

## CHAPITRE XIV

### LA STRUCTURE

Il nous paraît maintenant naturel de penser que la lumière peut avoir de l'influence sur la structure interne des végétaux depuis que nous savons combien est profonde son action sur leurs fonctions et leur forme. Ce n'est cependant que par les efforts accumulés des chercheurs que cette notion a acquis droit de cité dans la science.

L'étude de la **dorsiventralité**, faite en tenant compte de la structure, va nous permettre de mettre nettement en évidence cette conception nouvelle de la variabilité de l'organisation anal **omique**.

**Dorsiventralité** anatomique. — L'existence d'une différenciation de structure en rapport avec la présence d'une face supérieure et d'une face inférieure se retrouve partout dans les végétaux ; elle caractérise, en particulier, on peut presque dire toutes les feuilles ; on l'observe quelquefois dans les branches, et le *Thuya* en est un des exemples les plus typiques.

i° *Cas des branches*. — Le cas de cette dernière plante mérite d'être étudié avec soin, d'abord parce que c'est le plus anciennement connu, ensuite parce qu'il fournit une preuve décisive de l'action de la lumière sur la **dorsiventralité**, preuve qui a été donnée par M. Franck.

Les pousses dressées du *Thuya occidentales* sont à plusieurs faces **semblables**. Les branches horizontales ou obliques **ont**, au contraire, une bilatéralité très accusée : elles ont un côté d'ombre et un côté de lumière qui se distinguent même à première vue par la couleur. En coupe, elles sont **ellip-**

tiques, et le grand axe de l'ellipse est horizontal. Les feuilles sont, les unes, larges, placées à la face supérieure et inférieure de la branche ; les autres, plus étroites, situées latéralement, ayant une moitié appliquée sur la région supérieure, une

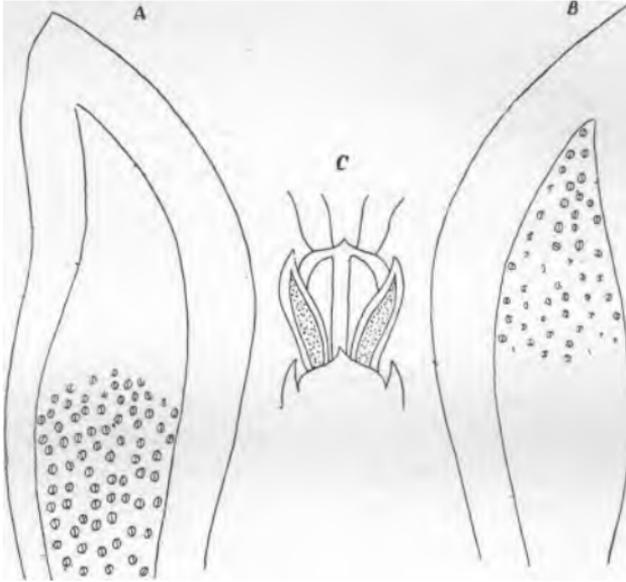


Fig. 58, 59 et 60. — *Thuja*. C, branche horizontale vue par-dessus, elle montre les moitiés supérieures des feuilles latérales et la feuille médiane supérieure. — A et B, feuilles couvertes de stomates seulement sur la moitié de leur surface. — La moitié terminale de A est dépourvue de stomates, parce qu'elle a commencé à se développer quand la branche était dans sa position normale et tournée vers le haut; la partie basilaire présente au contraire des stomates, parce qu'elle s'est développée depuis que la branche est tordue et que la feuille est devenue inférieure; les petits ronds traversés d'un diamètre figurent schématiquement les stomates. — B, aspect de l'épiderme d'une feuille qui a commencé à se développer d'abord sur le côté à l'ombre et qui achève sa croissance sur le côté au soleil.

moitié appliquée sur la région inférieure (fig. 60, C). La **dorsiventralité** s'accuse par l'étude de l'ensemble du système composé de la branche et des feuilles, considéré comme formant un seul et même tout. Dans cet ensemble, ce qui est tourné vers le bas (feuille inférieure et moitié inférieure des deux feuilles latérales) est couvert de stomates ; tout ce qui est tourné vers le haut (feuille supérieure et moitié supérieure des feuilles latérales) est dépourvu de ces appareils.

Selon que la bilatéralité est plus ou moins accusée, les différences entre les deux faces sont plus ou moins nettes : sur les tiges verticales, elles disparaissent complètement ; sur les branches horizontales, elles existent au maximum ; sur les branches obliques, on observe des transitions entre les deux structures précédentes, et l'on remarque alors que ces transitions sont en relation avec l'obliquité ou bien encore avec l'angle d'incidence de la branche et du rayon lumineux.

Pour vérifier l'action de la lumière, M. Franck a placé un certain nombre de branches dans une position renversée par rapport à la source lumineuse, en les tordant sans les séparer de la tige mère. Il a vu alors que la région qui était alors tournée vers le haut prenait tous les caractères d'une face supérieure et n'avait plus de stomates (fig. 58 et 59, A et B).

Sans retourner la branche, il protégeait la face supérieure contre la radiation solaire à l'aide d'un écran noir de façon que la tige ne fût plus éclairée que par le bas. La face inférieure produisait alors peu de stomates, tandis que la région supérieure à l'ombre en avait beaucoup.

La bilatéralité paraît donc bien due dans ce cas à l'action de la lumière.

2° *Cas des feuilles.* — L'espèce précédente est une plante particulièrement sensible à l'action de la lumière, quant à l'épiderme et à sa structure ; cette sensibilité ne se manifeste que rarement avec une pareille netteté.

L'expérience précédente conduirait à donner une explication de la structure bien connue de la plupart des feuilles des plantes qui ont, comme l'on sait, un épiderme supérieur sans stomates (É) et un épiderme inférieur à stomates nombreux.

La même intervention de la lumière ferait comprendre pourquoi les feuilles verticales (Laitues, Graminées) ont à peu près autant de stomates sur les deux faces (2) ; pourquoi les feuilles des Graminées qui s'enroulent en cylindre creux ont toujours les stomates sur la face interne (*Festuca glauca*,

(1) Ou pourvu d'un petit nombre de stomates.

(2) DUVAL JOUVE a vérifié ceci pour le *Psamma arenaria*, le *Spartina versicolor*.

Les feuilles horizontales d'*Eucalyptus* ont surtout des stomates en dessous ; les feuilles verticales en ont autant sur les deux faces (LECLERC DU SABLON).

fig. 61), que celle-ci soit en réalité une face supérieure ou une face inférieure (1).

Cependant il ne faut pas se hâter de conclure, car M. Dufour, dans des expériences comparées résultant de cultures faites à l'ombre et à la lumière, n'a pas trouvé de faits confirmant l'explication précédente. L'étude très soignée qu'il a faite de cette question ne lui a pas révélé de différence appréciable dans le mode de répartition des stomates sur les feuilles comparables développées à l'ombre et au soleil ; sur ces der-

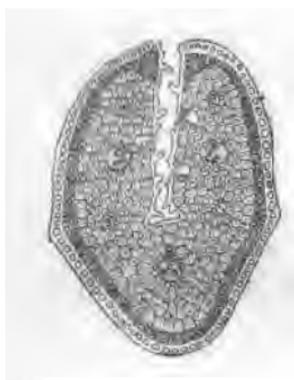


Fig. 61.— Feuille de *Festuca glauca* enroulée n'ayant de stomates que sur la face interne.

nières feuilles, il y a seulement une augmentation du nombre des stomates en valeur absolue.

A quoi peut tenir l'antinomie si singulière que nous constatons entre les résultats des expériences faites sur les feuilles de plantes diverses et celle que nous venons de mentionner sur le *Thuja*, qui se rapporte, il est vrai, à une branche bilatérale, mais qui paraît s'accorder si bien avec l'ensemble des observations signalées plus haut?

Une explication peut venir à l'esprit : les plantes qui ont servi dans les expériences de M. Dufour sont fixées héréditairement, et elles ne réagissent plus actuellement sous l'influence de la lumière. Il faudrait trouver des espèces sensibles à cette action, et peut-être que des plantes comme les Graminées ou des *Eucalyptus* à feuilles s'enroulant ou à feuilles verticales se prêteraient peut-être mieux à des expériences de cette nature (2).

Cette intervention de causes internes ou des facteurs héréditaires

(1) Ce fait constaté d'abord par M. PFITZNER a été vérifié par M. DUFOUR.

(2) Une autre explication pourrait être également justifiée. M. VESQUE a fait l'expérience suivante : un *Ranunculus sceleratus* est placé dans un air sec et à la lumière, il présente surtout des stomates à la face inférieure ; dans un air humide et à l'ombre, les stomates deviennent plus nombreux sur la face supérieure. L'état hygrométrique aurait un rôle prépondérant sur la répartition de ces appareils. M. TSCHIRCH, qui a étudié la flore des pays secs, a montré que la sécheresse amène une diminution du nombre des stomates. Nous verrons ailleurs quelle est l'influence du milieu aquatique sur les stomates.

ditaires peut être d'ailleurs prouvée dans certains cas. Un certain nombre de feuilles se tordent pendant leur développement par suite de phénomènes internes, qui sont assez analogues aux phénomènes de nutation, qui découlent de ce que la croissance des régions superficielles celle des parties profondes ne s'effectue pas avec la même vitesse. Il résulte de cette torsion du pétiole que l'épiderme qui était supérieur devient inférieur et inversement. Un pareil renversement s'observe pour l'*Allium ursinum*, pour l'*Alstræmeria psittacina* (fig. 62 et 63), pour certaines Graminées (É). Ce changement de position est accompagné d'un renversement dans la structure : la face supérieure, qui est maintenant tournée vers le sol, est couverte de stomates, tandis que la face opposée regardant le ciel n'en présente aucun. Ce changement a pu avoir autrefois une cause externe, peut-être l'action de la lumière, mais ce n'est plus ce facteur qui agit actuellement, car le renversement de structure apparaît dans le bourgeon, alors que la feuille n'est pas encore éclairée. Ce fait, constaté par M. Musset sur l'Ail des Ours a été étendu par M. Dufour à l'*Alstræmeria psittacina*.



FIG. 62 et 63. — A, *Allium ursinum* (Ail des Ours); on voit que la nervure médiane (le la feuille, qui est très saillante, est tournée vers le haut, puisque la feuille est retournée. — B, *Alstræmeria psittacina*, l'examen de la figure permet de voir nettement la torsion de la feuille qui se produit à la base.

Ainsi donc, voilà un renversement de structure tout à fait

(t) IRMISCH et M. DUFOUR se sont occupés de cette question.

anormal qui a pu avoir autrefois pour origine une cause physique, qui est devenu maintenant héréditaire et qui se produit, par une sorte *d'accélération mélagénésique*, lorsque la feuille est encore embryonnaire. La même accélération se manifeste d'ailleurs par la considération d'un autre tissu pour lequel l'influence de la lumière se démontre avec la plus grande certitude, le tissu en palissade.

*Tissu palissadique.* — L'expérience a appris, contrôlant les résultats des observations, que les feuilles développées au soleil ont un tissu *palissadique*, et que ce tissu est atrophié si les feuilles croissent à l'ombre ou à l'obscurité. Tant que l'on se

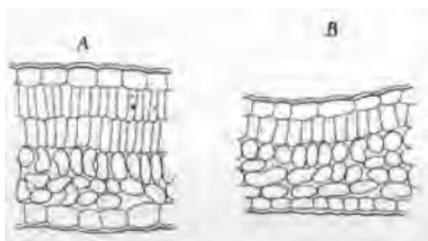


FIG. 64 et 63. — Fraisier (*Fragaria vesca*). A, Section transversale d'une feuille développée à la lumière. — B, Section transversale d'une feuille développée à l'obscurité. Ces deux dessins de M. Dufour montrent la réduction du tissu *palissadique* dans le second cas.

bornait aux observations dans l'étude de cette délicate question (1), il pouvait planer quelques doutes sur le rôle effectif de la lumière ; aussi M. Dufour (2) a-t-il fait progresser la question d'une manière décisive en l'examinant expérimentalement ; il a ainsi bien établi qu'une plante à l'ombre ne différencie pas ou peu son tissu en palissade (fig. 64.

et 65). Une ingénieuse expérience de M. Pick plaide d'ailleurs dans le même sens, car il a fait naître des palissades à la face inférieure d'une feuille en l'éclairant par-dessous.

L'étude des palissades des tiges contrôle ce résultat. Ce sont habituellement les feuilles des végétaux qui grâce à leur tissu *palissadique* jouent le rôle le plus important dans les phénomènes d'assimilation ; une telle fonction n'est qu'accessoire pour les tiges. Cependant, si les feuilles sont petites ou en petit nombre, la tige verte peut contribuer largement à la fixation du carbone. On voit alors les cellules de l'écorce de cette tige prendre les caractères du tissu en palissade qui ne s'y observe pas normalement ; c'est ce que l'on voit pour les *Ephedra*, le *Spartium Junceum*, le *Jasminum fruticans*, le

(1) Voir les travaux de M. Stahl.

(2) DUFOUR.

