

EXPOSÉ DES TITRES
ET
TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

RAOUL COMBES

Professeur de Physiologie végétale
à la Faculté des Sciences de Paris



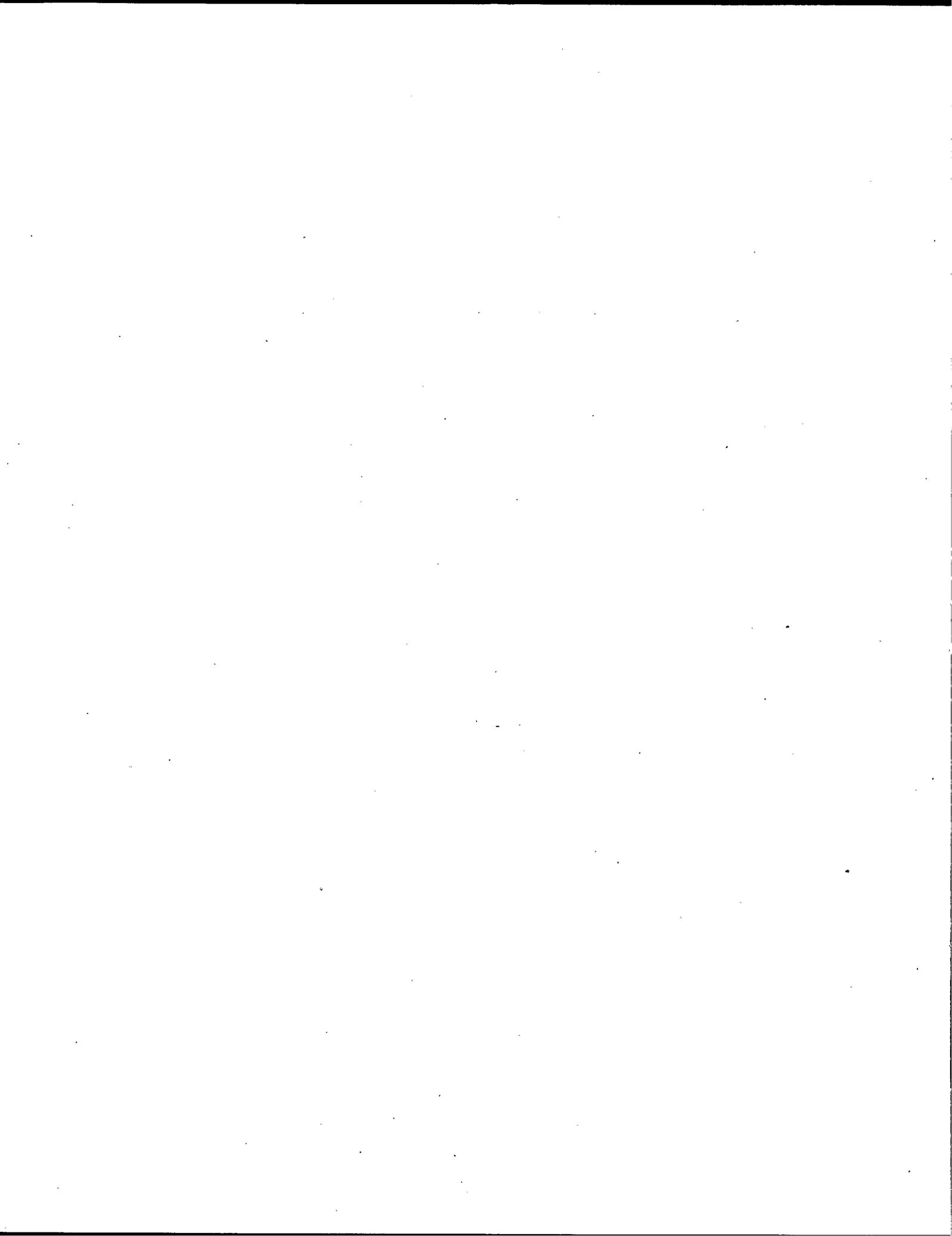
PARIS
HERMANN ET C^{ie}, ÉDITEURS
6, RUE DE LA SORBONNE, 6

—
1945

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 29.653

Cote : B



GRADES, FONCTIONS ET TITRES

| | |
|--------------------------------------|------|
| Licencié ès Sciences naturelles..... | 1908 |
| Docteur ès Sciences naturelles..... | 1910 |

| | |
|--|------|
| Boursier d'études, chargé des fonctions de préparateur de Botanique à la Faculté des Sciences de Paris..... | 1911 |
| Professeur de Botanique appliquée à l'Institut national d'Agronomie coloniale..... | 1912 |
| Professeur de Botanique à l'École nationale d'Horticulture..... | 1912 |
| Préparateur à la Faculté des Sciences de Paris..... | 1919 |
| Chef des travaux de Physiologie végétale à la même Faculté..... | 1921 |
| Chargé des fonctions de Maître de conférences de Botanique coloniale à la même Faculté..... | 1920 |
| Maître de conférences de Biologie végétale à la même Faculté..... | 1931 |
| Professeur sans chaire à la même Faculté..... | 1932 |
| Professeur de Physiologie végétale à la même Faculté..... | 1937 |
| Directeur du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau..... | 1937 |
| Directeur du Laboratoire de Biologie végétale de l'École pratique des Hautes Études..... | 1937 |
| Professeur de Botanique à l'École normale supérieure d'Enseignement primaire de Saint-Cloud..... | 1937 |
| Directeur du Laboratoire de Biologie de la Station du froid du Centre national de la Recherche scientifique..... | 1943 |
| Directeur de l'Office colonial de la Recherche scientifique..... | 1943 |

33 ans et le mois de service au 1^{er} janvier 1948

| | |
|---|------|
| Lauréat de la Société chimique de France..... | 1907 |
| Lauréat de l'Académie nationale d'Agriculture de France (Médaille d'or à l'effigie d'Olivier de Serres)..... | 1910 |
| Lauréat de la Faculté des Sciences (Prix de Physiologie végétale Jean de Rufz de Lavison)..... | 1914 |
| Lauréat de l'Institut (Prix Monthyon de Physiologie) | 1911 |
| » » (Prix de Physiologie végétale)..... | 1919 |
| » » (Prix Henri de Parville) | 1930 |
| » » (Prix Binoux d'Histoire et de Philosophie des Sciences | 1934 |
| Membre de la Société de Biologie..... | 1932 |
| Président de la Société botanique de France | 1933 |
| Vice-président du Comité de la Station internationale de Géobotanique méditerranéenne et alpine..... | 1933 |
| Professeur honoraire à l'Institut national d'Agronomie coloniale..... | 1935 |
| Membre correspondant de l'Institut national de Genève | 1939 |

EXPOSÉ DES TITRES
ET
TRAVAUX SCIENTIFIQUES
DE
RAOUL COMBES

Dès mes premiers contacts avec le laboratoire, mes recherches furent orientées vers la Biologie végétale, et plus particulièrement vers l'étude biochimique des phénomènes de la vie. Elles se sont poursuivies dans cette même voie depuis quarante ans.

L'étude du fonctionnement de la matière vivante nécessite des recherches portant à la fois sur l'évolution de sa structure morphologique et sur les manifestations physiques et chimiques de son activité. La nature et l'intensité des phénomènes vitaux dépendent à la fois de la structure chimique et physique de la matière vivante et de sa structure morphologique ; elles dépendent également des facteurs chimiques et physiques du milieu dans lequel elle évolue. Se limiter à l'étude des changements qu'éprouve la forme dans des conditions de milieu invariables ou sous des influences diverses est tout à fait insuffisant pour permettre de comprendre le mécanisme des phénomènes de la vie. Se borner à l'examen des transformations physico-chimiques que subissent les organismes vivants ne peut également conduire qu'à des aperçus incomplets et parfois inexacts sur le fonctionnement de ces organismes. Les deux ordres d'investigations sont indispensables, doivent s'intriquer et s'entr'aider étroitement.

