante jaune particulière, ou bien est-ce la graisse elle-même qui est l'agent de la coloration? C'est ce qu'il m'est impossible de dire jusqu'à présent. Je suis dans la même ignorance à l'égard des feuilles étiolées, puisque les dissolutions d'acide chlorhydrique employé au traitement des matières grasses ne m'ont pas fourni des substances en quantité suffisante pour en constater la nature.

Il y a une grande analogie entre les couleurs des feuilles étiolées et celles des fleurs jaunes, et cependant, quelle différence immense entre la manière dont elles se comportent à la lumière! Les feuilles étiolées y prennent bientôt une couleur verte, les autres au contraire y passent d'un jaune verdâtre à un jaune plus intense. Mais c'est là une question qui touche de trop près les mystères de la vie organique pour qu'il soit utile de l'agiter prématurément.

La matière colorante des fleurs bleues est de toute autre nature que celle des fleurs jaunes, comme on le savait depuis long-

temps ; il faudra pour connaître sa constitution d'abord l'obtenir constante dans une même plante, et voir ensuite si elle varie d'une plante à l'autre, ce qui est peu probable. Les variétés de teinte proviennent plutôt du mode de groupement des cellules qui renferment la matière colorante, et des proportions variables de la cire qui l'accompagne. Je poursuivrai sur ce point des recherches, dans le but de reconnaître si réellement la matière bleue est azotée, et si l'on peut rattacher sa composition à celle de la chlorophylle.

Je n'ai point insisté sur les substances particulières que j'ai rencontrées dans les dissolutions alcooliques avec le mélange de graisse et de chlorophylle, ce sont des détails un peu étrangers au sujet général que j'avais en vue ; je me suis donc borné à mentionner leur présence, et à donner les résultats de quelques analyses pour celles que j'ai obtenues en assez grande quantité. Je ferai seulement remarquer que, dans deux plantes très voisines, dans le Blé et l'Avoine, je trouve chez celle-ci une substance qui manque chez l'autre, ou n'y existe qu'en très petite quantité. Je veux parler de cette matière blanche pulvérulente, dont j'ai donné trois analyses satisfaisant à la formule :



Un fait curieux, c'est la relation simple qui existe entre toutes ces matières et les substances amylicées.

Je signalerai aussi la cire extraite des Bluets, dont la constitution se rapproche beaucoup de celle de la cire de Palmier.

Je ne reviendrai point ici sur les faits qui ressortent des tableaux où j'ai résumé mes observations sur les plantes étiolées, je me propose de les poursuivre avec un appareil où les plantes seront placées dans des conditions plus convenables, et donneront des résultats plus précis. Mais je puis, dès à présent, signaler un fait qui ne manque pas d'importance, après ce que nous avons dit de la chlorophylle.

Dans les tableaux VII et VIII, nous trouvons deux expériences où les plantes ont été soumises à l'action de la lumière diffuse, comparativement dans l'air et dans l'oxygène sensiblement pur ;

or, pour la coloration, ces plantes n'ont présenté nulle différence. N'en pourrait-on point conclure que ce n'est point l'azote de l'air qui intervient dans le développement de la chlorophylle, mais bien celui que la plante renferme, sans doute, à l'état d'ammoniacque? On sait, en effet, que cette substance existe dans l'air confiné dans les tissus végétaux, comme l'ont montré MM. Ferrand et Calvert (1).

---

*Remarque.* — Dans les cultures artificielles de Blé et d'Avoine que j'ai faites en très grand nombre, j'ai eu l'occasion d'observer le phénomène des gouttelettes d'eau que ces plantes portent à l'extrémité de leurs feuilles quand elles sont jeunes, et j'en ai soigneusement noté toutes les circonstances. La cause du phénomène me paraît un défaut d'équilibre entre l'absorption et l'évaporation; en effet, toutes les circonstances restant identiques, les gouttelettes cessent, en général, d'apparaître, lorsque la deuxième feuille s'est développée: elles se montrent, dès que le sommet de la gaine qui entoure les premières feuilles sort de terre. Or, dans ces plantes, les racines croissent très vite, et l'absorption se faisant avec énergie, tandis que l'évaporation n'a que peu d'organes pour s'effectuer, l'eau monte jusqu'au sommet des feuilles, s'échappe à travers les tissus, et se dépose en forme de gouttelettes. Il y a une fente au sommet des feuilles, et une organisation de tissu différente. Dans une chambre très vaste, mais close, sur un calorifère, les gouttelettes persistent; si les fenêtres ouvertes permettent le renouvellement de l'air, elles disparaissent ou diminuent considérablement; elles se montrent quelques instants après qu'on a arrosé, si elles n'existaient pas auparavant. Des Légumineuses et des Crucifères, qui poussèrent au milieu des Graminées, ne m'ont jamais montré de gouttelettes analogues; or leurs racines réduites à quelques fibrilles confirment mon explication. Quand j'ai coupé les Graminées vertes que j'avais cultivées dans des pots, le sommet de toutes les tiges a été surmonté d'une gouttelette d'eau.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3<sup>e</sup> sér., t. XI, p. 489.