*Casuarina quadrivalvis* (fig. 66, A). Si ces tiges se développent à l'ombre, ce tissu est à peine différencié; il n'en est plus de même quand elles croissent au soleil. On remarque même quelquefois que les palissades sont obliques, de façon que leur plus grande dimension se trouve dans la direction de la lumière incidente (*Ornithogalum* (fig. 67, B.) (É).

*Feuilles verticales.* — Le fait que nous venons de mettre en évidence pour les tiges verticales nous conduit à nous demander comment se comportent vis-à-vis de la lumière les feuilles verticales, qui, ainsi que nous l'avons vu déjà, existent en grand nombre dans les régions chaudes du globe. Les *Eucalyptus* (2) nous fournissent sur l'action du soleil des documents particulièrement intéressants. Les jeunes feuilles horizontales de l'*Eucalyptus globulus* n'ont de tissu en palissade que sous la face supérieure; les feuilles verticales plus âgées en ont, par contre, sous les deux épidermes (on dit, dans ce cas, que le parenchyme de la feuille ou **mésophylle** est symétrique). Ce résultat a été étendu par M. Leclerc du Sablon aux autres espèces qui ont deux sortes de

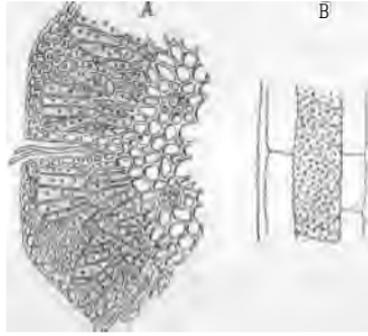


FIG. 66 et 67. — A, Tige de *Casuarina quadrivalvis* présentant sous les fibres hypodermiques du tissu palissadique qui est pointillé. — B, Tige d'*Ornithogalum bizantinum* ayant du tissu en palissade orienté obliquement et parallèlement au rayon lumineux.

feuilles (*E. pilularis*, *jugalis*, *gomphocephala*). Pour les espèces qui n'ont qu'un seul type d'organes foliaires, elles présentent un **mésophylle** symétrique ou non symétrique, suivant que ces feuilles sont verticales (*E. mesocarpus*, *verticalis*, *radia ta*) ou horizontales (*E. botryoides*, *robusta*).

M. Groszlik a montré comment, dans tous les cas, se fait la différenciation des tissus foliaires aux dépens d'un **mésophylle** primitif formé de cellules arrondies. Il a maintenu **hori-**

(1) PICK.

(2) Voir les travaux de MM. MAGNUS, LECLERC DU SABLON, GROSGLIK et BORZI.

zontalement une jeune feuille destinée à devenir verticale, et il a vu naître du tissu en palissade seulement sur une face ; le résultat inverse a été obtenu en maintenant verticale une feuille qui devait être horizontale, deux assises palissadiques ont fait leur apparition.

Les faits précédents ont été vérifiés pour un grand nombre de plantes à feuilles verticales, en particulier pour les plantes boussoles (*Lactuca scariola*) (1), pour les Myrtacées (2), pour les espèces appartenant aux familles les plus diverses des pays chauds (Antilles) (3).

C'est principalement dans la flore des régions sèches et ensoleillées que l'on rencontre de telles plantes. Elles abondent dans les pays qui entourent la Méditerranée, dans les steppes d'Europe, dans les prairies de l'Amérique. L'action de la lumière s'accorde dans ce cas avec celle de l'état hygrométrique qui amène un changement dans la transpiration (4).

Lumière continue. L'Anatomie et la classification. — Les modifications (que nous venons d'étudier résultent de l'action de la lumière ordinaire, c'est-à-dire d'une lumière discontinue qui ne fait sentir son action que pendant le jour. M. Bonnier s'est demandé quel serait l'effet produit sur la structure par la culture de plantes diverses en présence d'un éclairage indéfiniment prolongé. Les variations qui s'opèrent ainsi dans les plantes sont vraiment extraordinaires et méritent une description spéciale.

Mais, pour en comprendre tout l'intérêt, il est indispensable de dire un mot du rôle que peut jouer l'anatomie dans la définition des espèces et des genres.

Les caractères anatomiques peuvent servir à définir les êtres vivants aussi bien que ceux tirés de l'étude de la forme extérieure ; cette opinion est admise par les zoologistes depuis

(1) STAHL.

(2) HENTIG.

(3) JOHNSON.

(4) Certains auteurs ont prétendu (MM. VESQUE et EBERDT) que la lumière n'agissait que par la modification de la transpiration. Ils rapportent qu'une plante dans un air sec et à l'obscurité forme (les palissades. Mais elles y sont cependant moins développées qu'à la lumière. Il est d'ailleurs impossible de séparer la lumière de la transpiration ou chlorovaporisation, ce dernier phénomène dépendant étroitement de la radiation lumineuse.

longtemps grâce aux beaux travaux de Cuvier. En botanique, les progrès de la science ont été moins rapides de ce côté, et

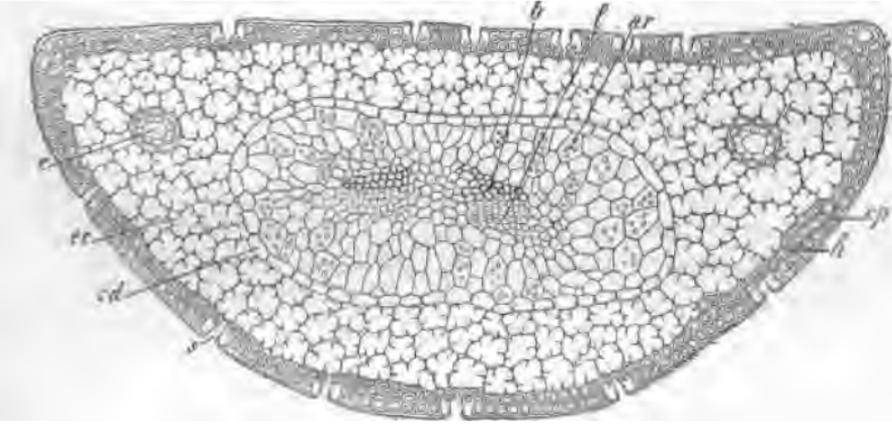


FIG. 68. — Feuille (le Pin normale, développée la lumière ordinaire : *ep*, épiderme; *h*, hypoderme; *er*, écorce formée de cellules à appendices cellulósiques internes; *c*, canal sécréteur; *ed*, endoderme; *b*, bois; *l*, liber; *or*, tissu de trans-fusion (d'après M. Bonnier).

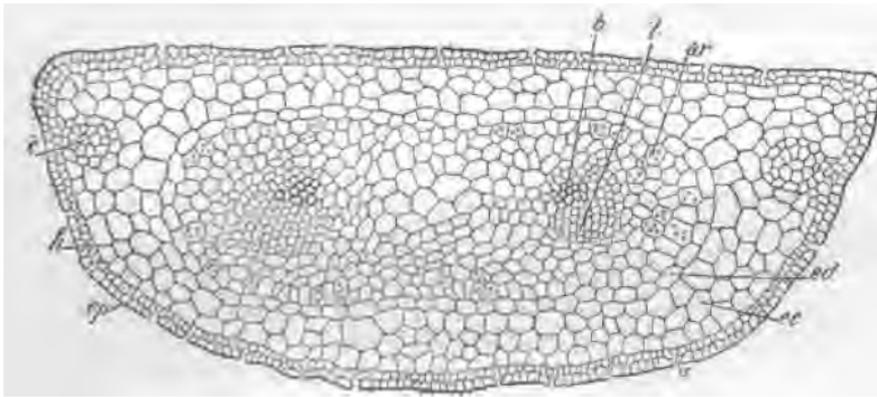


FIG. 69. — Feuille de Pin développée à la lumière électrique, par un éclairage continu; mêmes lettres que dans la figure précédente (d'après M. Bonnier).

jusque dans ces dernières années les classificateurs se servaient surtout pour déterminer les plantes des caractères de la fleur. Aussi M. Van Tieghem a-t-il fait entrer la science dans une voie féconde en appliquant avec méthode la connaissance de l'anatomie végétale à la classification, II a découvert ainsi des caractères stables et héréditaires qui lui ont permis d'ap-

porter des réformes profondes dans notre conception (l'un grand nombre de familles et de genres.

Parmi les groupes qui ont été l'objet de ses recherches, il faut citer en particulier les Conifères ; plusieurs des genres qui composent cette famille sont caractérisées par un tissu assimilateur très spécial offrant des replis internes de la membrane (fig. 68) : on observe cette disposition anatomique dans les genres *Pinus*, *Cedrus*, *Pseudo Larix*, et *Keleleria* et elle peut servir à les reconnaître avec certitude.

Or, en soumettant à l'action de la lumière électrique continue des germinations de Pin, M. Bonnier a vu s'effacer le caractère précédent (fig. 69); c'est là un des résultats les plus remarquables mis en évidence par ses observations. Cette variation peut être accompagnée de beaucoup d'autres (É) que l'on peut apprécier en comparant les figures 68 et 69.

Pratiquement, il faut le dire, ces variations n'ont pas d'importance, les Conifères n'étant pas exposées, dans les conditions actuelles de vie à la surface du globe, à un éclaircissement continu ; mais, si les conditions de la vie terrestre venaient à changer, si le développement (les Conifères devenant possible au pôle (comme la chose a peut-être pu se produire autrefois, car il y a des végétaux voisins des Conifères actuelles dans la flore carbonifère dont il a été question plus haut) l'action de la lumière continue pourrait intervenir pour modifier les végétaux précédents dans la direction que l'expérience révèle.

En somme, tous les renseignements que nous recueillons successivement se complètent les uns les autres et s'éclaircissent mutuellement : l'étude de la structure nous révèle nettement l'action directe et profonde de la lumière sur les plantes. Aucun détail ne doit être négligé, les particularités les plus infimes méritent d'être notées avec soin du moment qu'il s'agit des variations des êtres et des causes qui les produisent. C'est au prix de ces patients efforts que le problème fondamental que nous étudions pourra être résolu et que l'œuvre de la science s'édifiera sur des bases solides.

(É) Des variations très singulières ont été également décrites pour un grand nombre d'autres plantes.

## CHAPITRE XV

### MODIFICATIONS DES ORGANES REPRODUCTEURS

On a longtemps regardé la fleur comme l'organe héréditaire par excellence, celui auquel on doit s'adresser pour fonder un groupement rationnel et stable des végétaux.

Cette fixité héréditaire est-elle aussi grande qu'on veut bien le dire, c'est ce que nous allons examiner à propos de l'action de la lumière sur les diverses pièces florales.

On s'est beaucoup préoccupé dans ces dernières années de l'influence de la radiation lumineuse sur les organes reproducteurs des plantes. Ce problème, qui se rattache intimement au précédent, a une grande portée, car tout indique aujourd'hui que cette action est très générale, qu'elle se manifeste chez toutes les plantes, qu'elle s'exerce sur les Cryptogames comme sur les Phanérogames ; et parmi les êtres de ce premier groupe, ses effets s'observent avec une netteté particulière sur les Champignons et aussi sur les Algues.

**Champignons.** — Nous avons déjà dit plus haut comment l'obscurité modifiait les Champignons. Nous avons vu que la fructification du Champignon de couche se produisait dans les caves ; la lumière paraît nécessaire, au contraire, à la formation du chapeau de plusieurs espèces, parmi lesquelles nous avons cité le Coprin.

M. **Lendner** a repris récemment cette étude pour un certain nombre de **Mucorinées** et de moisissures. Selon lui, Faction de la lumière dépend du milieu nourricier. Ce résultat ne doit pas nous étonner, car nous avons vu quel lien intime existe entre l'aliment et la respiration, entre la croissance et la synthèse organique.

Sur les milieux solides, en général, aucune action de la lumière ne se manifeste ; sur les milieux liquides, on observe quelquefois un retard dans la formation des sporanges à l'obscurité (*Rhizopus*). La nature du liquide n'est pas elle-même indifférente on peut voir, par exemple, avec le milieu qui a servi à Raulin pour ses recherches sur le *Sterigmatocystis nigra*, que les sporanges de certains Mucors (*M. flavidus*) se forment à la lumière seulement. Le *Thamnidium elegans* et le *Mucor Mucedo* paraissent, par contre, former leurs sporanges également bien partout.

Cette diversité de résultats nous montre donc, fait que nous aurons l'occasion de constater à maintes reprises, que l'action de la lumière dépend d'une sensibilité propre à chaque espèce. Quelques-unes sont indifférentes vis-à-vis de cet agent (*Thamnidium*, *Mucor Mucedo*), elles forment leurs sporanges à l'obscurité et sur les milieux liquides ; d'autres Champignons déjà plus sensibles (*M. flavidus*) ne produiront des sporanges que sur un substratum liquide et dès qu'ils ont suffisamment de lumière, tandis que sur des solides, ils seront aussi insensibles que les précédents à la radiation. *La lumière n'est nécessaire que si le milieu est défavorable*. Les Champignons les plus sensibles sont ceux qui, cultivés sur des milieux solides, ne parviennent pas à former leurs sporanges en l'absence de la lumière (*Pilobolus microsporus* et *Coprinus*).