Ces considérations, ainsi que le souci d'essayer de pénétrer le déterminisme et le mécanisme biochimique des phénomènes, ont guidé mes recherches depuis les premières études que j'entrepris, dès 1904, sur divers constituants chimiques des cellules, jusqu'à ces dernières années où, écrivant une mise au point de nos

connaissances sur la vie de la cellule végétale, j'ai jugé indispensable d'examiner parallèlement les actions chimiques et physiques qui s'y produisent et l'évolution morphologique de ses différents territoires.

Mécanisme biochimique de la pigmentation anthocyanique.

L'étude de ces manifestations de la vie que sont les différents cas de pigmentation des tissus m'a occupé de 1908 à 1923. Pendant ces quinze années, j'ai travaillé à établir la nature des phénomènes chimiques qui se produisent dans un tissu où apparaît l'un quelconque de ces pigments rouges, violets ou bleus que l'on a désignés sous le nom d'anthocyanes.

J'ai tout d'abord précisé les variations qu'éprouvent les glucides au cours du phénomène de pigmentation et j'ai fait connaître un moyen — la décortication annulaire des tiges — permettant de provoquer expérimentalement la formation des anthocyanes dans les tissus des plantes supérieures ; j'ai ensuite montré les modifications que subissent les échanges gazeux pendant l'apparition des pigments ; enfin, après m'être ainsi fait une idée de l'ambiance chimique dans laquelle naissent les anthocyanes, j'ai abordé l'étude du mécanisme de leur formation par l'examen cytologique et chimique des organes en voie de pigmentation.

C'est ainsi que j'ai pu mettre en évidence la succession, à l'intérieur d'une même cellule, dans un même territoire cellulaire, d'un composé oxyflavonique et d'un pigment anthocyanique, ce qui m'a conduit tout d'abord à supposer une relation biochimique entre ces deux corps, puis à vérifier cette supposition. C'est au cours de cette vérification que je suis parvenu à produire une anthocyane artificielle par réduction du composé oxyflavonique qui précède le pigment rouge dans les tissus vivants. Cette manifestation particulièrement apparente de la vie végétale qu'est la pigmentation anthocyanique se trouvait dès lors expliquée aussi bien dans son déterminisme que dans son processus biochimique : contrairement à l'opinion admise jusqu'alors, qui voyait en elle un phénomène d'oxydation, il était démontré que la genèse du pigment anthocyanique avait pour cause déterminante l'établissement, dans la vacuole cellulaire, d'un milieu réducteur, et que son mécanisme chimique consistait en la réduction de dérivés oxyflavoniques préformés ou en voie de formation.

Les faits nouveaux mis en évidence au cours de cette étude nous éclairaient

en outre sur la nature chimique des anthocyanes et sur la place qu'il convenait de leur attribuer dans la classification des espèces chimiques végétales.

Rôle physiologique des glucosides.

Les pigments anthocyaniques sont des glucosides ; au cours de mes travaux sur le déterminisme et les processus chimiques de la formation de ces corps je fus amené à me poser diverses questions relatives à leur circulation à travers la plante et à leur sort dans la cellule. En vue d'essayer de répondre à ces questions, je me proposai de faire pénétrer des glucosides à l'intérieur d'organismes végétaux et de suivre leur évolution dans les tissus au cours du développement. Les glucosides anthocyaniques se prêtant mal aux expériences de cette nature, je dus avoir recours à d'autres représentants de ce groupe chimique ; c'est ainsi que je fus conduit à mes recherches sur les glucosides cyanogénétiques et saponiques.

Cette étude me permit de montrer que les membranes cellulaires sont imperméables à ces substances ; des racines de plantes en voie de développement peuvent, en effet, être maintenues immergées pendant des mois au sein d'un liquide riche en glucosides, sans que se produise une pénétration appréciable du corps à l'intérieur des tissus. C'était là une confirmation de l'opinion de PFEFFER qui considérait les glucosides comme des substances d'accumulation incapables de traverser les membranes sans avoir subi une transformation préalable.

Culture pure des végétaux supérieurs.

Les recherches précédentes nécessitaient le maintien des plantes en culture pendant de longues périodes au contact de milieux pourvus d'un glucoside déterminé. Les glucosides étant des composés organiques utilisables par une foule de microorganismes abondamment répandus dans l'air il était indispensable de réaliser l'asepsie des cultures. Je fus ainsi amené à mettre au point une technique permettant le développement des plantes supérieures en culture pure et dans des conditions aussi voisines que possible de celles qui sont réalisées dans la nature.

J'ai réussi à établir une méthode de culture comportant le développement des racines dans un milieu demeurant stérile et celui de l'appareil aérien dans des conditions normales, à l'air libre. Cette méthode, que j'appliquai à l'étude du

rôle physiologique des glucosides, fut utilisée dans la suite par divers expérimentateurs dans des travaux relatifs à d'autres questions de Biologie.

Immunité des végétaux vis-à-vis de leurs propres constituants.

Ces cultures de plantes supérieures en milieux glucosidiques m'ont à leur tour conduit à aborder un autre problème, celui de l'immunité. Au cours de ces cultures, j'ai pu en effet démontrer expérimentalement l'immunité de l'organisme végétal vis-à-vis des principes immédiats qu'il élabore. Une espèce qui produit normalement un glucoside saponique peut supporter, au contact de ses racines, des solutions de ce glucoside 1.000 fois plus fortes que celles qui suffisent à déterminer des actions nocives très nettes sur les espèces non productrices de ces corps.

Phénomènes biochimiques qui accompagnent le jaunissement automnal des feuilles.

Au cours de mes recherches sur un cas particulier de pigmentation anthocyanique, celui du rougissement automnal des feuilles, j'ai dû comparer ce qui se passe au point de vue biochimique chez les plantes qui subissent ce rougissement et chez celles qui présentent seulement le phénomène de jaunissement. Mes investigations se sont ainsi trouvées orientées vers l'étude des transformations chimiques et des phénomènes de migration qui, en automne, précèdent la chute des feuilles chez les arbres de nos régions.

Les mouvements de matière extrêmement actifs qui parcourent les tissus d'une façon continue, et prennent une intensité considérable dans certaines phases de l'existence des plantes, représentent une forme des manifestations de la vie végétale particulièrement saisissante. Nous savons fort peu de choses sur les causes déterminantes de ces mouvements, sur leur mécanisme, leurs variations de sens et d'intensité, sur les transformations chimiques qui les préparent, les accompagnent et leur font suite.

J'entrepris tout d'abord l'étude des variations que subissent les glucides des feuilles au cours du jaunissement automnal chez les plantes ligneuses. J'établis le rôle que jouent, dans ces variations, le phénomène respiratoire et les précipitations atmosphériques d'une part, la migration vers les organes vivaces d'autre part.

Abordant ensuite des recherches comparables sur les substances azotées des feuilles, j'ai pu démontrer d'une façon précise l'existence, chez les plantes ligneuses, au moment où se produit le jaunissement automnal, d'un mouvement de substances qui apparaît comme une véritable évacuation. Ce mouvement, dont j'ai fait connaître les variations d'intensité, est une manifestation facilement appréciable d'une activité biochimique considérable qui survient dans la vie des arbres à l'approche du repos hivernal. J'ai étudié sous ses diverses formes ce phénomène dont l'existence était jusqu'alors très discutée ; j'ai montré quand il commence et quand il s'arrête ; j'ai suivi les substances évacuées dans les organes où elles s'accumulent et mis en évidence la part que prennent, respectivement, la tige et la racine dans le phénomène d'accumulation.

L'existence du mouvement d'évacuation étant nettement établie, le phénomène étant étudié dans ses diverses manifestations, il convenait d'examiner son mécanisme biochimique. J'en ai commencé l'étude par la détermination des transformations chimiques que subissent les matières azotées, dans les différents organes des arbres, avant, pendant et après l'acte d'évacuation. J'ai montré comment, dans les feuilles, dans la tige et dans la racine, les phénomènes de protéogénèse et de protéolyse prennent tour à tour l'importance prédominante, et j'ai mis en évidence les rapports qui existent entre ces variations du métabolisme des constituants azotés et le phénomène d'évacuation automnale.

Disparition de la chlorophylle des feuilles en automne.