---

## DEUXIÈME THÈSE.

---

DE LA

# PRODUCTION DE LA CIRE

DANS LES ANIMAUX.

---

L'une des questions qui ont le plus préoccupé les physiologistes dans ces derniers temps, c'est celle de l'origine de la graisse des animaux. Une discussion célèbre, à laquelle prirent part un grand nombre de savants, parmi lesquels il me suffira de citer MM. Dumas, Boussingault, Payen, Milne Edwards et Liebig, s'engagea sur cette question, et leurs recherches l'ont résolue à peu près d'une manière complète. D'une part, MM. Dumas, Boussingault et Payen, se fondant sur la présence des matières grasses dans les végétaux et sur la pratique des nourrisseurs, avaient été conduits (1) à penser que les matières grasses de l'organisme animal dérivent des principes analogues qui préexistent dans les aliments végétaux. D'une autre part, M. Liebig (2) chercha à expliquer la formation de la graisse par une simple modification des composés ternaires qui abondent ordinairement dans la nourriture des herbivores; de telle sorte que, d'après son opinion, l'amidon, le sucre, la gomme, etc., se transformaient en corps gras sous l'influence vitale, en se désoxydant. L'auteur de cette dernière opinion niait la présence des matières grasses dans les végétaux, du moins des matières ayant quelque analogie avec celles que l'on rencontre chez les animaux; il n'admettait dans les plantes que la présence des matières cireuses incapables, suivant lui, de se saponifier. Il a depuis abandonné cette manière de voir, car M. Lévy, dans son mémoire sur les cires (3),

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3<sup>e</sup> sér., t. VIII, p. 63.

(2) *Chim. organ. appliquée à la physiologie animale et à la pathologie.*

(3) *Ann. de chim. et de phys.*, 3<sup>e</sup> sér., t. XIII, p. 438.



a montré que ces substances sont saponifiables, et d'ailleurs les matières grasses, extraites des végétaux, ont bien tous les caractères des graisses, et non pas celle des cires. Les résultats mentionnés dans ma Thèse de Botanique confirment pleinement les opinions des chimistes français sur la nature de ces matières. Par leur fusion à une température de moins de 50 degrés, leur facile solubilité dans la potasse, et leur rancissement à l'air, les substances que j'ai extraites de plantes variées ne laissent aucun doute sur leur véritable caractère de graisse.

Entre les deux opinions extrêmes que je viens de mentionner, il en est une intermédiaire qui paraît avoir rencontré assez d'adhérents, parce qu'elle s'est appuyée sur des faits variés que je rappellerai plus loin; elle consiste à admettre, que si les éléments des animaux renferment en même temps des matières grasses et des matières congénères de l'amidon, celles-ci, en présence des premières, pourront se transformer en matières grasses.

La transformation du sucre en acide butyrique, l'apparition de l'acide valérianique dans la fermentation des matières amylacées, ont amené à penser qu'il peut se faire que le sucre se transforme en acides gras en présence de ferments azotés. Dans cette opinion, les animaux fabriquent de la graisse comme les végétaux.

Enfin, une dernière hypothèse consiste à attribuer aux principes azotés des aliments la possibilité de se transformer en matières grasses.