Algues et autres Cryptogames. — Si nous nous adressons aux Algues, nous obtiendrons des résultats plus uniformes, peut-être parce que nous étudions les organes sexués.

Il y a longtemps déjà que MM. Rostafinsky et Woronin ont vu que l'effet d'une forte insolation sur le *Botrydium* (É) était de favoriser la formation des œufs.

Des faits analogues ont été observés par M. Klebs qui a montré que la reproduction par zoospores et la reproduction sexuée dépendaient des conditions extérieures. Pour le *Vaucheria*, il a pu à volonté faire apparaître la reproduction sexuée ou asexuée ; la formation des cellules sexuées dépend d'une forte lumière. Des résultats semblables

(i) Les nouvelles recherches de M. KLEBS nous apprennent qu'on a confondu sous le nom de *Botrydium* deux types différents ; l'un d'eux est le *Protosiphon* dont les gamètes sont mis en liberté à l'obscurité, mais ne se fusionnent qu'à la lumière.

ont été établis avec une égale netteté pour les *Oedogonium*.

C'est ce qui s'observe le plus souvent; nous allons voir que ce fait est d'accord avec celui que l'étude des plantes à fleurs va nous révéler. La règle précédente paraît assez générale pour des Algues appartenant à des groupes assez différents : nous venons de voir qu'elle est vraie pour une *Siphonée* et une *Confervacée* ; elle se vérifie pour les Conjuguées (*Spirogyra*, *Cosmarium*). L'*Hydrodictyon* semble cependant y faire exception.

Si on diminue l'intensité de la lumière, ce sont les zoospores du *Vaucheria* qui se forment. Ainsi donc une diminution de la lumière tend à faire apparaître la reproduction asexuée ou, plus généralement, à favoriser la multiplication végétative des plantes inférieures.

Les *prothalles* du *Polypodium aureum* développent des organes sexués par un bon éclairage et des pousses adventives par un mauvais. Pour le *Pteris cretica*, les cellules du bord du *prothalle* donnent, par une faible lumière, de longs filaments qui se ramifient en une sorte de *protonème*. La lumière est de même chez les Mousses, la condition essentielle de l'apparition des bourgeons qui donneront ultérieurement les tiges et les organes sexués; à une lumière tamisée, le *protonème* du *unaria hygrometrica* demeure stérile des mois et même des années. Le même fait a été constaté pour des Hépatiques (*Jangermannia cuspidata* et *porphyroleuca*).

On peut également rappeler, à ce propos, que les *Batrachospermes* (fig. 70), qui fructifient régulièrement selon le mode sexué dans les ruisseaux d'eau courante lorsqu'ils sont bien exposés à la lumière, donnent une forme asexuée ou forme *Chantransia* dans les fontaines peu éclairées (1).



FIG. 70. — Port d'un *Batrachosperme*. Les points noirs qu'on aperçoit dans les glomérules sont les *cystocarpes* qui dérivent des organes sexués.

(É) Ce fait a été établi par M. SIRODOT.

Fleur des Phanérogames. — La généralité des résultats ainsi mis en évidence nous conduit à penser que les mêmes faits doivent s'observer pour les plantes supérieures. On sait, par les recherches de Sachs sur cette question, que les fleurs peuvent



Fig. 71. — *Cucurbita* dont une partie de la tige croît à l'obscurité dans une boîte; les parties éclairées, grâce à l'assimilation du carbone des feuilles, nourrissent les parties placées à l'obscurité et leur permettent d'y fleurir et fructifier (Exp. de Sachs).

se former à l'obscurité lorsque la plante a des réserves : si l'on place, par exemple, une plante à bulbe à l'obscurité (Tulipe, Jacinthe), elle pourra y fleurir grâce aux matières nutritives qu'elle contient ; mais, si les réserves manquent, la fleur ne se produit pas. Cependant, si on laisse croître les feuilles au soleil, en ne mettant à l'abri de la lumière qu'une partie de la tige (Capucine, *Cucurbitacée*), les fleurs se formeront à l'obscurité, la fécondation pourra même s'y opérer, et un

fruit de *Cucurbita* naîtra dans ces conditions (fig. 71).

Ces expériences intéressantes nous apprennent donc que la production des fleurs à l'obscurité dépend de l'existence de certaines substances qui se produisent dans les feuilles vertes à la lumière, ou qui existent dans les bulbes par suite d'une végétation antérieure. Ces substances cheminent des feuilles vertes exposées à la lumière vers les parties des tiges placées à l'obscurité.

La nature exacte de ces substances formatrices des fleurs est assez inconnue, mais Sachs a montré qu'elles ne se produisent pas quand les rayons ultra-violet manquent. Il place une Capucine dans une



Fig. 72 et 73. — Expérience de M. Vœchting sur le *Mimulus Tilingi* montrant l'influence d'une lumière atténuée sur le port d'une plante. — A, individu développé en pleine lumière; il a peu de feuilles et de branches, mais des fleurs nombreuses. — B, individu développé à une lumière faible; il ne fleurit pas, mais sa croissance végétative (feuilles et rameaux) est exubérante.

caisse noire fermée par une vitre épaisse et creuse dans laquelle on peut verser soit de l'eau, soit une dissolution de sulfate de quinine. Cette dernière solution a la propriété d'arrêter les rayons ultra-violets et de les changer en rayons lumineux; or, derrière ce liquide, les fleurs ne se produisent pas.

Sachs n'a étudié que l'action de l'obscurité complète. Il y a cependant grand intérêt à savoir quelle était l'influence d'une lumière simplement atténuée. C'est le problème qu'a d'abord examiné M. Vœchting.

Il a placé une *Serofularinée*, le *Mimulus Tilingi*, dans une chambre qui ne recevait de lumière que pendant un temps très court, au début de la journée; en mettant les divers pieds de cette espèce à des distances de plus en plus grandes de la fenêtre, il les exposait à des éclaircissements de plus en plus faibles.

Il a vu ainsi l'appareil floral se réduire de plus en plus, et finalement, quand l'intensité lumineuse tombait au-dessous d'un certain minimum, la plante restait stérile. Mais cette suppression de la fleur, à la formation de laquelle le végétal consacre une grande somme de forces, laisse libre une énergie considérable que l'on voit alors se dépenser pour la production de pousses et de feuilles, aussi observe-t-on une exubérance végétative tout à fait remarquable (fig. 72 et 73) (É).

On conçoit que certaines espèces rencontrent souvent dans la nature des conditions de milieu qui les obligent à se multiplier ainsi au lieu de se reproduire. Nous aurons l'occasion de citer plus tard, à propos de l'étude des plantes aquatiques, des exemples de tels faits : les Sagittaires dans les eaux profondes restent stériles, évidemment parce que la lumière qui leur parvient est insuffisante; on voit souvent, au fond de l'eau, pour la même raison, des champs entiers de *Scirpus lacustris* sans une hampe florale.

Il ne paraît pas invraisemblable de supposer que certains végétaux prennent l'habitude de se multiplier ainsi par simple bourgeonnement et bouture, et qu'à la longue ce caractère se fixe et devienne héréditaire si l'on peut s'exprimer ainsi. Les faits de parthenogénèse ou d'apogamie (Fougères, *Chara crinita*, *Mucor tennis*, etc.) ont peut-être une telle origine. Il peut même arriver, lorsque la variation a été fixée, que la plante se retrouve exposée à une lumière intense sans donner pour cela les fleurs primitives. L'hypothèse précédente permettrait peut-être d'expliquer l'existence de certaines plantes se multipliant par bulbilles d'une manière normale, même dans les places ensoleillées (*Poa bulbosa*, *Allium*).

Jusqu'ici, en étudiant l'action de la lumière sur la fleur, nous n'avons constaté qu'une disparition de cet organe. Une

(1) M. LANDEL a mis également en évidence une diminution du nombre des fleurs à l'ombre.

lumière atténuée ne pourrait-elle pas produire une simple atrophie partielle des organes floraux entraînant des modifications qui se rencontrent communément dans la nature chez les plantes qui poussent à l'ombre? Cette question nous conduit à l'étude des fleurs *cleistogames*.

*Cleistogamie*. — Au siècle dernier, Linné ayant reçu diverses graines de plantes d'Espagne (*Cissus guttata*, *Salvia verbenaca*, *Silene portensis*), les fit semer à Upsal et constata que leurs fleurs ne s'ouvraient pas ; elles n'en produisaient cependant pas moins leurs graines. Il expliquait ce fait en admettant que, sous un climat très septentrional, la quantité de chaleur nécessaire à l'épanouissement des fleurs avait été insuffisante. De la même cause dépendait, selon lui, l'existence en Suède d'espèces dont les fleurs restaient normalement closes; parmi ces plantes dites *cleistogames*, on peut citer un certain nombre d'espèces telles que *le Lamium amplexicaule*, *le Campanula hybrida*, etc.

Cette opinion semble avoir été confirmée par différents observateurs qui ont montré que les fleurs *cleistogames* apparaissent surtout en hiver ou au printemps, dans la saison froide (1) ; leurs observations ont porté sur les *Lamium amplexicaule*, *album* et *purpureum*, *l'Impatiens noli tangere*, les *Veronica Buxbaumii*, *agrestis* et *polita*.

La chaleur est-elle le seul facteur à invoquer pour expliquer la production de cette particularité si remarquable de la fleur? Déjà autrefois H. Mohl avait remarqué pour les Violettes et *l'Oxalis acetosella* que les grosses fleurs peuvent apparaître au printemps et les fleurs apétales en été. Un praticien, M. Bouché, a émis l'opinion que la lumière doit aussi jouer un rôle dans les transformations précédentes.

Cette manière de voir a été confirmée d'une manière très remarquable par les expériences intéressantes de M. Vœchting.

Quand on oblige le Mouron (*Stellaria media*) à se développer sous une lumière atténuée, on voit que la corolle ne s'ouvre plus. La fleur, n'étant plus ouverte, ne peut plus être visitée par les Insectes, et le pollen d'une fleur étrangère ne peut plus être transporté sur son stigmate, il y a donc au-

(1) WALZ, AXÉLL et BENNET.

**l'autofécondation.** Examine-t-on ces fleurs fermées, on voit que, leur corolle est bien constituée, et transporte-t-on le végétal dans un lieu éclairé, les pétales s'y ouvrent rapidement. Pour l'espèce précédente comme pour le *Lamium purpureum*, l'expérimentateur a pu faire apparaître à volonté, à l'aide de la lumière, une forme déterminée de fleurs : ici uniquement des fleurs fermées ou **cleistogames**, là seulement des fleurs ouvertes ou **chasmogames**.

Avec le *Linaria spuria*, on a toujours sur une même plante deux sortes de fleurs ; mais à la lumière vive, les fleurs **chasmogames** seront prédominantes ; à l'ombre, au contraire, les fleurs



Fia. 74 et 75.— Fleurs (le *Linaria spuria*. — A, B et E, fleurs cleistogames ; C et D, fleurs chasmogames.

**cleistogames** deviendront plus nombreuses. Les fleurs **chasmogames** sont irrégulières ou **zygomorphes** (fig. 74 et 75, C et D) (É), Ce dernier caractère, que certains auteurs ont voulu regarder comme étant en relation avec la visite des Insectes, est en général accompagné d'une position fixe du plan médian; ici cette stabilité de la position disparaît, la corolle peut être verticale ou **hori-**

**zontale** (sur le dessin C, l'éperon est en bas; sur le dessin D, il est en haut), aussi est-on amené à penser que ces plantes se fécondent le plus souvent elles-mêmes. Ce retour à l'autofécondation s'accompagne, pour ces végétaux, assez fréquemment d'une tendance à la **pélorie** (c'est-à-dire à la symétrie axiale) (2). Les faits précédents ont conduit à l'hypothèse que le *Linaria spuria* était une espèce en train de retourner au type régulier. Les fleurs **cleistogames** sont très petites (fig. 74 et 75, A et B), elles naissent souvent dans le sol ou à la surface de la terre (idem, dessin E), elles ont une orientation absolument quelconque; un certain nombre de fleurs **chasmogames** ont une orientation régulière, leur calice s'ouvre fréquemment, mais la corolle est atrophiée et la **zygomorphie** moins accusée.

(1) Irrégulières, symétriques par rapport à un plan.

(2) STEHELIN.

Ainsi donc pour les plantes de la première catégorie, la formation des fleurs **cleistogames** dépend complètement de la lumière (*Stellaria*, *Lamium*); pour celles de la seconde, la dépendance n'est plus que partielle (*Linaria*). Avec le *Viola odorata*, nous faisons un pas de plus, car nous constatons que la production des fleurs **cleistogames** n'est plus du tout sous l'influence de la lumière.

La métamorphose précédente d'une fleur ouverte en une fleur fermée est très importante puisqu'elle entraîne un changement complet dans son mode de fécondation. Souvent, il est vrai, les transformations sont moins profondes, elles se traduisent simplement par une variation de taille des différentes pièces florales.