Le résultat le plus facilement appréciable du mouvement d'évacuation est la disparition de la chlorophylle, qui se traduit extérieurement par le jaunissement des feuilles. On admettait assez généralement, pour expliquer le déterminisme du jaunissement automnal, l'hypothèse de WIESNER selon laquelle l'action de la lumière jouerait le rôle prépondérant. J'ai démontré expérimentalement que cette explication ne peut être admise. La lumière n'exerce pas d'action directe sur la disparition de la chlorophylle des feuilles en automne. Le jaunissement doit être considéré comme l'un des résultats de ces phénomènes de simplification moléculaire qui se produisent à cette époque dans les tissus foliaires et se trouvent liés au grand mouvement d'évacuation du contenu des feuilles vers les tiges.

Métabolisme azoté chez les plantes ligneuses au cours d'une année de végétation.

Ces recherches sur le métabolisme azoté et les phénomènes de migration, d'abord limitées à la période qui précède la chute des feuilles, furent étendues plus tard à l'étude d'une année entière de végétation. Elles m'ont permis d'établir la signification exacte de l'évacuation automnale dans l'ensemble du développement. Ce phénomène ne doit pas être considéré comme la continuation des lentes migrations qui, pendant toute la période active de végétation, entraînent vers les tiges une partie des produits élaborés dans les feuilles ; c'est c'est un phénomène nouveau, caractéristique de la vie des arbres en automne, c'est la contre-partie du mouvement, non moins rapide, qui se produit en sens inverse en avril et mai, phénomène caractéristique, lui, de la vie des arbres au printemps.

Influence de l'excitation traumatique sur les migrations de substances.

Enfin, ces recherches sur les grandes migrations et sur les transformations de substances m'ont conduit à l'étude de l'influence qu'exercent les traumatismes sur les mouvements de matière dans les tissus végétaux. Ayant eu à utiliser la méthode de SACHS pour suivre l'évacuation de l'azote des feuilles au cours de périodes de vingt-quatre heures, j'ai pu constater que cette méthode comporte une cause d'erreur très importante du fait des traumatismes foliaires qu'elle nécessite. Au cours des expériences entreprises dans le but de préciser divers points de cette question, j'ai démontré que l'excitation traumatique active très sensiblement les migrations de matière quel qu'en soit le sens ; elle influence aussi bien l'entrée des substances dans la cellule que leur sortie. L'action est assez rapide et assez intense pour que les résultats en soient facilement perceptibles par l'analyse, et même par simple pesée des tissus. Ces faits mettent en évidence l'extrême sensibilité du métabolisme végétal aux excitations traumatiques.

Il convenait, ici encore, de rechercher le mécanisme biochimique du phénomène, d'expliquer comment le traumatisme peut intervenir dans le transport des substances. Il semble bien que ce soit par son action sur la matière vivante elle-même ; il modifie la structure physico-chimique du protoplasma et de ses surfaces ectoplasmique et endoplasmique d'où résulte une augmentation

de la perméabilité cellulaire et, par conséquent, une accélération des mouvements de migration de substances à travers les tissus.

Action du milieu extérieur sur le fonctionnement des végétaux.

Optimum d'éclairement pour le développement des plantes.

L'étude de l'action du milieu extérieur sur le fonctionnement de l'organisme végétal m'a attiré dès mes débuts dans la recherche. En 1909, j'entreprenais une première série d'expériences sur les réactions des plantes à l'influence du facteur lumière. L'exposé des résultats obtenus à cette époque a constitué ma thèse de doctorat ès sciences.

Le comportement des plantes à des éclairagements d'intensités diverses fut étudié dans ses manifestations morphologiques — germination, développement de l'appareil végétatif, floraison, formation des fruits et des graines — et dans ses manifestations chimiques : élaboration générale de la matière constitutive des tissus. Ces recherches m'amènèrent, entre autres résultats, à la notion de variation de l'optimum lumineux pour les végétaux au cours de leur développement. J'ai établi les courbes exprimant ces variations pour plusieurs espèces végétales, et j'ai montré qu'elles sont différentes pour les divers phénomènes physiologiques. De l'ensemble des résultats obtenus se dégageait cette conclusion, que les fortes intensités lumineuses provoquent, chez les végétaux, l'accumulation des substances élaborées et favorisent par conséquent la formation et le développement des organes d'accumulation (rhizomes, tubercules, fruits, graines, etc...), tandis qu'au contraire les éclairagements faibles déterminent l'utilisation des substances élaborées, et accélèrent la production des organes à vie active (feuilles, tiges herbacées, etc...).

Biochimie du forçage des végétaux.

Une étude biochimique sur le forçage des végétaux m'a amené à constater que l'action prolongée d'une atmosphère chaude et humide sur une plante ligneuse apporte diverses modifications dans le métabolisme azoté de ses tissus. Le séjour dans ce milieu avance l'époque où se produisent les phénomènes de protéolyse et de migration qui accompagnent l'éclosion des bourgeons. Cette étude m'a permis en outre de mettre en évidence des faits qui engagent à penser que c'est dans l'axe, dans la racine et la tige, que commence le travail méta-

bolique préparant la reprise de la vie active chez les plantes forcées et vraisemblablement aussi chez les plantes se développant dans les conditions normales.

Action du milieu humide et chaud sur le métabolisme azoté.

Ces premiers résultats m'ont conduit à entreprendre une étude plus approfondie des changements que provoque le milieu chaud et humide dans le métabolisme des substances azotées, c'est-à-dire dans cette partie de l'activité biochimique des organismes qui donne naissance aux constituants fondamentaux de la matière vivante. J'ai suivi, au cours de plus d'une année de végétation, les variations que subissent les substances azotées solubles et les protéides chez une espèce ligneuse se développant comparativement, d'une part, en milieu chaud et humide — à une température à peu près constante de 20° à 25° — et d'autre part, en plein air, c'est-à-dire dans les conditions de température et d'humidité habituelles sous notre climat. J'ai pu ainsi établir que le milieu chaud et humide modifie complètement le rythme existant normalement dans l'alternance de prédominance de la protéogénèse et de prédominance de la protéolyse. Il accélère considérablement ce rythme. Chez les plantes vivant normalement en plein air, une seule fois dans l'année les phénomènes de protéogénèse prennent sur ceux de protéolyse une prépondérance assez accusée pour vider presque complètement les tissus de leurs substances azotées à petites molécules ; chez les plantes vivant en atmosphère chaude et humide, le fait se reproduit chaque année à quatre reprises successives échelonnées de la fin d'avril au début de novembre. Ce changement de rythme dans le métabolisme des substances azotées est corrélatif d'un changement de rythme dans une partie de l'évolution morphologique des individus, dans l'éclosion des bourgeons, phénomène où précisément l'élaboration de la matière organique azotée, en particulier la protéogénèse, joue un rôle essentiel ; chez les plantes vivant à l'air libre l'éclosion des bourgeons se fait en une seule fois, au printemps, et se trouve terminée en quelques jours ; chez celles que l'on maintient en milieu chaud et humide la période d'éclosion des bourgeons s'étend à plusieurs mois.

Ainsi les résultats auxquels conduit l'étude de l'influence du milieu menée parallèlement dans le domaine biochimique et dans le domaine morphologique permettent des rapprochements logiques entre certains faits métaboliques et certains faits de morphogénèse. Il y avait lieu de penser que des recherches

poursuivies dans cette voie pourraient aboutir à une explication rationnelle de ces derniers.

Depuis 60 ans, une vaste enquête a été menée par de nombreux botanistes et physiologistes pour préciser la nature et l'importance des réactions morphogènes de la matière végétale vis-à-vis des divers milieux naturels ou artificiels dans lesquels elle peut être amenée à fonctionner. Une multitude de faits ont été accumulés qui ont notablement enrichi nos connaissances sur le degré de plasticité des organismes végétaux et sur l'action morphogène propre à chacun des principaux constituants possibles du milieu, radiations thermiques, radiations lumineuses, eau de l'air et du sol, espèces chimiques diverses offertes aux racines ou à l'appareil aérien, etc.