Pour appuyer ces différentes opinions, leurs auteurs ont entrepris des expériences que je n'essaierai pas de décrire ici, je me bornerai à mentionner les faits généraux obtenus, en insistant sur la question de la production de la cire. M. Boussingault, en soumettant des porcs au régime exclusif des pommes de terre (1), a reconnu que la matière grasse, acquise par ces animaux, était presque exactement représentée par celle qui faisait partie de leur nourriture. Mais dans le régime mixte, où l'on mélange des eaux grasses aux pommes de terre, les mêmes animaux offrent une quantité de graisse plus grande que celle qui se trouve dans leurs aliments. Le même observateur a fait sur l'engraissement des oies et des canards des expériences qui l'ont conduit à des résultats identiques à ceux qu'avait obtenus M. Persoz, en s'occupant de la

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3<sup>e</sup> sér., t. XIV, p. 43.

même question (1). Ils ont trouvé que des oies engraisées avec du maïs ne s'assimilent pas seulement la graisse contenue dans ces graines, mais qu'elles en forment une certaine quantité aux dépens de l'amidon et du sucre du maïs, et peut-être aux dépens de leur propre matière. La graisse se trouve, après l'engraissement, supérieure à l'augmentation de poids subie par l'animal, et l'albumine du sang paraît se modifier et se remplacer par la graisse. En général, il résulte des observations de M. Boussingault, que les principes azotés sont en proportion plus forts relativement à l'amidon et au sucre de lait dans le régime qui développe le plus de graisse; ce qui laisserait penser que les principes azotés des aliments contribuent au développement du tissu adipeux.

Une question intéressante, qui se rattache à ce point de physiologie, c'est le développement de la cire chez les insectes. Les anciens naturalistes, Swammerdam, Maraldi, Réaumur pensaient que les abeilles recueillent la cire toute formée sur les végétaux. Hunter ne partagea point cette opinion, et admit que la cire est sécrétée par une série de poches glandulaires placées sous l'abdomen et s'y entasse en lamelles. Huber poussa plus loin les observations, et pour s'assurer si les abeilles fabriquent la cire avec les liquides sucrés qu'elles puisent dans les fleurs, enferma un certain nombre de ces insectes et les nourrit avec du miel et du sucre; il les vit continuer à construire des gâteaux, et il en conclut qu'il y a fabrication de cire par les abeilles. M. Bretonneau, en 1817, et plus tard M. Grundlach, refirent l'expérience d'Huber, et retrouvèrent les mêmes résultats. Mais on n'avait pas dosé la cire que les abeilles renfermaient dans leur corps à l'instant où commencèrent les expériences, il restait donc quelque incertitude sur les conclusions qu'on en pouvait tirer. MM. Dumas et Milne Edwards (2) firent des recherches plus précises sur ce sujet en y apportant tous les perfectionnements que comporte la science actuelle. Dans un premier essai, tenté avec des abeilles qui ne furent nourries qu'avec de la cassonnade de sucre, les ouvrières ne firent qu'un demi-milligramme de cire en moyenne, et au commencement de l'expérience, chacune en renfermait, en moyenne, deux milligrammes; le résultat semblait donc négatif. Une seconde tentative, dans laquelle les abeilles

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3<sup>e</sup> sér., t. XIV, p. 408.

(2) *Ibid.*, p. 400.

furent nourries avec du miel, donna des résultats différents. Toutes les précautions furent prises pour que ces insectes ne trouvassent pas dans les corps voisins des matières propres à fabriquer de la cire. On détermina ce que chacune d'elles contenait, en moyenne, au commencement de l'expérience, ce qui leur fut fourni dans le miel, et ces nombres comparés à la cire qu'elles fabriquaient, ajoutée à celle qu'elles renfermaient à la fin de l'expérience, montrèrent nettement que sous l'influence d'une alimentation de miel, les abeilles produisent de la cire. On sent toute l'analogie qui existe entre ces résultats et ceux que nous avons cités sur l'engraissement des oies.

M. Léon Dufour (1) a essayé de contester les conclusions déduites de l'expérience que je viens de rappeler, rejetant l'existence d'un appareil sécréteur de la cire, et croyant, avec Réaumur, que les abeilles fournissent cette matière et vont pour ainsi dire la mettre en forme dans les aires cirières; mais cette idée, rejetée par M. Milne Edwards, tant sous le rapport anatomique que sous le rapport physiologique, me semble complètement renversée par les nouveaux faits énoncés par M. Dujardin. Ce naturaliste, dans un travail récent (2), cherche à montrer l'usage qu'on peut faire du microscope, avec la lumière ordinaire ou la lumière polarisée, pour reconnaître la présence de la cire dans une foule de cas où elle avait échappé aux observateurs. En faisant cristalliser cette substance au sein d'huiles essentielles, qui donnent des cristaux assez volumineux, on obtient avec la lumière polarisée des phénomènes qui fournissent des notions sur sa structure; on peut aussi l'observer telle qu'on la trouve en place. Ces moyens d'investigation lui font admettre que les lames de cire d'abeilles ont une structure fibreuse perpendiculaire à la surface sécrétante. Il pense que la cire de ces lamelles est trop fragile et que l'insecte doit la malaxer pour la rendre propre à la construction de ces cellules. Cette opinion est diamétralement opposée à celle de M. Léon Dufour.