*Variations des pièces florales.* —

L'action de la lumière sur les diverses parties qui constituent une fleur se manifeste souvent à des degrés divers. Assez - souvent la radiation agit **uniformément** sur toutes les parties de la fleur (*Mimulus*). Dans certains cas, c'est la corolle qui est surtout modifiée,, cela se voit pour les *Melandryum*

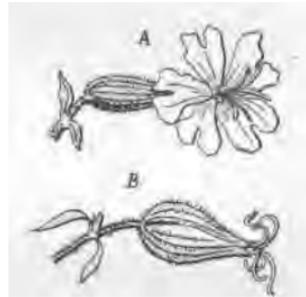


FIG. 76 et 77. — *Melandryum*.  
fleur développée en  
**pleine** lumière; **B**, fleur  
développée A une lumière  
faible, la corolle n'est pas  
visible.

(fig. 76 et 77) et les *Silene*; les autres organes des fleurs de ces plantes restent au contraire intacts : les fleurs mâles ont un calice et des étamines ordinaires. Les organes sexués proprement dits (étamines et pistil) paraissent, d'une manière générale, relativement moins sensibles à l'action de la lumière que les enveloppes florales.

Les variations que nous venons d'indiquer ne se produisent pas pour toutes les espèces avec la même facilité. A ce point de vue, chaque être a une sensibilité propre. *L'Impatiens parviflora*, qui est une plante **ombrophile**, forme ses fleurs à une intensité lumineuse où la fleur de Mauve, plante **héliophile**, est à peine ébauchée.

Ces différences qui se manifestent entre deux plantes, l'une d'ombre et l'autre de soleil, ne doivent pas étonner, mais de pareilles dissemblances s'observent également entre deux espèces **héliophiles**, par exemple le *Mimulus* et la Mauve.

*Variations de la fleur avec la latitude et l'altitude.* — L'ac-

lion de la lumière sur les fleurs ne se manifeste pas seulement par des changements de forme, elle se traduit aussi par des variations de la couleur. M. Schübeler a fait à ce sujet des observations très intéressantes. Il a semé à diverses latitudes, en Norvège, des graines de diverses plantes, il a pu constater que l'éclat des fleurs augmente avec la latitude. C'est à peine si l'on peut croire que les fleurs du *Rodanthe maculate*, par exemple, venant d'Alten à 70° de latitude et de Christiania à Go° proviennent de graines semblables. Ces différences se produisent dès la première année de culture.

Ces résultats ont été confirmés par les nombreuses recherches de MM. Bonnier et Flahault pour un grand nombre d'espèces spontanées communes à la France et à la Norvège. Le changement est quelquefois tellement profond, qu'on est tenté, au premier abord, de prendre les individus modifiés pour des espèces différentes.

Le *Cracca major* est d'un violet très intense et le *Saxifraga aizoides* est orangé, presque rouge-saturne au delà de 62° de latitude.

Les études expérimentales de M. Bonnier faites sur les montagnes de l'Europe centrale l'ont d'ailleurs conduit à des résultats semblables. La variation de la teinte du *Lotier corniculé* dans la plaine et sur la montagne est frappante : jaune pâle dans les régions basses, la corolle devient orangée presque rouge dans les hautes altitudes. • Le *Campanula rotundifolia* devient bleu violet foncé sur les hauteurs, teinte s'éloignant beaucoup du bleu pâle des formes de la plaine.

Les recherches de M. Askenasy ont d'ailleurs montré, pour les fleurs qui peuvent se former à l'obscurité (expériences de Sachs indiquées plus haut), que, si leur forme était d'ordinaire peu modifiée, leur coloration était par contre très anormale.

*Zygomorphie.* — Il nous reste enfin à examiner une dernière question touchant à la symétrie de la fleur. Cette question de la naissance des fleurs zygomorphes a reçu diverses explications. Certains auteurs ont voulu y voir, nous l'avons déjà dit, le résultat d'une adaptation à la fécondation croisée par les Insectes : pour que la fécondation croisée puisse être réalisée, le corps de la fleur se serait modelé peu à peu dans le cours des âges de façon que l'Insecte en se posant sur une première fleur emporte de plus en plus aisément le pollen et

le dépose de plus en plus facilement sur la deuxième fleur qu'il va visiter.

Cette théorie ingénieuse, qui cadrerait parfaitement avec les idées de Darwin sur la sélection, parut avoir reçu de cet illustre naturaliste un appui très sérieux lorsqu'il eut démontré que la fécondation croisée est extrêmement utile aux végétaux, puisque c'est grâce à elle que la race se perfectionne, car les individus de race pure (issus d'autofécondation) sont plus chétifs, moins féconds que les individus dérivés de croisement.

Il y a un point que l'on ne comprend pas dans cette théorie, c'est l'origine de la variation. Pourquoi s'est-elle produite? Comment se fait-il qu'elle ait été réalisée justement dans le sens voulu pour l'adaptation au corps de l'Insecte?

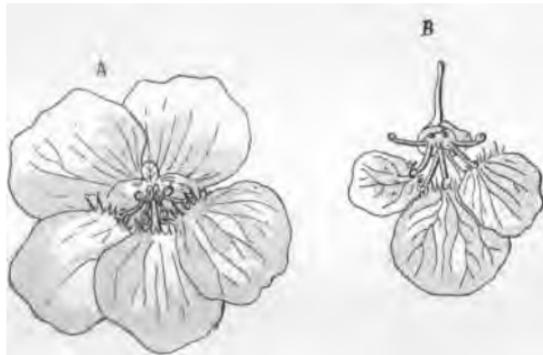


FIG. 78 et 99. — Capucine (*Tropaeolum*). — A, fleur normale présentant cinq pétales. — B, fleur développée à une lumière faible, trois pétales seulement se sont développés, les deux autres sont atrophiés.

En réalité, les choses n'ont pas dû se passer précisément ainsi. La fleur a varié comme tous les organes de la plante sous l'influence des conditions extérieures, et parmi les facteurs qui ont modifié sa forme, nous venons de signaler la lumière. Cette action se manifeste d'une manière nette sur certaines fleurs zygomorphes, dans une direction qu'il est intéressant de bien fixer. M. Vœchting a pu la mettre en évidence pour la Capucine (*Tropaeolum*) et le *Minuties*.

Pour la Capucine, ce savant a constaté qu'à un éclairage faible trois pétales seulement sont développés, les deux pétales supérieurs avortent (fig. 78 et 79). Les étamines sont au contraire normales.

Dans le cas du *Mimulus Tilingi*, il a constaté la même réduction de la lèvre supérieure de la corolle.

Cette persistance curieuse de la lèvre inférieure permet d'entrevoir la cause d'une série de variations qui ont pu se

produire dans le cours des âges et conduire à la formation de fleurs telles que celle d'une Sauge, à deux lèvres très accusées, ou d'un *Teucrium* et de l'*Ajuga*, dans lesquelles la lèvre supérieure a disparu.

Les partisans de la théorie de Darwin expliquent ce fait en disant que, comme c'est la lèvre inférieure seule qui a de l'importance pour les Insectes, car c'est elle qui leur sert de support quand ils se posent, c'est elle qui s'est surtout différenciée.

Cette explication mérite d'être signalée, car tout ce qui fait penser, tout ce qui suscite des recherches nouvelles ne peut laisser la science indifférente. Il semble cependant, d'après tout ce qui précède, que, si la fleur a varié dans sa forme, c'est par suite de l'action des facteurs extérieurs. Nous venons d'étudier l'action de la lumière, nous examinerons plus loin celle de la pesanteur. Telles sont les causes primaires de la variation. Il se peut ensuite que la fleur ainsi née, par suite de la couleur, de la forme de ses pétales ou de ses autres parties se soit trouvée mieux organisée pour la fécondation croisée : la sélection a pu alors exercer son action, préciser et **accen-**tuer des caractères nés sous l'influence des forces cosmiques.

En tous cas, il est absolument excessif de dire que tout dans la fleur a été créé pour favoriser la fécondation croisée par l'intervention des Insectes. M. Hermann-Müller, à la suite de Sprengel, a bâti sur cette conception un véritable roman très curieux et très ingénieux, mais auquel il ne manque que d'être démontré ; M. Bonnier, dans un travail où une critique pénétrante se trouve alliée à une connaissance sérieuse des **mœurs** des Insectes, a fait justice de ces exagérations (É).

En résumé, l'action de la lumière sur les plantes est considérable : elle préside aux fonctions les plus essentielles des végétaux, change leur forme, oriente leur croissance, transforme leur structure et métamorphose leurs fleurs.

Lumière et chaleur sont deux facteurs complémentaires. Dans les régions tropicales, la plante redoute la lumière parce que la chaleur lui est fournie en abondance ; elle est donc obligée d'user d'artifice pour se protéger contre la radiation

(i) Les récentes conclusions de M. PLATEAU **sont** d'ailleurs tout à fait **concordantes** avec celles de M. BONNIER.

directe, aussi la lumière atténuée ou diffuse joue-t-elle un rôle prépondérant dans ces pays. A mesure que la température devient plus basse, le végétal réclame de plus en plus de lumière, aussi le soleil agit-il sans atténuation et directement dans les domaines arctiques ou montagnards.

En un même lieu, nous retrouvons des règles analogues de compensation. Au printemps, la plante reçoit et réclame beaucoup de lumière directe; mais, à mesure que l'année avance et que la saison devient chaude, ses besoins en radiations lumineuses diminuent.

On conçoit, d'après cela, que la séparation des effets des deux agents lumière et chaleur ne soit pas toujours facile et que les résultats qu'ils peuvent produire soient souvent confondus. Cette séparation n'a d'ailleurs qu'un intérêt subjectif : lumière, c'est la radiation que l'œil perçoit ; chaleur, c'est la radiation que le thermomètre manifeste. Sous ces deux phénomènes, il n'y en a qu'un, qu'il faut attribuer à la radiation.

Cette radiation exerce son action sur notre globe dans un sens déterminé, car la terre tourne pendant que les rayons lumineux agissent. On s'est demandé, et c'est un (les nombreux problèmes posés par Pasteur à la suite de ses belles recherches sur la dissymétrie moléculaire, si ce mouvement de la terre n'avait pas une action sur les êtres vivants.

Selon Pasteur, parmi les propriétés physico-chimiques des substances produites par les êtres vivants, on peut citer la dissymétrie moléculaire qui peut se traduire par l'hémiédrisme ou le pouvoir rotatoire. « Une cellule vivante, dit à ce propos M. Duclaux, nous apparaît comme un laboratoire où un protoplasma dissymétrique, agissant sous l'influence du soleil, c'est-à-dire sous l'influence de forces extérieures dissymétriques, peut présider à des actions très variées..., présenter cette plasticité merveilleuse que nous lui connaissons, et cela tout simplement, sans fracas, par de toutes petites déviations de forces sous (les influences dissymétriques.

« Que serait un monde dans lequel on remplacerait, dans les cellules actuellement vivantes, la cellulose, l'albumine par leurs inverses, et pour nous rapporter à des notions que nous avons déjà rencontrées, que serait un monde dans lequel la terre tournerait autour du soleil en sens opposé à celui qu'elle possède ?

« On a le droit de penser qu'il ne serait pas identique au monde actuel. On peut même croire qu'il en différencierait beaucoup, et voilà, de par la pensée profonde de Pasteur, le lien qui rattache notre nature aux phénomènes cosmiques. »

---

## TROISIÈME PARTIE

### PESANTEUR

---

#### CHAPITRE XVI

##### LA PESANTEUR AGIT SUR LES VÉGÉTAUX

Les études que nous avons faites dans les deux premières parties de ce livre nous ont surabondamment démontré le rôle que joue la radiation, c'est-à-dire l'ébranlement vibratoire de l'éther, dans les transformations qui se produisent chez les êtres vivants. Un peu plus de chaleur, un peu plus de lumière, et la face du globe se trouve changée, et les êtres qui s'agitent sur l'écorce terrestre peuvent disparaître ou doivent se transformer.

Ces résultats nous induisent à chercher si, parmi les forces cosmiques dont le libre jeu s'exerce à travers la nature, il n'en existe pas d'autres susceptibles également d'orienter l'évolution de tout ce qui vit.

Un nom vient de suite à l'esprit, à ce propos, celui de cette force mystérieuse qui règne en maîtresse dans l'univers, qui règle les mouvements des corps errants dans l'espace céleste, qui exerce son action par delà le vide interplanétaire aussi bien qu'à travers les solides les plus compacts. La pesanteur a un rôle trop grand dans le monde pour que la

matière vivante échappe à son étreinte. Les études des zoologistes ne nous renseignent pas sur l'influence qu'elle peut avoir sur les animaux; mais heureusement les végétaux se prêtent admirablement à l'examen de l'action de cette grande force universelle.

La plante est sensible à la pesanteur et cette sensibilité se traduit par les phénomènes les plus variés : par des courbures, par des mouvements, par des changements de formes les plus inattendus, par la transmission même de l'irritabilité (i). Elle paraît donc posséder un nouvel organe sensoriel peu connu ou peu différencié dans l'animalité.