Il nous est maintenant possible de prévoir, dans une certaine mesure, quelle sera la variation de la forme générale d'un organisme végétal et celle de la structure de ses divers tissus lorsque cet organisme est mis dans l'obligation de se développer dans un milieu déterminé, plus ou moins différent de son milieu normal. Nous sommes, par contre, beaucoup moins renseignés sur le mécanisme intime des variations qui se produisent. Nous connaissons la relation existant entre le milieu et la forme, mais nous ignorons le plus souvent par quel processus le milieu influe sur la morphogénèse ; nous sommes incapables d'indiquer quelles sont les causes déterminantes immédiates des structures morphologiques que nous observons. Le milieu agit directement sur l'entrée et la sortie de la matière et de l'énergie puisque c'est lui qui fournit matière et énergie. Il agit déjà moins directement sur leur répartition à l'intérieur de l'organisme, moins directement encore sur le fonctionnement physico-chimique qui les met en œuvre dans la matière vivante ; quant à l'action du milieu sur la morphogénèse, elle est plus lointaine encore, puisque la construction des formes est le résultat du fonctionnement physico-chimique, la conséquence directe des phénomènes de synthèse et de simplification moléculaire, de la mise en place des substances élaborées ou de l'élimination des substances préalablement désintégrées.

Pour parvenir à préciser le mécanisme de l'action morphogène exercée sur la cellule ou sur l'organisme par le milieu ambiant, c'est donc toute cette série d'actions qu'il faudrait essayer de connaître, toute cette chaîne de phénomènes se déterminant les uns les autres et qui relie l'action du milieu à la réaction morphogène.

Des maillons de cette chaîne étaient déjà connus, mais les données ac-

quises restaient très fragmentaires et ne permettait pas une étude synthétique complète de l'action du milieu. Il convenait de reprendre l'examen du problème dans son ensemble ; il fallait suivre l'action du milieu sur les différentes manifestations de l'activité métabolique. Des organismes de même espèce étant cultivés dans des conditions de milieu différentes — conditions d'éclairément, de température, d'état hygrométrique, etc. — il était nécessaire de préciser comment s'effectuait, dans ces différents cas, le travail chimique dont les tissus étaient le siège, d'établir comment se réalisaient qualitativement et quantitativement, l'absorption de la matière et de l'énergie, la genèse des principaux constituants de la substance végétale, glucides, protides, lipides.

Il y avait lieu de penser que lorsque l'on connaîtrait aussi bien les conséquences immédiates de l'action du milieu sur la matière végétale — conséquences métaboliques — que ces conséquences lointaines — conséquences morphologiques —, il deviendrait possible de tenter l'explication du déterminisme de la morphogénèse ; on pouvait espérer être en mesure, dans beaucoup de cas, d'indiquer par quelle succession de phénomènes métaboliques le changement de telle condition du milieu extérieur parvenait à provoquer telle modification de la forme.

Aux nombreux documents réunis depuis 60 ans par les physiologistes dans le chapitre de la Morphogénie expérimentale doivent être adjointes toute une série de données nouvelles montrant comment l'activité biochimique est modifiée par la variation expérimentale du milieu extérieur ; l'ensemble de ces données constitue un autre chapitre de la Phytobiologie qui peut être intitulé Biochimie expérimentale.

Les recherches effectuées dans mon laboratoire depuis 12 ans ont eu précisément pour but de réunir un certain nombre de ces données.

J'ai entrepris et fait entreprendre par mes élèves une série d'études en vue de préciser les réactions à la fois biochimiques et morphologiques de la matière végétale aux différentes conditions de milieu. Les recherches effectuées jusqu'ici ont fait connaître les bouleversements qu'apporte la diminution de l'éclairément dans la nutrition minérale, la respiration, la photosynthèse, le métabolisme phosphoré, le métabolisme azoté, le métabolisme des glucides, la pression osmotique des tissus ; elles ont mis en évidence des changements plus profonds encore dans ces diverses manifestations de l'activité métabolique sous l'action du milieu aquatique, et ont abouti à une explication biochimique rationnelle

du déterminisme des formes chez les organes immergés. Elles ont également réuni des renseignements de même ordre sur l'action du climat alpin.

Action du climat alpin sur le métabolisme.

Les cultures expérimentales entreprises comparativement en plaine et en Haute-Maurienne, au pied du glacier des Evettes, à 2.590 mètres d'altitude, m'ont permis de constater que le climat alpin agit sur le métabolisme en exagérant notablement les accumulations de glucides. Les individus qui subissent le climat des hautes montagnes contiennent trois fois plus de sucres solubles que ceux de la plaine, et ils sont également plus riches en glucides complexes.

L'étude de la part qui revient à l'alternance de températures basses et élevées dans les effets du climat des hautes altitudes a montré que ces conditions, agissant indépendamment des autres facteurs de ce milieu, déterminent dans le chimisme des variations de même sens que le climat alpin. G. BONNIER avait attribué à l'alternance des nuits froides et des journées chaudes les caractères particuliers que présentent les plantes des hautes montagnes ; si ces conditions produisent dans la morphogénèse des modifications semblables à celles que détermine le climat alpin c'est qu'elles provoquent des changements de même nature dans leur métabolisme.

Action de l'intensité de l'éclairement et action du milieu aquatique sur le métabolisme.

L'étude des modifications qu'apportent dans le métabolisme, d'une part l'action d'éclairements plus ou moins intenses et, d'autre part, l'action du milieu aquatique, m'a permis de mettre en évidence des transformations profondes de l'activité métabolique des tissus dans ces diverses conditions, et de montrer l'étendue des possibilités biochimiques d'une même sorte de matière végétale. Suivant que la substance des tissus se construit à une faible ou à une forte lumière, sous l'eau ou dans l'air, en plaine ou sous le climat alpin, sa teneur en minéraux peut varier de 9 à 22 % (passant de 1 à 2, 4), sa teneur en substances azotées solubles de 0,15 à 1,44 (passant de 1 à 9,6), sa teneur en sucres réducteurs de 0,77 à 10,23 (passant de 1 à 13), sa teneur en holosides solubles de 0,31 à 6,31 (passant de 1 à 20).

Chez les espèces étudiées, l'enrichissement anormalement élevé des tissus

en substances azotées solubles constaté dans les organes développés aux faibles éclaircissements ou sous l'eau est dû pour la plus grande part à des accumulations de nitrates qui peuvent atteindre jusqu'à 10 % de la matière végétale sèche. La mise en évidence de ces accumulations massives de corps minéraux solubles soulève à nouveau la question du mécanisme de l'accumulation dans les tissus de corps de faible grosseur moléculaire. Les faits observés chez les plantes en immersion ne permettent pas, comme on a essayé de le faire dans d'autres cas, d'expliquer l'existence de ces dépôts de nitrates par une activité réduite de la protéogénèse. Il m'a semblé possible de l'attribuer aux caractères particuliers de structure physico-chimique des tissus où se forment ces dépôts, caractères qui leur confèreraient des facultés spéciales d'adsorption et de fixation de ces sels.

Production expérimentale chez une plante immergée des caractères de structure propres aux organes aériens.

J'ai appliqué à l'étude de l'action morphogène du milieu aquatique une autre méthode d'expérimentation, celle qu'avait utilisée M. MOLLIARD depuis 1907, et qui l'a conduit entre autres résultats, à fournir une explication rationnelle des mécanismes d'action des milieux à atmosphère sèche, du milieu souterrain et des milieux à fortes intensités lumineuses sur la structure des végétaux. Elle consiste à provoquer des modifications de la composition organique des tissus par culture des plantes, dans des conditions aseptiques, au contact de milieux riches en substances organiques déterminées.

J'ai cultivé une plante aquatique, le *Veronica Anagallis*, comparativement dans les trois conditions différentes suivantes : immergée dans l'eau, immergée dans un milieu liquide contenant 10 % de glucose, et enfin à l'air libre. L'étude des trois sortes d'individus obtenus m'a montré que le milieu liquide riche en sucre provoque l'apparition, chez les plantes immergées, de tous les caractères structuraux propres aux individus vivant dans l'air. Ce résultat nous éclaire sur la nature du processus de l'action morphogène exercée par le milieu aquatique. Les organes immergés des plantes aquatiques doivent vraisemblablement leur structure particulière pour la plus grande part à la faible concentration de leurs tissus en matières organiques et notamment en glucides, puisqu'il suffit de faire croître expérimentalement cette concentration pour qu'apparaisse la structure de plantes d'air. Le milieu aqueux agirait donc sur la morphogénèse des

végétaux par l'orientation qu'il donnerait à la partie du fonctionnement métabolique qui règle les phénomènes d'accumulation des glucides ; il dirigerait cette partie du chimisme vers la production de faibles concentrations.