En poursuivant ses recherches sur d'autres insectes, il a trouvé que le fait de la production de la cire ne se borne pas aux Hyménoptères, mais se rencontre aussi dans un certain nombre d'Hémiptères et de Névroptères, et dans des circonstances variées. Ainsi,

(1) *Comptes rendus*, t. XVII, p. 809 et 1248.

(2) *Ann. des sc. nat.*, 3<sup>e</sup> sér., t. XII, p. 256.

dans les *Dorthesia*, la cire forme de longues lamelles parallèles, couchées, et transsude à travers une partie des téguments de la face dorsale. Dans le Puceron lanigère (*Myzoxylus mali*) les filaments chevelus ne sont autre chose que de la cire d'abeilles. Le duvet du Kermès de la vigne (*Coccus vitis*) n'est de même que de la cire. Mais un fait plus curieux, c'est que si dans les cas précédents on peut supposer un appareil glanduleux sécréteur, dans d'autres la cire se retrouve sur des organes membraneux, comme les ailes de l'*Aleurodes chelidonii*. Les ailes, les abdomens des insectes qui ne sont point mouillés par l'eau, semblent devoir cette propriété à la présence d'une couche de cire (*Jasus prasinus*, *Notonecta glauca*, *Gerris lacustris*). Un fait remarquable, c'est que ces deux derniers sont carnassiers. Chez les Libellules (*L. cærulescens* et *depressa*) il a reconnu de même que la poussière glauque qui revêt une partie de l'abdomen des mâles est aussi de la cire; et, dans ce cas, cette substance qui n'existe pas à l'époque de l'éclosion de l'œuf se produit bientôt après. Disons en passant que ce mode de recherches, appliqué aux végétaux, a montré, à M. Dujardin, une cire abondante sur la pomme de Boblin; il en a aussi trouvé sur les rameaux du tilleul, les feuilles de choux, etc.

Tous ces faits sembleraient donc autoriser à considérer la cire comme une production réellement animale, mais des incertitudes restent sur l'admission absolue de ce principe, car M. Léwy, en analysant la cire des Andaquies, qui est le produit d'un insecte, y a trouvé de la cire de palmier et de cérosie, et un grand nombre de cires végétales par leurs caractères physiques et leur composition ressemblent complètement à la cire des abeilles. Ajoutons à cela que M. Brodie (1), dans un travail sur les cires, a trouvé dans toutes les cires d'Europe de l'acide cérotique, et qu'il n'en a pas rencontré dans de la cire d'abeilles du Ceylan, formée dans des circonstances différentes de climat et de végétation. Ce fait curieux mérite qu'on le rapproche de cet autre qu'a signalé M. Lerch : les acides caproïque et butyrique du beurre sont remplacés, dans une autre saison, par l'acide vaccinique.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut donc admettre que la cire est réellement une sécrétion animale, mais que dans la plupart des cas il est nécessaire que les aliments renferment déjà une certaine quantité de cette matière.

(1) *Institut*, octobre 1848.

## PROPOSITIONS DE GÉOLOGIE ET DE ZOOLOGIE.

1° L'*Amphioxus*, que la plupart des zoologistes rangent parmi les Poissons, doit en être séparé pour constituer un type distinct.

2° Les caractères zoologiques tirés du système nerveux perdent leur valeur dans la classe des Annélides.

1° Si l'on compare entre eux les végétaux qui se sont développés à la surface de la terre aux diverses époques de sa formation, on remarque de grandes différences, qui conduisent à admettre trois longues périodes, pendant chacune desquelles ont prédominé les Acrogènes, les Gymnospermes et les Angiospermes.

2° Théorie des filons.

*Vu et approuvé,*

Le DOYEN,  
MILNE EDWARDS.

Le 5 août 1850.

*Permis d'imprimer,*  
L'Inspecteur général de l'Université,  
*Vice-recteur de l'Académie de Paris,*  
ROUSSELLE.