Comment est-on arrivé à démontrer cette propriété universelle des plantes ? Pour mettre en évidence cette sensibilité à la gravitation, un illustre physiologiste anglais, Knight, a eu l'idée d'essayer de changer la direction ou la nature de la force à laquelle est soumis l'être vivant. Il est parvenu à modifier les effets dus à la pesanteur, qui exerce d'ordinaire seule son action, grâce à l'intervention de la force centrifuge.

Géotropisme. — Si nous examinons la germination d'une graine, nous remarquons que la racine en sortant des téguments se courbe immédiatement pour s'enfoncer dans la terre. Quand la racine a atteint une certaine longueur verticale, si nous la sortons du sol pour la placer horizontalement, nous verrons sa pointe se courber et reprendre de nouveau sa direction verticale de haut en bas. Si nous renversons complètement la plante, les effets sont encore plus accusés : la pointe de la racine se recourbe vers le bas, la tige se redresse vers le haut (fig. 80 et 81).

La remarque précédente ne nous prouve pas que la pesanteur a un rôle, elle nous fait seulement entrevoir la possibilité de son action. Pour démontrer cette action, faisons germer une graine sur une roue horizontale tournant assez vite ; ce mouvement développe une force centrifuge agissant dans le sens du rayon de la roue (fig. 83, B). La racine de la graine se trouve maintenant soumise à deux forces, l'une verticale ( $p$ , fig. B),

(i) Cette transmission de l'irritabilité **géotropique** se manifeste surtout dans la racine, où la région directement irritable est à la pointe. Ceci résulte des recherches de M. **CZAPEK**. Les études de M. **ROTHERT** l'ont conduit à distinguer de même une irritabilité transmise pour le phototropisme.

l'autre horizontale (*c*, fig. B), elle va donc prendre une position intermédiaire (*r*, fig. B) : au lieu de se diriger vers le sol verticalement, elle va s'orienter vers la terre obliquement. L'expérience vérifie ce résultat ; or, nous avons raisonné comme si les deux forces pesanteur et force centrifuge avaient une action sur l'orientation de la racine des végétaux ; nous avons donc le droit de conclure que notre hypothèse

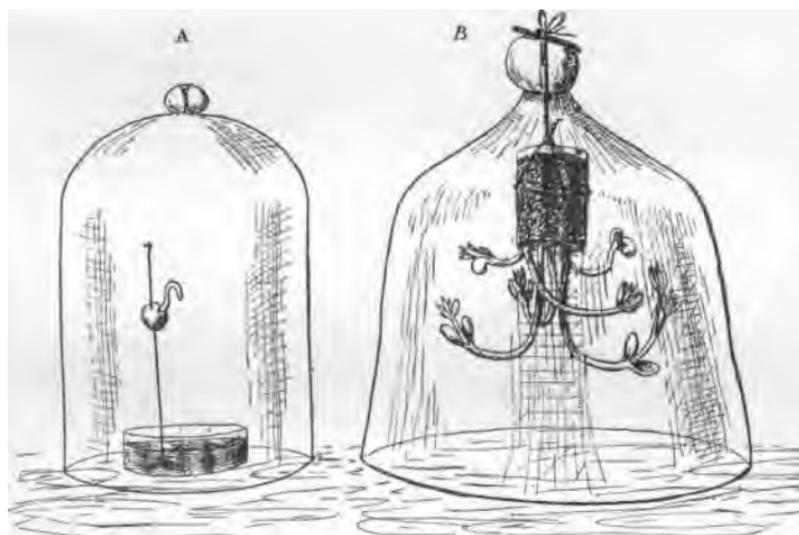


Fig. 8E et 8É.— *A*, germination d'un Pois dont la racine a été dirigée vers le haut, la pointe se recourbe vers le bas. — *B*, germinations du Lupin qui ont été renversées, les tiges se redressent vers le haut.

était vraie : la pesanteur est bien la force qui courbe la racine, et cette réaction s'appelle le géotropisme. On dit dans le cas de la racine que le géotropisme est positif.

Au lieu de faire tourner notre graine en germination sur une roue horizontale, plaçons-la sur une roue verticale effectuant son mouvement autour d'un axe horizontal. Cette fois nous avons lieu de distinguer deux cas suivant que la roue tourne vite ou lentement. Si la rotation s'effectue très lentement, que se passe-t-il ? Ce point n'a été bien entrevu ni par Knight, ni par Hunter, ni même par Dutrochet (1), il fut

(i) Voici ce que dit **DUTROCHET** : « Hunter mit une Fève au centre d'un baril plein de terre et qui était animé d'un mouvement continu de

mis en lumière par Sachs en 1872. La pesanteur agissant **successivement** sur toutes les faces de la racine pendant la durée d'une rotation, tout se passe comme si, la racine étant fixe la force tournait autour d'elle (fig 82, A), c'est-à-dire comme si la pesanteur était supprimée. En réalité, elle n'est pas abolie, mais

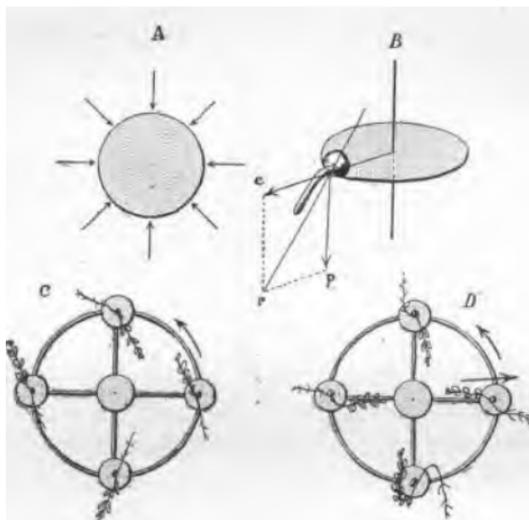


Fig. 82 à 85. — A, schéma représentant une racine immobile soumise à l'action d'une force égale à la pesanteur qui tournerait autour d'elle; les forces dirigées suivant le même diamètre s'annulent deux à deux. — B, roue horizontale portant une graine en germination; *P* représente la force pesanteur; *c*, la force centrifuge; *r* la résultante de ces deux forces construite d'après le principe du **parallélogramme** des forces; la radicule de la germination se dirige parallèlement *r*. — C, roue verticale, rotation lente : les radicules des germinations fixées sur la roue ont une direction quelconque. — D, roue verticale, rotation rapide : les radicules sont dirigées suivant le rayon, la pointe loin du centre de la roue.

plus en plus grande à mesure que l'on fait tourner la roue de plus en plus vite. Tout se passe donc comme si la force **centrifuge** agissait seule. La racine s'oriente donc vis-à-vis de cette force comme si elle était unique, elle prend la direction du rayon de la roue, la pointe s'éloignant du centre (fig. 85, D).

**rotation** sur son axe horizontal : sa radicule se dirigea **dans** le sens de l'axe de rotation du baril » ; plus loin : « lorsque la rotation est lente, les embryons **séminaux** qui **l'éprouvent** cessent de diriger leur radicule vers la **circonférence** o.

simplement **égali-**  
**sée**. Sachs a réa-  
**lisé** cette **expé-**  
**rience** en faisant  
tourner la plante  
en culture devant  
une fenêtre de **fa-**  
**çon** à ne pas **opé-**  
**rer** sur une plante  
étiolée, ce qui  
constituerait pour  
le végétal un  
mode anormal de  
vie. Dans ces  
conditions, on re-  
marque que la **ra-**  
**cine** a une **direc-**  
**tion** quelconque  
(fig. 84, C).

Si l'on imprime,  
au contraire, à la  
roue une rotation  
rapide, la force  
centrifuge. naît, et  
on peut lui don-  
**ner** une valeur (le

Ainsi donc, par la considération de la force centrifuge, nous arrivons à mettre en évidence, d'une manière indirecte, l'action de la pesanteur.

Ce premier résultat acquis, nous allons, comme pour la lumière, chercher à vérifier que la pesanteur peut agir sur les organismes mobiles.

**Géotactisme.** — On a désigné sous le nom de **géotactisme** le phénomène par lequel s'accuse la réaction des organismes mobiles à la pesanteur. Il a été mis en évidence par les ingénieuses recherches de M. Schwarz.

Si l'on abandonne dans un vase contenant du sable humide soit des *Chlamydomonas*, soit des Euglènes, ils se rassemblent au bout d'un certain temps à la partie supérieure de ce sable; c'est une ascension de haut en bas et non une diffusion dans tous les sens. On constate ce phénomène en prenant un vase à la paroi duquel adhère un peu de sable : les Euglènes se rassemblent seulement vers la région la plus élevée. Ce mouvement ascendant se produit seulement quand les Euglènes sont à l'état actif ; l'action d'une température trop basse ou trop haute, celle du chloroforme, empêchent la réaction de se manifester. Si l'être est tombé à l'état de repos, il reste au fond du vase absolument comme une spore ou une graine quelconque.

Quelle cause produit le déplacement des êtres mobiles précédents? Ce n'est pas l'oxygène que les *Chlamydomonas* vont chercher à la surface du sable, car, si l'on permet à ce gaz d'arriver des deux côtés du récipient où se trouvent ces Algues, elles ne s'en élèvent pas moins à la face **supérieure**.

Afin de prouver que c'est bien à l'action de la pesanteur qu'il faut attribuer les déplacements précédents, M. Schwarz place le vase de culture des Algues sur une roue verticale. La pesanteur se trouve égalisée, c'est-à-dire comme abolie ; la force centrifuge remplace la pesanteur, et par l'action de cette force les Euglènes se réfugient vers l'intérieur de la roue. Il y a plus, avec une vitesse très grande (quand l'accélération devient huit fois celle de la pesanteur), l'effet change de sens, et les êtres mobiles se groupent vers la face opposée du vase.

Ainsi donc, en masquant la pesanteur, nous pouvons produire des phénomènes très analogues à ceux qui s'opèrent

grâce à son action ; seulement ici, ils sont dus à l'intervention de la force centrifuge. Sous l'influence de la gravitation, qui est constante, le phénomène du **géotactisme** est toujours le même ; avec la force centrifuge qui peut varier, les mouvements se produisent tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, suivant l'intensité de la force ; pour une valeur intermédiaire déterminée, les corps mobiles resteraient évidemment indifférents.

C'est peut-être dans ce sens qu'il faut interpréter l'indifférence **géolactique** de certaines autres Algues ou Champignons (Diatomées, **Oscillaires**, **Polyphagus**), qui ont été étudiés à ce point de vue par M. Aderhold.

Action de la pesanteur sur la croissance. — L'action de la pesanteur se manifeste, ainsi que nous venons de le voir, par des torsions d'organes ou par des mouvements d'éléments mobiles ; ces phénomènes rappellent beaucoup ceux qui ont été désignés sous les noms de phototropisme et de phototactisme, qui se produisent sous l'influence de la lumière. On a expliqué, avons-nous dit, le phototropisme par l'action de la lumière sur la croissance ; peut-on donner pour le géotropisme une explication semblable ?

L'action retardatrice de la lumière sur la croissance se met **facilement en** évidence ; il suffit pour cela de la supprimer. Il ne nous est pas possible d'opérer de même pour la pesanteur, car il n'existe pas de point non seulement de notre globe, mais du monde solaire et même céleste, qui soit soustrait à l'action de la gravitation. On peut cependant, en employant une méthode indirecte, essayer de se rendre compte de son mode d'action.

M. **Elfving** et M. Schwarz ont soumis des germinations de Fève et de Lupin à l'action de forces centrifuges variées, en égalisant sur toutes les faces de la plante l'action de la pesanteur par rotation sur une roue verticale ; ils sont arrivés à ce résultat que la croissance de la racine ou de la tige n'est pas modifiée par la variation de la force centrifuge. Il n'y aurait même ni un déplacement du maximum de croissance, ni une modification de la zone d'élongation. La force, il est vrai, dans ce cas agit dans la direction de l'accroissement des organes, mais, à ce point de vue, la force centrifuge est comparable à la pesanteur.

M. Kny n'a pas été plus heureux en cherchant à mettre en évidence l'action de la pesanteur sur la germination des grains de pollen ou sur la croissance des zoospores du *Coleochaete*. Bien que la force n'agisse pas nécessairement ici dans la direction de croissance, son action ne se manifeste cependant pas.

Ces résultats doivent-ils être considérés comme définitifs et applicables à toutes les plantes ou bien ne doit-on les attribuer qu'à une sensibilité extrêmement faible des espèces étudiées à la pesanteur ? Cette dernière interprétation paraît

admissible depuis (lue l'on connaît les faits établis par M. Ray sur la question qui nous occupe. Voici comment il est arrivé à montrer que la pesanteur agit sur la croissance. Il sème des spores d'une moisissure, un *Sterigmatocystis*, sur de la gélatine dans des

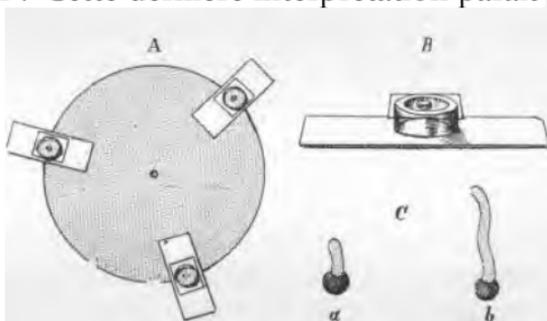


FIG. 86, 87 et 88. — A, roue verticale portant trois chambres humides dans lesquelles on a semé des spores. — B, chambre humide fermée par une lamelle de verre portant une goutte de gélatine sur sa face inférieure. — C, deux germinations de spores de *Sterigmatocystis* : a, germination dans une culture fixe; b, germination dans une culture mobile.

chambres humides (fig. 87, B) ou dans des tubes stérilisés. Il divise ses cultures en deux lots (toutes étant mises à l'obscurité) ; les unes restent fixes, les autres sont placées sur une roue verticale tournant très lentement pour ne pas développer de force centrifuge (fig. 86, A). Or, au bout de très peu de temps, il s'accuse une différence très notable entre les germinations des deux sortes de spores (fig. 88, C).