Biochimie de la fleur.

La différenciation de la fleur est un cas particulier de l'action du milieu. La production de ce rameau feuillé très spécial qu'est la fleur est provoquée par les conditions de nutrition réalisées dans la région de la plante où ce rameau se développe, par la nature et l'abondance de l'approvisionnement en minéraux et en corps organiques de cette région. On sait déjà que la production de la fleur est en rapport avec une nutrition glucidique des tissus exceptionnellement riche ; j'ai pensé que l'étude biochimique de la formation des pièces florales pourrait apporter des renseignements utiles sur les causes de leur différenciation.

J'ai suivi les transformations chimiques qu'éprouvent les tissus floraux au cours de la croissance de la fleur depuis le stade de jeune bouton jusqu'à celui de corolle fanée ; j'ai constaté que ces tissus se distinguent surtout par une activité métabolique considérable. Pendant la croissance des pièces florales, les tissus de ces organes reçoivent de la tige feuillée avec une très grande rapidité les matériaux les plus divers en abondance. Les analyses de pétales faites à des temps rapprochés au cours de la croissance de ces organes ont montré qu'en 13 jours les quantités de substances contenues dans un nombre déterminé de pièces deviennent 7 fois plus grandes pour les matières minérales, 3 fois plus grandes pour les substances azotées et 21 fois plus grandes pour les glucides solubles. Les pétales constituent donc des centres d'attraction extrêmement actifs des substances en voie de migration, provoquant pendant leur croissance des déplacements rapides de ces substances ; d'autre part, ils montrent une remarquable puissance de protéogénèse ; enfin ils se comportent comme des organes accumulateurs de glucides. Une autre caractéristique des tissus de la corolle, qui les différencie de ceux des feuilles, est la rapidité avec laquelle peuvent changer la nature des phénomènes biochimiques dont ils sont le siège, et aussi le sens des migrations qu'ils provoquent ; en 2 jours, les actions de synthèse sont remplacées par des actions de désintégration, l'afflux rapide des substances venant de la tige feuillée s'arrête et fait place à un reflux devenant vite aussi rapide et même plus rapide que n'avait été l'afflux ; il suffit, en effet, de quelques jours

**

pour que les tissus de la corolle se vident d'une grande partie des substances qu'ils contiennent ; en 4 jours, ils peuvent perdre 44 % de leurs minéraux, 58 % de leurs substances azotées et 84 % de leurs glucides solubles.

L'étude de l'action des facteurs du milieu extérieur sur le métabolisme de la fleur m'a montré que l'activité chimique de cet organe est sensible à cette action et que la sensibilité qu'il manifeste est différente de celle des organes chlorophylliens, des feuilles par exemple.

Le développement des plantes en milieu chaud, humide et faiblement éclairé, provoque un afflux anormalement élevé de protides solubles vers les corolles de même que vers les limbes foliaires, mais tandis que ces derniers parviennent à utiliser cet excédent de matériel azoté et s'enrichissent en protéides, les corolles ne montrent qu'une protéogénèse peu active et laissent une grande partie des produits azotés qui leur parviennent à l'état de protides solubles de faible grandeur moléculaire.

Des expériences entreprises dans le but de connaître quelle part revient à l'atténuation de la lumière dans les transformations constatées ont montré que ce facteur peut à lui seul produire les effets observés. Il y a là un nouvel exemple d'action de la lumière dans l'activité physico-chimique des tissus apparaissant indépendante de celle qu'elle exerce dans la photosynthèse.

Des expériences entreprises sur les fleurs de *Lilium croceum* m'ont montré que les traumatismes peuvent accélérer les phénomènes normaux de migration de substances qui se produisent dans ces organes. Chez les fleurs dont les pièces du périanthe ont été incisées ou dont on a arraché les étamines, les désordres provoqués ont pour effet d'activer l'évacuation des substances azotées des tissus du périanthe vers les organes végétatifs.

Conservation des fruits en atmosphères froides, riches en gaz carbonique et pauvres en oxygène.

Des recherches faites en vue d'adapter à l'industrie française la méthode mise au point en Angleterre pour augmenter la durée de conservation des fruits en utilisant les basses températures et les atmosphères riches en gaz carbonique et pauvres en oxygène, m'ont conduit à établir un type d'appareils constitués par des cellules étanches faites en métal ou en bois ; ces appareils peuvent être installés dans les chambres froides normales ; les fruits y sont maintenus dans

les conditions optima de conservation préalablement déterminées au laboratoire pour chaque variété.

J'ai commencé à déterminer ces conditions pour les variétés françaises de fruits dont il y a intérêt à prolonger la conservation ; les optima de conservation sont actuellement établis pour la variété de poires Passe-Crassane. Les résultats des premiers essais effectués au laboratoire ont été confirmés par des expériences réalisées sur le plan industriel et portant sur une tonne de fruits.

Histoire de la Biologie végétale.

La place que j'ai donnée à l'étude de l'Histoire de la Science dans mon enseignement m'a amené à entreprendre divers travaux dans ce domaine.

J'ai tout d'abord suivi les étapes successives de la découverte de la sexualité chez les végétaux, et montré l'effort accompli par les naturalistes depuis le xvi^e siècle pour aboutir à nos connaissances actuelles. J'ai ensuite exposé ce que fut l'évolution du concept vitaliste depuis son introduction en Biologie végétale jusqu'au début du xix^e siècle, époque à laquelle il fut à peu près généralement abandonné, et j'ai précisé l'influence qu'exerça cet abandon sur la progression des connaissances. Dans une Histoire de la Biologie végétale en France, à laquelle l'Académie des Sciences a accordé le prix Binoux d'Histoire et Philosophie des Sciences, j'ai exposé la part qui revient aux savants français dans la création de la Science phytobiologique au début du siècle dernier et dans le développement rapide qui l'a amenée à son état actuel. Enfin, j'ai examiné comment se situe, par rapport aux conceptions successivement émises depuis trois siècles, l'évolution des idées qui se produit de nos jours relativement au mécanisme général de l'assimilation de la matière inerte par la substance vivante végétale.

Divers et ouvrages d'enseignement.

Ma collaboration à l'*Encyclopédie française* comporte deux articles, qui font partie du Chapitre VIII sur le fonctionnement des végétaux, tome IV, « La Vie » ; l'un traite des « Sources d'énergie dont disposent les végétaux à la surface du globe » et l'autre des « Réactions aux facteurs du milieu ».

J'ai commencé, en 1927, un ouvrage de Biologie cellulaire, *La vie de la cellule végétale*, dont les deux premiers volumes obtinrent de l'Académie des Sciences,

en 1930, le prix Henri de Parville ; le troisième et dernier volume a paru en 1937.

L'importance croissante que prennent dans la recherche et dans l'enseignement les questions relatives aux actions du milieu extérieur sur le fonctionnement des organismes m'a engagé à faire un exposé des acquisitions les plus importantes réalisées dans ce domaine en ce qui concerne les végétaux. Cet ouvrage : *La forme des végétaux et le milieu*, est actuellement à l'impression.

Je me bornerai à signaler, en terminant, divers travaux qui s'écartent de la ligne générale de mes recherches parce qu'ils ont été réalisés dans des circonstances particulières ; ce sont mes études sur les glucosides saponiques, les oxyquinones et la lignine, qui m'ont conduit à faire connaître de nouvelles réactions histo-chimiques de ces corps, mes recherches sur la préparation et la purification des oxynaphtoquinones et des oxyanthraquinones, enfin mes travaux bactériologiques sur les affections typhoïdes équine ; celles-ci ont été effectuées au cours de la guerre 1914-1918.

Enseignement.