		NOMBRE DE SPORES AYANT GERMÉ	
Culture mobile.	75	37 ayant produit un tube germinatif long.	— court.
		38	— court.
Culture fixe . . .	14	9 ayant produit un tube germinatif long.	— court.
		5	— court.

Ce résultat montre donc d'une manière nette que la pesanteur retarde la croissance.

M. Ray était d'ailleurs arrivé à une donnée analogue par l'étude du développement des *Sterigmatocystis* en un liquide agité. Il a vu que, dans ces circonstances, le Champignon prend la forme de petites boules. Ces petites sphères presque parfaites, qui naissent ainsi, tournent sur elles-mêmes par suite de l'agitation du milieu : elles changent donc constamment la position de tous leurs points par rapport à la pesanteur ; l'action de la pesanteur est donc égalisée sur toutes leurs faces. Or, si l'on examine le développement de ces sphères, on voit qu'elles croissent avec une rapidité tout à fait remarquable, surtout au début : elles atteignent en peu de jours une taille bien supérieure à celle des germinations que l'on peut observer dans les cultures fixes (1).

Ce résultat très intéressant, mis en évidence dans ce cas, permet d'entrevoir une explication de faits assez particuliers qui correspondent à l'action de la pesanteur sur les organes, tiges ou racines, placés horizontalement. On ne s'explique pas comment la pesanteur peut avoir une action sur la croissance d'un organe horizontal et aucun effet sur la croissance d'un organe vertical. Cette anomalie disparaît si on admet que, dans le dernier cas, l'action est extrêmement faible et ne peut être clairement mise en évidence si on tient compte des variations individuelles de la croissance. Quand une racine est placée horizontalement, la croissance est modifiée inégalement sur les deux faces par suite de l'action de la pesanteur : la face supérieure s'accroît plus que normalement, la face inférieure moins, et c'est là ce qui amène la torsion de la pointe de l'organe.

La pesanteur détermine donc dans une racine horizontale une sorte de polarité qui a pour conséquence la courbure que nous observons.

\* Cette question de la différence de croissance sur les faces supérieure et inférieure d'une racine nous conduit à nous demander si une plante placée en position renversée croît de la même manière qu'une plante normalement orientée.

(1) Ce sont au moins les phénomènes que l'on observe au début. Plus tard, la culture en milieu agité s'arrête dans sa croissance, et c'est la culture fixe qui reprend le dessus, quant à la rapidité de développement. Cela tient peut-être à ce qu'un milieu agité est un milieu tout à fait anormal pour les Champignons.

M. Elfving a obligé un *Phycomyces* à se développer vers le bas par suite d'un éclairage inférieur : dans ces conditions, il a constaté que la plante renversée s'accroissait plus lentement que le Champignon dressé.

Cette remarque est en accord avec une observation intéressante faite par M. Vœchting sur les arbres pleureurs (Voir fig. 92 p. 196), qui sont des variétés d'espèces à branches dressées. Les branches pendantes de ces arbres se développent moins que les branches dressées des formes types ; non seulement elles croissent moins en longueur, mais aussi moins en épaisseur. Cette croissance des branches pendantes devient de plus en plus faible, elle finit même par être nulle, quelquefois au bout d'un temps très long. Dans certaines espèces, l'arrêt est complet, et, la croissance étant terminée, les branches meurent peu à peu vers le bas. C'est à cette circonstance qu'il faut attribuer l'existence de nombreuses branches, rameaux ou ramilles morts sur le *Fraxinus excelsior*, le *Sophora japonica*, le *Salix purpurea*, dans leurs variétés *pendula*.



FIG. 89. — Nœud d'une Graminée couchée et se redressant par le géotropisme.

Les recherches de M. Elfving sur les nœuds des Graminées prouvent expérimentalement que l'égalisation de la pesanteur sur toutes les faces de la tige modifie la croissance de ces nœuds. Alors que la croissance est épuisée dans les entre-nœuds depuis longtemps, la croissance des nœuds peut encore être modifiée d'une manière très sensible par la pesanteur. Si la tige du Blé vient à être couchée par le vent ou la pluie, si on observe ce que l'on appelle la *verse des céréales*, la récolte pourrait être considérée comme perdue ; la pesanteur heureusement détermine dans les nœuds inférieurs une polarité inverse de celle qui a été signalée plus haut pour la racine, c'est-à-dire que la face inférieure s'accroît plus et la face supérieure moins. Il en résulte une torsion de la base de la tige qui amène un redressement (fig. 89) de toute la hampe, qui peut dans certains cas avoir plus d'un mètre de haut. En comparant la variation de longueur de nœuds semblables de Graminées (*Avena elatior*, *Triticum sativum*, *Phleum pratense*) les unes dressées et les autres maintenues sur un appareil de rotation tournant autour d'un axe

horizontal de façon à égaliser l'action de la pesanteur, M. **Elfvig** a trouvé que les noeuds maintenus sur la roue mobile s'étaient allongés (le trois à dix fois plus que les **noeuds** de la Graminée fixe.

Ainsi donc, nous voyons encore que la pesanteur peut agir sur la croissance, déterminer suivant les divers organes des polarités variables qui contribuent soit à redresser les tiges, soit à abaisser les racines vers le centre de la terre.

L'action sur la croissance se révèle encore par ce fait que les seules parties des organes qui sont susceptibles de se courber sous l'influence de la pesanteur sont justement celles qui présentent des phénomènes d'accroissement : les torsions dues à la pesanteur ne se manifesteront sur une racine, par exemple, que vers la pointe, et c'est dans cette région que se trouve localisée la croissance (É).

Cette action de la pesanteur sur la croissance ne se manifeste pas instantanément. Si l'on place une racine horizontalement et si, avant qu'aucune torsion ne se manifeste, on porte cette racine au **clinostat** (c'est-à-dire sur l'appareil tournant autour d'un axe horizontal très lentement de façon à ne pas développer de force centrifuge), on voit la pointe de l'organe se courber dans la direction qui était primitivement verticale. L'action de la pesanteur se manifeste donc après coup, c'est par conséquent une action *induite*.

C'est là une règle générale : tous les facteurs qui modifient la croissance agissent lentement, et leur action se traduit par un effet ultérieur.

La pesanteur a donc un rôle très fondamental pour les plantes, elles les oriente en modifiant leur mode d'allongement . C'est là un effet qui doit avoir une importance considérable pour elles, c'est ce que nous allons voir maintenant.

---

(1) Les recherches de M. **CZAPECK** ont précisé nos idées sur ce point.

## CHAPITRE XVII

### VARIATIONS DU GÉOTROPISME

Nous avons vu que sous l'influence de la pesanteur les tiges se dirigeaient vers le haut, et les racines vers le bas ; des réactions aussi différentes de ces deux organes tiennent, avons-nous dit, à ce qu'ils se polarisent d'une manière inverse sous l'action de la pesanteur, en d'autres termes, à ce qu'ils ont des sensibilités dissemblables à la gravitation.

Vraisemblablement, la sensibilité **géotropique**, comme la sensibilité des plantes à la lumière, n'est pas une entité immuable pour un être donné; c'est une propriété qui peut varier, surtout lorsque les conditions de vie dans lesquelles se développe le végétal changent. S'il en est ainsi, il pourra se produire, par exemple, des renversements dans la polarité d'une tige ou d'une racine ; nous ne devons donc pas nous étonner si nous rencontrons des plantes dans lesquelles la racine croît vers le haut et la tige vers le bas.

Imaginons qu'un pareil phénomène se produise. Que va-t-il en résulter pour le végétal ? Croissant vers le haut, la racine va d'abord de dessécher et elle ne puisera plus dans le milieu les matières nutritives dont la plante a besoin. L'individu qui aura présenté cette variation ne pourra donc pas vivre ; il sera voué sûrement à la mort. Si la racine croît au contraire normalement, le végétal se desséchera moins facilement, et il pourra trouver dans la terre les aliments indispensables; en même temps, la tige pourra porter les feuilles vers le soleil, ce qui permettra à la plante de prendre dans l'atmosphère le carbone qui lui est nécessaire. Tandis que la première variation amène inévitablement la destruction du végétal, l'orientation

normale de ses deux organes végétatifs axiaux (tige et racine) lui assure, par contre, les conditions les plus favorables de vie : il n'est donc pas étonnant de constater que le géotropisme positif de la racine (courbure vers le centre de la terre) et le géotropisme négatif de la tige (courbure vers le ciel) soient des caractères héréditaires, puisque c'est grâce à eux que les Phanérogames peuvent vivre et se reproduire.



FIG. 90. — Germination anormale de Haricot; r radicule couverte de racines secondaires; t, tige épicothylée orientée vers le bas pendant le premier entre-nœud, puis se recourbant plus loin; f, feuille au-dessus des cotylédons.

Nous venons de raisonner en admettant que le géotropisme pouvait varier. Avons-nous le droit de faire une telle hypothèse ? Une curieuse observation due à M. Duchartre va nous éclairer à cet égard. Cet observateur rencontra accidentellement, au milieu d'un semis de Haricots, une plantule qui avait la racine orientée vers le haut, ainsi que le montre la figure ci-jointe (fig. 90, r); la direction de la tige était également anormale (t), elle était enterrée et avait cependant continué à croître, développant dans le sol ses premières feuilles (f).

On pourrait expliquer l'anomalie précédente en disant que l'action de la pesanteur se borne à ramener la racine dans la direction du fil à plomb, que sa pointe soit dirigée vers le haut ou le bas ; si une racine, en sortant de la graine, se trouve être rigoureusement verticale, il n'y a pas de raison pour qu'une

courbure se produise.

Cette manière de voir serait admissible si la *circumnutation* n'existait pas. En réalité, on sait par les études de Darwin que la pointe de la racine décrit en s'accroissant une sorte de spirale. Grâce à cette *circumnutation*, le danger qui résulte pour la plante d'une orientation irrégulière de sa racine est évité, car, dès que la pointe dirigée vers le haut est tant soit peu déplacée de la verticale, elle est immédiatement tordue vers le bas, Duhamel, au siècle dernier, a semé un-grand nombre de glands, la radicule tournée vers le haut; il a

toujours vu rapidement la racine se courber vers le sol.

Comment donc expliquer l'anomalie signalée par M. Duchartre? Le Haricot qu'il a observé est resté deux mois bien vivant, ainsi orienté en sens inverse sans se renverser ; on ne peut donc pas dire que la racine n'a pas eu le temps de se recourber vers le sol. On peut, pour se rendre compte du fait précédent, admettre soit que la nutation a été supprimée, soit que le géotropisme a changé de signe.

Dans la première hypothèse, une expérience de M. Czapek prouve que la racine ne sera pas déviée de sa direction si elle est rigoureusement verticale : en effet, ayant emprisonné dans du gypse une racine orientée la pointe en haut, il a empêché ainsi toute *circumnutation* ; en la portant ensuite sur une roue verticale tournant lentement autour d'un axe horizontal, il n'a pas observé de courbure à la pointe, il n'y a pas d'induction géotropisme.

D'ailleurs, quelle que soit la cause de la variation, l'important pour nous, c'est que la racine puisse accidentellement changer de direction. Dans les conditions ordinaires de la vie végétale dans nos pays, une pareille forme disparaîtrait nécessairement, puisqu'elle ne pourrait pas se reproduire. Mais il n'en est pas toujours ainsi, et il peut arriver, dans certains milieux, que les individus présentant un nouveau géotropisme aient une supériorité manifeste sur leurs congénères. C'est ce qui a dû se présenter pour les racines des espèces qui vivent sur le littoral sous les tropiques ainsi que pour celles qui végètent sur les arbres dans les régions chaudes.

**Palétuviers et plantes épiphytes.** — On rencontre dans les régions tropicales, sur le bord de la mer, une végétation très spéciale, la flore des palétuviers. Les végétaux qui la constituent s'avancent souvent assez avant dans la mer, de sorte qu'à marée haute la partie inférieure des plantes est sous l'eau. Les racines, qui se trouvent ainsi dans la vase, y respirent difficilement ; aussi, pour remédier à cet inconvénient, voit-on se dresser *au-dessus* du sol et verticalement des racines qui ont été comparées à des Asperges et qui dans certains points forment de véritables champs (fig. 9É). C'est ce que l'on observe chez des plantes appartenant à des familles très différentes (les *Sonneratiä*, *Lythracées* ; les *Avicenniä*, *Verbenacées*). Ce qui semble bien justifier qu'il s'agit là d'une

adaptation à un milieu spécial, c'est que, dans d'autres cas, les racines des plantes (le la même flore sortent du sol par d'autres procédés : soit à l'aide de **coudures** ou de genoux (*Lumnitzera*, **Combrétacée** ; *Bruguiera*, **Rhizophoracées**), soit à l'aide d'arêtes (*Carapa*, **Meliacée**). Dans ces différents cas, le géotropisme a été plus ou moins modifié en vue d'une adaptation à un milieu déterminé (1).

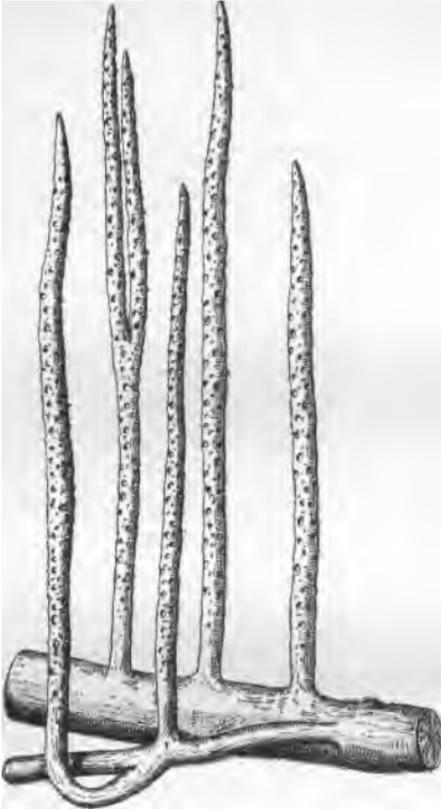


FIG. 91. — Racines (dites asperges) d'un *Avicennia* à pointes dirigées vers le haut.

Des faits de même ordre peuvent être relevés pour les plantes épiphytes. Tandis que, dans les pays tempérés, toutes les racines principales (primaires ou latérales) se comportent de la même manière vis-à-vis de la pesanteur; dans les régions équatoriales, quand une espèce se développe sur les arbres, on distingue souvent deux sortes de racines, les unes appelées *fixatrices* et les autres *nourricières* (fig. 45, p. 135). Pour ces dernières, le géotropisme est positif, et c'est grâce à cette propriété que l'on voit descendre du haut des arbres de longs câ-

bles qui servent à puiser dans le sol la nourriture **nécessaire** au végétal. Les racines fixatrices ne présentent pas une telle propriété, aussi s'enroulent-elles autour des arbres qui servent de support (2).

Les mêmes adaptations peuvent se retrouver pour les feuilles

(1) SCHIMPER.

(2) SCHIMPER, WENT.

et nous n'en citerons qu'un exemple, celui du *Tillandsia*, une de ces singulières Broméliacées des forêts brésiliennes qui, ayant perdu leurs racines, s'enroulent à l'aide de leurs feuilles et se fixent ainsi à l'arbre sur lequel elles vivent.

Nous pourrions beaucoup multiplier les exemples qui nous montreraient toujours que les plantes qui présentent des propriétés géotropiques spéciales paraissent en avoir tiré des avantages certains pour leur développement. Nous nous contenterons de citer les cas des rhizomes et des noeuds des Graminées.

**Rhizomes. Noeuds des Graminées.** — Les plantes herbacées qui sont exposées aux grands froids de l'hiver seront détruites entièrement si toute leur tige est aérienne et dressée. Si cet organe est, au contraire, horizontal et enfoncé dans le sol, cette partie de la plante étant abritée contre les basses températures ralentira simplement son activité vitale pendant l'hiver et reprendra son développement au printemps. Les considérations précédentes n'expliquent certes pas comment et pourquoi se produit la variété, mais elles font saisir comment l'individu qui présente la variation a plus de chance de se reproduire, et par cela même pourquoi le caractère nouveau devra se perpétuer. Nous examinerons d'ailleurs, un peu plus loin, quelques données permettant d'entrevoir comment et dans quelles conditions le géotropisme peut varier.

Si le géotropisme transversal des rhizomes présente pour les espèces vivaces un avantage certain, il en est de même de la propriété des noeuds inférieurs des chaumes des Graminées dont nous avons parlé plus haut (É). Les épis de Blé qui ont été couchés sur le sol par l'orage sont destinés à y pourrir: les premiers individus qui ont présenté la propriété de redresser leur tige ont eu donc plus de chance de donner des graines; par conséquent, la particularité physiologique précédente a pu devenir stable et héréditaire dans le cours des générations.

L'avantage d'un pareil géotropisme est tellement évident, qu'il n'y a pas lieu de s'étonner de retrouver cette propriété des noeuds de la tige chez les plantes les plus diverses (*Polygonum*, *Cucubalus*, *Lychuis*, *Agrostemma*, *Chærophyllum*, *Galeopsis*, *Erodium*).

Nous allons d'ailleurs vérifier plus directement qu'une

(i) Page É87.

variation d'un caractère **géotropique** d'un organe peut, dans certains cas, se fixer et se transmettre A la descendance.

Variations devenant héréditaires. Arbres pleureurs. — Nous justifierons la manière de voir précédente par la considération de variétés de certaines espèces qui ne se distinguent de la forme type que par un caractère tiré de l'orientation relativement à la pesanteur. Les arbres pleureurs nous fournissent à cet égard un exemple tout à fait typique. On connaît de telles races pour plusieurs arbres à branches ordinairement dressées comme le Frêne, le Saule, le Noisetier, etc.

M. **Vœchting** a mis de plus en évidence chez ces végétaux l'intervention de l'hérédité **géotropique** par l'étude de la polarité des boutures. Si l'on coupe les branches d'un Saule à rameaux dressés et qu'on les place dans un flacon de verre de manière à les entourer d'une atmosphère humide, on voit bientôt apparaître des bourgeons au sommet de la branche, et des racines adventives à la base. L'action de la pesanteur sur la formation de ces organes se manifeste si l'on vient à incliner les branches ; on voit, en effet, quand on se **rapproche** de la position horizontale, les bourgeons se former à la face supérieure de la tige et les racines à la face inférieure; quand la branche est encore peu inclinée, les bourgeons sont surtout vers le haut, les racines surtout vers le bas; mais, quand l'inclinaison augmente, les bourgeons et les racines naissent de plus en plus loin des extrémités.

Sachs a essayé d'expliquer les phénomènes précédents par une théorie ingénieuse, qui se trouve en germe dans les écrits du célèbre physiologiste français Duhamel. Les expériences de ce dernier savant l'avaient conduit à exprimer « qu'il n'est point du tout dans l'ordre naturel que les racines soient au-dessus des branches. Il paraît que la sève qui doit développer les racines à une disposition pour descendre, pendant que celle qui doit développer les branches en a une pour monter. » Sachs admet qu'il y a dans les plantes des substances formatrices de bourgeons, ainsi que d'autres substances donnant seulement des racines: cette opinion semble justifiée par les expériences rapportées plus haut relativement à la production des bourgeons floraux (1).

(É) Les fleurs s'épanouissent à l'obscurité d'une manière **normale**

Or, ces substances seraient soumises, selon Sachs, à l'action de la pesanteur, Quand on coupe, par exemple, un fragment de branche de Saule, les éléments chimiques ou plasmiques susceptibles de donner des bourgeons se séparent de ceux qui donnent des racines. Sous l'influence de la pesanteur, les premiers tendent à monter, les seconds à descendre. Cette théorie expliquerait donc pourquoi, dans une bouture inclinée de Saule, les bourgeons se forment à la face supérieure et les racines à la face inférieure.

Cette théorie, qui rappelle un peu celle de la pangenèse de Darwin, ne permet malheureusement pas d'expliquer un certain nombre de faits ; aussi ne pouvons-nous l'adopter. Elle prétend rendre compte de toutes les expériences par une action actuelle des forces extérieures, elle néglige l'intervention de l'hérédité.

Dans une bouture de Saule, en effet, on n'obtient les résultats précédents que si l'on a soin de mettre la partie primitivement supérieure de la bouture en haut et la partie inférieure en bas. Si l'on faisait l'inverse, l'on ne parviendrait pas à l'enraciner. Il y a donc une différenciation en sommet et, base de la bouture qui s'est faite en dehors de l'intervention immédiate et actuelle de la pesanteur.

Opérons de meure avec les branches coupées de divers arbres pleureurs (*Fraxinus excelsior*, *Corylus Avellana*, *Salix purpurea*, etc.). Le sommet des boutures est ici dirigé vers le bas quand le rameau est sur l'arbre ; si la pesanteur agit, comme le dit Sachs, pour faire monter les substances formatrices de bourgeons, c'est ici la base de la bouture qui devrait donner des bourgeons et le sommet des racines adventives; or il n'en est rien, c'est l'inverse qui est vrai.

La différenciation d'une branche en sommet et base s'est manifestée à l'origine pour les arbres normaux qui ont des rameaux dressés; la pesanteur et aussi probablement la lumière ont pu contribuer au début à la naissance de cette polarité. Mais cette action, accumulée pendant une série de générations, a produit des caractères qui ne dépendent plus maintenant des

quand ces substances existent dans les bulbes (Hyacinthe) ou quand elles se forment dans les feuilles exposées à l'action de la lumière. Si ces substances ne peuvent pas se former, les fleurs n'apparaissent pas à l'obscurité. Voir plus haut, p. 168.

forces extérieures. Quand les variétés à branches pendantes ou arbres pleureurs ont fait leur apparition, la polarité qui se traduit par l'existence d'une base et d'un sommet dans les boutures était fixée et indépendante des éléments primitifs qui l'ont fait naître.

On peut cependant, même sur ces branches pendantes polarisées héréditairement, retrouver l'action actuelle de la pesanteur. Elle se manifeste, par exemple dans la variété *pendula* du *Caragana arborescens*, par le développement des pousses



FIG. 92. — Arbre pleureur. Sur la branche A les rameaux apparaissent à la face supérieure et les rameaux les plus développés sont les rameaux supérieurs a, b, relativement à c et d.

à la face supérieure des branches et loin de l'extrémité dirigée vers le sol (fig. 92).

Une expérience intéressante de M. Kny confirme les résultats précédents dans un cas qui paraissait, au premier aspect, une exception à la règle.

M. Vœchling a montré qu'en général on ne peut pas enraciner le sommet d'une bouture.

M. Kny est parvenu cependant à opérer cet enracinement anormal avec le Lierre et la Vignevierge. Il prend, il est vrai, des précautions pour cela. Il courbe les branches et enterre la pointe

sans séparer cette extrémité de la tige mère et au bout d'une année seulement, en 1885, il opère cette séparation. Le préjudice causé par l'orientation inverse se manifeste par le faible développement des pousses latérales, par la mortification du haut de la tige sur une longueur de plusieurs centimètres. Cependant, en 1886-87, la régression ne fait pas de progrès, les pousses latérales s'accroissent en longueur. En 1888, les pieds renversés font l'impression de pousses normales ; aussi, en 1889, M. Kny veut-il voir si la polarité est changée. Il se sert pour cela d'un caractère offrant une grande constance chez tous les individus normalement orientés de ces deux espèces (celui de la production d'un callus qui se forme au maximum sur la face normalement inférieure). A l'aide de ce critérium, il vérifie que le renversement, malgré les cinq

années de culture, était **purement extérieur** et non interne. Ainsi donc, même quand les caractères tirés de l'apparition des bourgeons et des racines adventives font défaut, la polarité peut se maintenir en se traduisant par d'autres particularités de structure.

En est-il toujours ainsi ? Ne peut-on, en s'adressant à des plantes inférieures, arriver à une autre opinion ? Une expérience de M. Noll paraît répondre à cette question. En retournant une Algue **siphonnée**, un *Bryopsis* (dans lequel on distingue une sorte de tige et des appendices simulant les uns des feuilles, les autres des **rhizoïdes**), il a fait naître des **rhizoïdes** sur le sommet primitif de la plante qui était renversée.

La polarité serait donc fixée dans certaines plantes et réversible dans d'autres, et peut-être ce dernier cas se manifeste-t-il surtout pour des végétaux dont l'organisation interne reste rudimentaire.

En somme, nous avons acquis maintenant la conviction que le géotropisme varie. Nous savons également que certains caractères qui sont nés autrefois sous l'influence de la pesanteur peuvent être indépendants de ce facteur à l'heure actuelle. L'hérédité peut donc encore produire des races qui ont dû dériver des modifications, au début instables, des caractères **géotropiques**.

Nous avons jusqu'ici laissé de côté l'étude des conditions de la variation du géotropisme. Il nous faut maintenant essayer d'aborder l'examen de cette question importante et encore très peu connue.

**Action de la lumière** sur le géotropisme. — Quand on veut étudier l'action de la pesanteur, on prend soin d'ordinaire d'éviter de faire intervenir la lumière, car elle produit, comme on sait, des flexions des organes qui pourraient masquer les effets dus à la gravitation. On ne doit pas s'étonner, d'apprendre d'après cela, que l'on a ignoré longtemps le mode d'action de la lumière sur le géotropisme. Ce point a été mis en évidence par les recherches de M. Stahl, ou du moins c'est ainsi qu'il interprète les résultats de ses expériences.