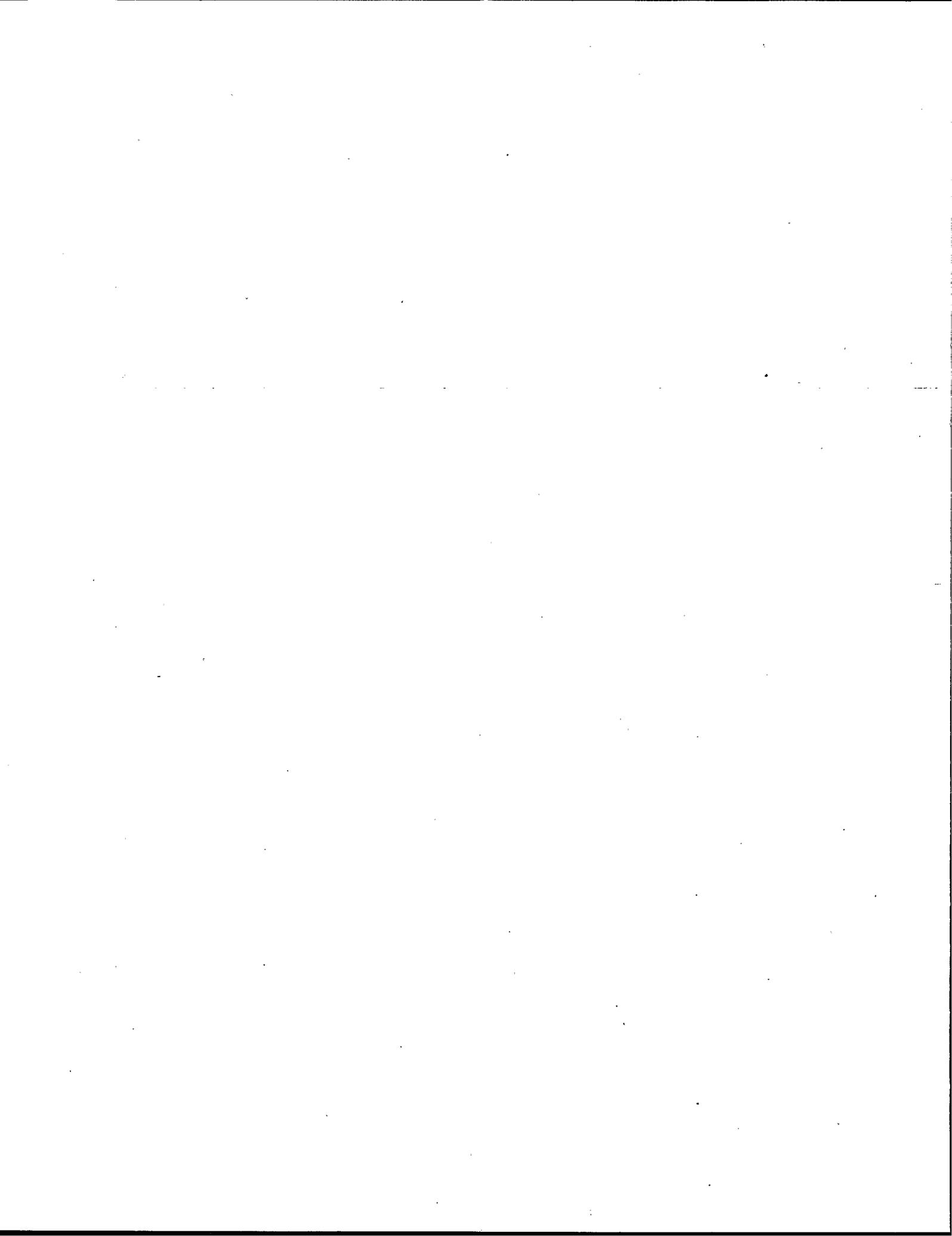
Chargé d'un cours complémentaire à la Faculté des Sciences de Paris de 1919 à 1937, j'ai donné, pendant cette période, un enseignement portant d'une part, sur la Physiologie végétale et, d'autre part, sur la Systématique. En 1931, j'étais nommé maître de conférences de Biologie végétale dans la même faculté et chargé du cours destiné aux candidats au certificat de P. C. N. transformé ensuite en P. C. B.

Depuis 1937, date à laquelle j'ai été nommé à la chaire de Physiologie végétale, j'ai assuré cet enseignement qui s'adresse à la fois aux candidats au certificat d'études supérieures de Physiologie générale et aux candidats au certificat de Botanique. Avec l'aide de mes collaborateurs je l'ai organisé de façon que la totalité du programme de Physiologie végétale puisse être traitée au cours de deux années successives ; la première année sont examinées les questions relatives aux grandes fonctions et aux phénomènes d'anabolisme et de catabolisme ; pendant la seconde année sont étudiées l'énergétique végétale et les actions du milieu extérieur. L'enseignement pratique comprend chaque année une série de 14 manipulations portant sur des questions de physiologie, de biochimie et d'histo-chimie.

Outre ma collaboration aux jurys chargés d'examiner les candidats aux certificats de Physiologie générale et de Botanique, j'ai eu à participer, de 1932 à 1935, aux travaux des jurys chargés du concours d'admission à l'École normale supérieure, et en 1941 et 1942, à ceux relatifs aux concours d'admission à l'Institut national agronomique.

En même temps, j'assurais la direction du laboratoire de Physiologie végétale de la Faculté des Sciences et celle du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, où étaient effectués par des candidats au doctorat ès science et au diplôme d'études supérieures, des travaux de recherches ressortissant à la phytophysiologie, à la phytochimie et à l'écologie.

Enfin, en 1943, le Ministère des Colonies me confiait la direction de l'Office colonial de la Recherche scientifique. Mon activité dans cette fonction, a surtout consisté à créer des enseignements de génétique, de pédologie et d'entomologie indispensables pour la formation des chercheurs coloniaux. Ces enseignements, qui n'existaient pas encore en France, ont été ouverts, le premier en juillet 1944 et les deux autres en novembre 1944 ; ils pourront servir, non seulement à former des spécialistes pour notre empire colonial, mais également à préparer des chercheurs pour les laboratoires agronomiques de la métropole.



LISTE CHRONOLOGIQUE
DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

1905

1. — Les quinones chez les êtres vivants, en collaboration avec A. Brissemoret (*C. R. Soc. Biol.*, **59**, pp. 483-485).
2. — Sur le juglon, en collaboration avec A. Brissemoret (*C. R. Acad. Sc.*, **141**, pp. 838-840).

1906

3. — Sur un nouveau groupe de réactions de la lignine et des membranes lignifiées (*Bull. des Sc. pharm.*, **13**, pp. 293-296).
4. — Étude botanique des plantes à saponine (Manuscrit déposé à la bibliothèque de la Faculté de Pharmacie de Paris, 132 pages, 10 planches).
5. — Contribution à l'étude pharmacologique de quelques plantes à asarone, en collaboration avec A. Brissemoret (*Bull. des Sc. pharm.*, **13**, pp. 368-378).
6. — Sur un nouveau groupe de réactions de la lignine et des membranes lignifiées (*Bull. des Sc. pharm.*, **13**, pp. 470-474).
7. — L'action physiologique de quelques nitriles, en collaboration avec A. Brissemoret (*C. R. Soc. Biol.*, **61**, pp. 423-425).

1907

8. — Sur une réaction des oxyquinones, en collaboration avec A. Brissemoret (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6^e série, **25**, pp. 53-57).

9. — Les plantes artificielles de Traube et de Leduc (*Médecine et Hygiène*, 5^e année).
10. — Sur un procédé de préparation et de purification des dérivés oxyanthraquinoniques et oxynaphtoquinoniques en général, du juglon et de l'émodine en particulier (*Bull. Soc. chim. de France*, 4^e série, **1**, pp. 799-815).
11. — La maladie du sommeil, en collaboration avec E. Cordier (*Médecine et Hygiène*, 5^e année, pp. 97-108). Traduit en espagnol par Fausto Berini dans *Revista de Medicina y Cirugia*, 21^e année, pp. 239-252).
12. — Sur quelques formations subéro-phellogermiques anormales, en collaboration avec Jacques Maheu (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **7**, pp. 429-442).
13. — Sur une méthode générale de recherches microchimiques et son application à l'étude de la répartition des saponines chez les végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **145**, pp. 1431-1433).
14. — La parthénogénèse expérimentale (*Médecine et Hygiène*, 5^e année).

1908

15. — Transmission de la peste (*Médecine et Hygiène*, 6^e année).

1909

16. — Recherches biochimiques sur le développement de l'anthocyane chez les végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **148**, pp. 790-792).
17. — Production d'anthocyane sous l'influence de la décortication annuelle (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **9**, pp. 227-231).
18. — Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane (*Ann. Sc. nat.*, 9^e série, *Botanique*, **9**, pp. 275-303).
19. — Variations subies par les composés hydrocarbonés dans les feuilles à l'époque de la chute de ces organes (*C. R. de l'Assoc. française pour l'Avanc. des Sc.*, Congrès de Lille, pp. 525-531).
20. — Influence de l'intensité lumineuse sur le développement des plantes (*C. R. de l'Assoc. française pour l'Avanc. des Sc.*, Congrès de Lille, pp. 531-545).

21. — Du rôle de l'oxygène dans la formation et la destruction des pigments rouges anthocyaniques chez les végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **150**, pp. 1186-1189).

1910

22. — Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques (*Revue génér. de Bot.*, **22**, pp. 177-212).
23. — Sur le dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique au cours de la disparition des pigments anthocyaniques chez les végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **150**, pp. 1532-1534).
24. — L'éclairement optimum pour le développement des végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **150**, pp. 1701-1702).
25. — Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux aux divers stades du développement (*Ann. Sc. nat.*, 9^e série, *Botanique*, **11**, pp. 75-254, 5 planches).
26. — L'éclairement le plus favorable pour les végétaux aux différentes phases de leur développement (*C. R. de l'Assoc. française pour l'Avanc. des Sc.*, Congrès de Toulouse, pp. 129-132).

1911

27. — Recherches sur la dissémination des germes microscopiques dans l'atmosphère, en collaboration avec Gaston Bonnier et Louis Matruchot (*C. R. Acad. Sc.*, **152**, pp. 652-658).
28. — Sur la dissémination des germes de Champignons dans l'atmosphère, en collaboration avec Gaston Bonnier et Louis Matruchot (*Bull. Soc. d'Agric. de France*).
29. — Les opinions actuelles sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles (*Revue génér. de Bot.*, **23**, pp. 129-164).
30. — Recherches sur la formation des pigments anthocyaniques (*C. R. Acad. Sc.*, **153**, pp. 886-889).
31. — Recherches microchimiques sur les pigments anthocyaniques (*C. R. de l'Assoc. française pour l'Avanc. des Sc.*, Congrès de Dijon, pp. 464-471).

1912

32. — Formation de pigments anthocyaniques déterminée dans les feuilles par la décortication annulaire des tiges (*Ann. Sc. nat.*, 9^e série, *Botanique*, **16**, pp. 1-53).
33. — Sur une méthode de culture des plantes supérieures en milieux stériles (*C. R. Acad. Sc.*, **154**, pp. 891-893).
34. — Influence de l'éclairément sur le développement des Algues (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **12**, pp. 350-356).
35. — Sur les lignes verticales dessinées par le *Chlorella vulgaris* contre les parois des flacons de culture (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **12**, pp. 395-403, 510-515, 551-554).

1913

36. — Influence de l'éclairément sur la formation des graines et sur leur pouvoir germinatif (*Revue génér. de Bot.*, **25**, pp. 130-141).
37. — Production expérimentale d'une anthocyane identique à celle qui se forme dans les feuilles rouges en automne, en partant d'un composé extrait des feuilles vertes (*C. R. Acad. Sc.*, **157**, pp. 1002-1004).
38. — Passage d'un pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges d'automne au pigment jaune contenu dans les feuilles vertes de la même plante (*C. R. Acad. Sc.*, **157**, pp. 1454-1457).
39. — Untersuchungen über den chemischen Prozess der Bildung des Anthokyanpigmente (*Berichte der deutsch. bot. Gesell.*, **31**, pp. 570-578).

1914

40. — Sur la présence dans les feuilles et dans les fleurs ne formant pas d'anthocyane, de pigments jaunes pouvant être transformés en anthocyane (*C. R. Acad. Sc.*, **158**, pp. 272-274).
41. — Le processus de formation des pigments anthocyaniques (*Revue génér. de Bot.*, **25 bis.**, pp. 91-102).
42. — Recherches chimiques sur la formation des pigments solubles jaunes, rouges, violets et bleus chez les végétaux (*Rapports de la Caisse des*

recherches scientifiques du Ministère de l'Instruction publique,
pp. 50-53).

1917

43. — Recherches sur les affections typhoïdes du cheval. — Étude bactériologique d'une série de malades atteints à Grenoble (*C. R. Soc. Biol.*, **80**, pp. 898-899).

1918

44. — Étude bactériologique des affections typhoïdes sur des chevaux atteints à Lyon, Nantes et Saint-Nazaire (*C. R. Soc. Biol.*, **81**, pp. 73-74).
45. — Le Bacille paratyphique équin (*C. R. Acad. Sc.*, **166**, pp. 572-575).
46. — Recherche, chez les chevaux atteints d'affections typhoïdes, de l'agglutinine et de la sensibilisatrice correspondant au Bacille paratyphique équin (*C. R. Soc. Biol.*, **81**, pp. 288-291).
47. — Sur l'existence, chez les chevaux atteints d'affections typhoïdes, d'un bacille paratyphique voisin du bacille paratyphique B humain (*Bull. Acad. de Méd.*, 3^e série, **79**, pp. 220-221).
48. — Immunité des végétaux vis-à-vis des principes immédiats qu'ils élaborent (*C. R. Acad. Sc.*, **167**, pp. 275-278).
49. — Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux (*Revue génér. de Bot.*, **29**, pp. 321-332, 353-375, 3 planches, 1917, et **30**, pp. 5-15, 33-49, 70-92, 106-124, 146-156, 177-204, 226-237, 245-269, 283-300, 321-332, 355-365, 4 planches, 1918).

1920

50. — Constitution chimique des végétaux, en collaboration avec Gaston Bonnier (Cours de Botanique par Gaston Bonnier et Leclerc du Sablon, pp. 1851-2036, Librairie générale de l'Enseignement, 4, rue Dante, Paris).

1922

51. — La recherche des pseudo-bases d'anthocyanidines dans les tissus végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **174**, pp. 58-61).

52. — La formation des pigments anthocyaniques (*C. R. Acad. Sc.*, **174**, pp. 240-242).
53. — Rôle de la respiration dans la diminution des hydrates de carbone des feuilles pendant le jaunissement automnal, en collaboration avec D. Kohler (*C. R. Acad. Sc.*, **175**, pp. 406-409).
54. — Ce que deviennent les hydrates de carbone quand meurent les feuilles des arbres, en collaboration avec D. Kohler (*C. R. Acad. Sc.*, **175**, pp. 590-592).
55. — Étude biochimique de la chute des feuilles, en collaboration avec D. Kohler (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **22**, pp. 539-545).

1923

56. — A propos de publications récentes sur la formation des pigments anthocyaniques (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **23**, pp. 222-276).

1924

57. — Migration des substances azotées pendant le jaunissement des feuilles des arbres (*Bull. Soc. bot. de France*, 4^e série, **24**, pp. 43-48).

1925

58. — Migration des substances azotées des feuilles vers les tiges au cours du jaunissement automnal (*C. R. Acad. Sc.*, **180**, pp. 2057-2058).
59. — La lumière exerce-t-elle une action directe sur la décomposition de la chlorophylle de feuilles en automne (*C. R. Acad. Sc.*, **181**, pp. 129-130).

1926

60. — Etude de la migration automnale des substances azotées chez le Chêne, par l'analyse de plantes entières (*C. R. Acad. Sc.*, **182**, pp. 984-987).
61. — La migration des substances azotées chez le Hêtre au cours du jaunissement automnal (*C. R. Acad. Sc.*, **182**, pp. 1169-1171).
62. — Variation des matières organiques, des matières minérales, et en particulier du calcium, dans les feuilles des arbres pendant le jaunissement.

ment automnal, en collaboration avec Robert Echevin (*C. R. Acad. Sc.*; **182**, pp. 1557-1559).

1927

63. — Émigration des substances azotées des feuilles vers les tiges et les racines des arbres au cours du jaunissement automnal (*Revue génér. de Bot.*, **38**, pp. 430-448, 510-517, 565-579, 632-645, 673-686).
64. — La vie de la cellule végétale. — Tome I : La matière vivante (1 volume de 216 pages, 16 figures. Librairie Armand Colin, Paris).
65. — La substance azotée, chez une plante ligneuse, au cours d'une année de végétation (*C. R. Acad. Sc.*, **184**, pp. 533-535).
66. — Absorption et migration de l'azote chez les plantes ligneuses (*Annales de Physiologie et de Physicochimie biologique*, **3**, pp. 333-376).
67. — Vitesse de l'émigration automnale des substances azotées des feuilles vers les tiges chez les plantes ligneuses, en collaboration avec Robert Echevin (*C. R. Acad. Sc.*, **185**, pp. 1060-1062).

1928

68. — Étude critique de la méthode de Sachs appliquée à la mesure des migrations de substances (*C. R. Acad. Sc.*, **187**, pp. 666-668).
69. — Pigmentation végétale et pigmentation animale (Études sur la Chimie physiologique de la peau, par Dejust, Vernes, Combes, Parat, Urbain, Dujarric de la Rivière, de Saint-Rat, pp. 161-211, A. Legrand, éditeur, Paris).
70. — Influence des traumatismes sur les migrations de substances chez les végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, **187**, pp. 993-995).
71. — Influence de l'excitation traumatique sur les phénomènes de migration chez les végétaux (*Bulletin de la Société philomathique de Paris*, série X, **17**, pp. 20-29).

1929

72. — Protéolyse et protéogénèse chez les plantes ligneuses au début de la période active de végétation, en collaboration avec Marius Piney (*C. R. Acad. Sc.*, **188**, pp. 79-81).

73. — La vie de la cellule végétale. — Tome II : Les enclaves de la matière vivante (un volume de 220 pages, 13 figures, Librairie Armand Colin, Paris).
74. — Les Dicotylédones gamopétales (Les Cours des Facultés, 4 fascicules, 88 pages. Librairie Guillon, 5, place de la Sorbonne, Paris).
75. — Protéolyse et protéogénèse chez les plantes ligneuses au cours de l'été et de l'automne, en collaboration avec Marius Piney (*C. R. Acad. Sc.*, **189**, pp. 942-944).

1930

76. — Les Monocotylédones (Les Cours des Facultés, 4 fascicules, 153 pages. Librairie Guillon, 5, place de la Sorbonne, Paris).
77. — La vie végétale. (*Bull. de l'Ass. française pour l'Avanc. des Sc.*, pp. 110-124).

1931

78. — Le rôle de la fleur et la sexualité chez les végétaux (*Bull. de l'Ass. franç. pour l'Avanc. des Sc.*, n° 99, p. 495-505).

1932

79. — Le rôle de la fleur et la sexualité chez les végétaux (*Bull. de l'Ass. franç. pour l'Avanc. des Sc.*, n° 105, p. 639-651).

1933

80. — Biologie végétale et vitalisme (*Cahiers rationalistes*, n° 23, p. 118-146).
81. — Contribution à l'étude biochimique du forçage des plantes ligneuses (*Rev. génér. de Bot.*, **45**, p. 133-159).
82. — Histoire de la Biologie végétale en France (Bibliothèque de Philosophie contemporaine, Félix Alcan, éditeur, Paris).

1934

83. — Action du milieu extérieur sur le métabolisme végétal. I. — Le métabolisme des substances azotées chez une plante ligneuse développée en atmosphère chaude et humide (*Rev. génér. de Bot.*, **46**, p. 513-528).

1935

84. — Étude biochimique de la fleur. — La nutrition minérale de la corolle (*C. R. Acad. Sc.*, **200**, p. 578).
85. — La nutrition azotée de la fleur (*C. R. Acad. Sc.*, **200**, p. 1970).

1936

86. — L'assimilation de la matière inerte par la matière vivante végétale. — Conceptions anciennes et orientation actuelle (*Rev. génér. des Sc.* **47**, p. 4).
87. — Production expérimentale chez une plante immergée des caractères de structure propres aux organes aériens (*C. R. Acad. Sc.*, **203**, p. 680).
88. — La nutrition glucidique de la corolle (*C. R. Acad. Sc.*, **203**, p. 1282).

1937

89. — Article « Sources d'énergie » dans l'*Encyclopédie française*, t. IV, chap. VIII, p. 56-15.
90. — Article « Réactions aux facteurs du milieu » dans l'*Encyclopédie française*, t. IV, chap. VIII, p. 60-4.
91. — La vie de la cellule végétale, t. III. — L'enveloppe de la matière vivante (Collection Armand Colin), 216 pages, 26 figures. A. Colin, éditeur, Paris.
92. — La Biologie au Palais de la Découverte (*Science*, **2**, nos 11 et 12, p. 8 et 10).
93. — L'œuvre scientifique actuelle du Professeur Marin Molliard (*Revue scientifique*, **75**, p. 201).

1938

94. — La fleur centre d'afflux des glucides (*C. R. Société de Biologie*, **127**, p. 210).
95. — Progrès récents en Biologie végétale (*Sciences*, **3**, n° 20, p. 39 a).
96. — Action du milieu sur la nutrition azotée de la fleur (*C. R. Acad. Sc.*, **206**, p. 1980).

97. — Milieu, fonctionnement et morphogénèse (*Scientia*, 32^e année, p. 198).
98. — W. N. Lubimenko (1873-1937) (*Revue générale de Botanique*, 50, p. 5).
99. — Influence de certains facteurs du milieu extérieur sur le métabolisme protidique du périlanthe (Symposium dedicated to the memory of W. N. Lubimenko, *Academy of sciences of the Ukrainian S. S. R.*, Kiev).

1939

100. — Action du climat alpin sur le métabolisme végétal (en collaboration avec M^{lle} M.-T. Gertrude) (*C. R. Acad. Sc.*, 208, p. 661).
101. — Action des traumatismes sur la migration des protides du périlanthe (*Revue générale de Botanique*, 51, p. 129).
102. — Contribution à l'étude des possibilités biochimiques d'une espèce végétale (en collaboration avec M^{lle} M.-T. Gertrude (*C. R. Acad. Sc.*, 208, p. 1107).
103. — Travaux de recherches sur certains problèmes de Biologie végétale (*Revue alpine*, n° 321, p. 63).

1940

104. — Les phénomènes d'excitabilité et de mouvement chez les végétaux (Les conférences du Palais de la Découverte, octobre 1940).
105. — Conservation des fruits par le froid et les mélanges gazeux de composition déterminée (*Revue Froid*, n° 2, p. 23).

1941

106. — Conservation des fruits par l'action du froid et de mélanges gazeux de composition déterminée (*Académie d'Agriculture de France*, 25 juin).

1942

107. — Le métabolisme des protides chez un végétal cultivé à des intensités lumineuses différentes (en collaboration avec Arthur Brunel et M^{lle} Andrée Chabert) (*C. R. Acad. Sc.*, 214, p. 681).
108. — Action du milieu aquatique sur le métabolisme des protides (en colla-

boration avec Arthur Brunel et M^{lle} Andrée Chabert) (*C. R. Acad. Sc.*, **215**, p. 69).

109. — Recherches de 1941-42 sur la conservation des fruits par l'action combinée du froid et de mélanges gazeux de composition déterminée (*Académie d'Agriculture de France*, 28 octobre).

1943

110. — La conservation des fruits par le froid en atmosphère gazeuse de composition définie (*Cours et conférences du Centre de perfectionnement technique*. Maison de la chimie, Paris).

A l'impression :

111. — Recherches de 1943-1944 sur la conservation des fruits par l'action du froid et des mélanges gazeux de composition déterminée (en collaboration avec MM. Laisné et Ulrich) (Communication faite à l'*Académie d'Agriculture de France* en octobre 1944).
112. — La formation des chercheurs scientifiques dans le domaine de l'agronomie (Communication faite à l'*Académie d'Agriculture de France*, le 15 novembre 1944).
113. — La forme des végétaux et le milieu (Collection Armand Colin). A. Colin, éditeur, Paris.
-

Imprimé par R. BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 30-1-1945.

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 1945.
N^o d'édition : N^o d'impression : 212.