Si l'on examine au printemps les rhizomes de l'*Adoxa* dans le sol, on voit qu'ils sont horizontaux. Si l'on expose ces rhizomes recouverts d'une faible couche de terre à l'action de la

lumière, on s'aperçoit qu'ils se courbent la pointe en bas et qu'ils deviennent verticaux. On pourrait penser qu'il s'agit ici de phénomènes de phototropisme, mais il n'en est rien, car la courbure se produit quelle que soit la direction du rayon lumineux, et elle s'observe même quand on éclaire par le bas. Cette action de la lumière qui provoque une courbure **géotropique** se manifeste en un temps court; si on l'enlève la source lumineuse, l'action se continue pendant quelques temps : il y a donc induction **géophototropique**. Cette intervention de la radiation permet d'expliquer pourquoi, même le long des pentes les plus inclinées, les rhizomes ne sortent presque jamais de terre.

Cette même action a été retrouvée pour diverses autres espèces à rhizomes. Elle se constate également pour les racines secondaires de plusieurs végétaux.

On sait que ces racines secondaires font des angles de plus en plus petits avec la verticale à mesure que l'on s'enfonce dans le sol (1). Si ces racines sont éclairées, les angles sont beaucoup plus petits qu'à l'obscurité, comme on peut s'en convaincre en examinant le tableau suivant :

NUMÉROS D'ORDRE DES RACINES SECONDAIRES DE HARICOT complètes à partir du haut.	ANGLES DES RACINES SECONDAIRES avec la verticale.	
	A l'obscurité.	A la lumière.
No 1	130°	25°
No 2	80°	15° <sup>A</sup>
	40°	10

Action du milieu aquatique sur le géotropisme. — Nous venons de constater que la lumière pouvait modifier la direction des racines, par conséquent leur géotropisme. Ceci nous conduit à nous demander si d'autres agents cosmiques ne peuvent pas produire le même résultat.

Les expériences sur cette question ne sont ni bien nom-

(i) Ce géotropisme oblique des racines secondaires contribue à fixer solidement la racine dans le sol, d'autant plus que ces organes se contractent et tirent, pour ainsi dire, l'axe de la plante comme les cordages qui servent à attacher un mat.

breuses ni bien rigoureuses, et nous mentionnons l'interprétation actuelle plutôt comme une hypothèse intéressante. La seule recherche ayant un rapport direct avec le problème que nous venons de poser est due à M. *Soposhnikow* qui a montré que les courbures géotropiques dans l'eau sont plus faibles que dans l'air humide.

Cette remarque peut nous conduire à penser que, si nous faisons développer en milieu aquatique la base d'une tige, nous pourrions voir se modifier l'orientation des racines. Les observations de M. Jost confirment cette manière de voir, car, en immergeant dans l'eau la base des plantes les plus diverses (Canne à sucre, *Cyperus textilis*, *Luffa amara*, quelques Palmiers comme le *Raphia ruffia*) il a vu naître des racines qui sortaient de terre et se dressaient vers le haut.

Le même résultat s'observe pour le *Jussiaea*; si la plante est cultivée en un endroit sec, il ne se forme pas ces racines verticales qui ont été appelées improprement natatoires; elles apparaissent, au contraire, en milieu aqueux (voir les fig. 125 et 126, page 236) (1).

On a observé de même des racines verticales à pointe dirigée vers le haut sur des échantillons immergés profondément sous l'eau de *Rumex Hydrolapallum*, et de *Nymphaea Lotus* (2). Le même fait a été remarqué pour les *Carex arenaria* et *hirta* (3), qui prennent également une direction verticale vers le haut:

Ces remarques nous paraissent intéressantes parce qu'elles nous permettent de concevoir l'origine de la variation que nous signalions plus haut pour les Palétuviers (4).

Phénomènes géonyctitropiques. — Nous venons de voir que la lumière et l'eau contribuent à modifier la direction des organes axiaux des plantes dans des conditions où d'ordinaire on les considère comme uniquement soumis à l'action de la pesanteur. Nous pouvons nous demander si, inverse-

(1) Observation de M. SCHENCK et de M. GOEBEL.

(2) D'après M. GOEBEL.

(3) Selon M. ERIKSSON.

(4) Les faits observés par M. HOCHREUTNER paraissent plaider dans le même sens: en fixant une tige de *Zannichellia* au fond de l'eau, il amène un redressement des deux extrémités de la tige, de sorte que la partie basilaire de la tige et les racines nombreuses qu'elle porte ont une direction verticale.

ment, la pesanteur ne pourrait pas contribuer à produire des phénomènes qui ont été regardés longtemps comme seulement sous la dépendance de la lumière. Parmi ceux-ci, nous devons citer en première ligne ces mouvements qui caractérisent le sommeil ou la veille des feuilles. Pour étudier cette question, M. Fischer a employé deux procédés : la méthode du retournement de la plante et celle du *clinostat*. Il est arrivé ainsi à distinguer deux sortes de mouvements qu'il appelle *géonyctitropiques* et *aulonyctitropiques*. Les premiers s'observent dans le *Phaseolus multiflorus*, le *Lupinus albus*, le *Gossypium arboreum*; lorsqu'on renverse ces plantes, on observe un renversement de leur position de sommeil ; si on les place sur un appareil de rotation dont l'axe est horizontal, ces mouvements disparaissent complètement. Les mouvements *aulonyctitropiques*, par contre, que l'on remarque dans le *Trifolium* ne sont pas modifiés par la pesanteur.

En résumé, les faits nombreux passés en revue dans ce chapitre nous ont appris que le géotropisme n'est pas une propriété immuable des organismes vivants, qu'il tend à varier et cela sous l'influence de causes secondaires, comme la lumière et l'eau. Les variations une fois produites peuvent souvent amener la mort de la plante ; quelquefois, au contraire, elles sont en harmonie avec le milieu, elles assurent une descendance à la plante, aussi les caractères nouveaux deviennent-ils de plus en plus stables. Il se produit d'abord des variétés puis des races; on peut même ajouter, par une induction qui n'est pas trop hasardeuse étant donné tout ce que nous savons maintenant, que beaucoup d'espèces ont dû se former ainsi par l'intervention de la pesanteur.

---

## CHAPITRE XVIII

### ACTION DE LA PESANTEUR SUR LA FORME DES VÉGÉTAUX

L'étude du géotropisme nous a montré que la pesanteur modifie l'orientation des organes dont se compose le végétal; elle change par cela même le port et l'aspect de celui-ci et donne à sa forme des caractères spéciaux sur lesquels il nous faut insister un peu afin d'en bien faire comprendre l'importance.

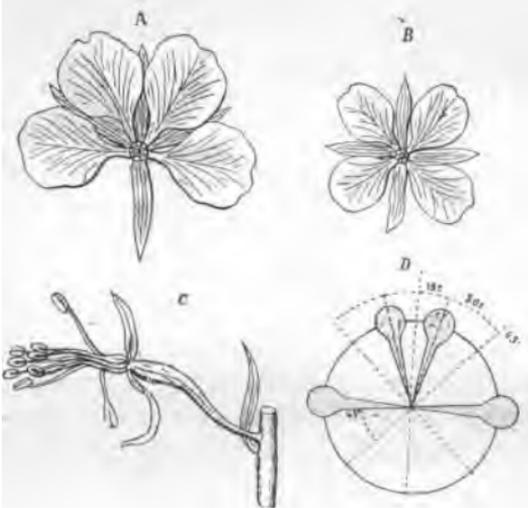
L'action de la pesanteur se trahit d'abord par les modifications de la symétrie de certains organes. La **zygomorphie** de la fleur peut lui être due pour certaines l'antes. Seule ou combinée à la radiation, la gravitation produit la **dorsiventralité** d'un grand nombre d'êtres, le **plagiotropisme** ou l'**orthotropisme**, l'**isotropie** ou l'**anisotropie**, c'est-à-dire les propriétés fondamentales qui dominent toute la morphologie végétale.

**Zygomorphie** de la fleur. — Nous avons déjà eu l'occasion d'établir (t) que la lumière contribuait dans certains cas à modifier la symétrie de la fleur ; la pesanteur peut jouer un rôle tout à fait semblable.

Ce résultat se manifeste avec une netteté parfaite par l'étude de l'action de la pesanteur sur les fleurs de l'**Epilobe**, comme l'a montré M. **Væchling**. Bien que formée de pièces semblables, la fleur de cette plante est cependant dissymétrique par suite des positions qu'affectent ses diverses parties les unes par rapport aux autres.

Le calice est formé de quatre sépales dont les deux latéraux sont relevés vers le haut. La corolle est composée de

quatre pétales dont les deux supérieurs font avec la verticale un angle de  $15^\circ$ , les deux inférieurs sont horizontaux (fig. 93 A et 96 D). Or, si l'on fait développer les fleurs de cette plante sur le **clinostat**, on voit que le calice et la corolle affectent alors



Fin. 93 96. — A, fleur d'*Epilobium angustifolium* montrant deux sépales dans le plan médian, les deux latéraux un peu relevés; les pétales sont à onguet étroit, à limbe large. — B, aspect d'une fleur d'une plante placée sur le **clinostat** (roue verticale, tournant autour d'un axe horizontal); les quatre sépales sont deux horizontaux et deux verticaux; les quatre pétales sont à  $45^\circ$  de la verticale et de l'horizontale. — C, une des étamines est en train de se relever sous l'action de la pesanteur; une autre flétrie est rabattue. — D, figure schématique marquant les déplacements des pétales sous l'action de la pesanteur; les pétales horizontaux se sont déplacés de  $45^\circ$ , les pétales à  $15^\circ$  de la verticale se sont déplacés de  $30^\circ$ .

font alors avec la verticale le même angle de  $45^\circ$  (fig. 94 B).

Les mêmes changements se manifesteront dans les étamines. On sait que dans ces plantes les étamines, ainsi que l'a observé pour la première fois **Sprengel** en 1790, en étudiant le Laurier de Saint-Antoine (*Epilobium angustifolium*), sont mûres avant le pistil. Sous l'in-

fluence de la pesanteur, les étamines se redressent et viennent occuper une position

déterminée de l'espace où se placera ultérieurement le stigmate, quand il sera arrivé lui-même à maturité et que les étamines seront flétries (fig. 95 C). Les fleurs placées sur le **clinostat** ne présentent pas de pareils déplacements.

On voit donc, dans ce cas, une fleur changer sous l'influence de la pesanteur et acquérir la **zygomorphie** qui lui manquait. Il se trouve que les particularités précédentes rendent de grands services à la plante, car c'est grâce à elles que la fécondation croisée se trouve assurée par les Insectes\_

Ce résultat se conçoit aisément, puisque les étamines et le stigmate viennent occuper successivement le même point de l'espace : quand un Bourdon visite une première fleur jeune, il récolte involontairement du pollen sur une partie déterminée de son corps ; en visitant une fleur âgée, il déposera fatalement cette poussière fécondante sur le stigmate car ce dernier occupe dans la fleur la même position que l'étamine précédemment.

Or le croisement dans la fécondation est le plus souvent avantageux, les métis étant en général supérieurs aux individus résultant d'auto-fécondation ou d'hybridité.

M. Vœchling n'est arrivé à établir le rôle de la pesanteur dans la production de la zygomorphie que dans quelques types. Pour un certain nombre d'espèces à fleurs symétriques par rapport

un plan, ce caractère n'est pas modifiable par la gravitation. Peut-être la zygomorphie est-elle due alors à l'intervention d'autres facteurs, comme la lumière par exemple. Peut-être pour d'autres espèces a-t-on affaire à des caractères devenus héréditaires et rendus invariables par une longue série de générations. Il est vraisemblable d'admettre, pour un certain nombre de plantes, que les variations produites sous



Fig. 97 et 98. — A, *Iberis umbellata*. — B, *Leucanthemum vulgare*. Les fleurs périphériques de l'inflorescence sont zygomorphes et ont une orientation quelconque par rapport A la verticale.

l'influence de causes cosmiques ayant offert des avantages manifestes pour la fécondation par les Insectes ont du se transmettre à la descendance et devenir héréditaires.

Parmi les particularités de l'organisation florale qui ont probablement cette origine, une d'entre elles, celle qui se rapporte à l'orientation des fleurs zygomorphes, mérite une mention spéciale. Les études de M. Noll nous fournissent sur cette question des renseignements intéressants.

Selon lui, il y a lieu de distinguer, à ce propos, deux catégories de fleurs zygomorphes :

- 1° Les fleurs essentiellement zygomorphes ;
- 2° Les fleurs non essentiellement zygomorphes.

Dans le second groupe, il range toutes les fleurs plus ou moins stériles qui se trouvent à la périphérie de diverses inflorescences et qui sont remarquables par le développement de leur corolle en dehors de l'association florale. On observe des fleurs de cette catégorie dans un grand nombre d'Ombellifères et de Crucifères, dans l'*Iberis* (fig. 97, A),

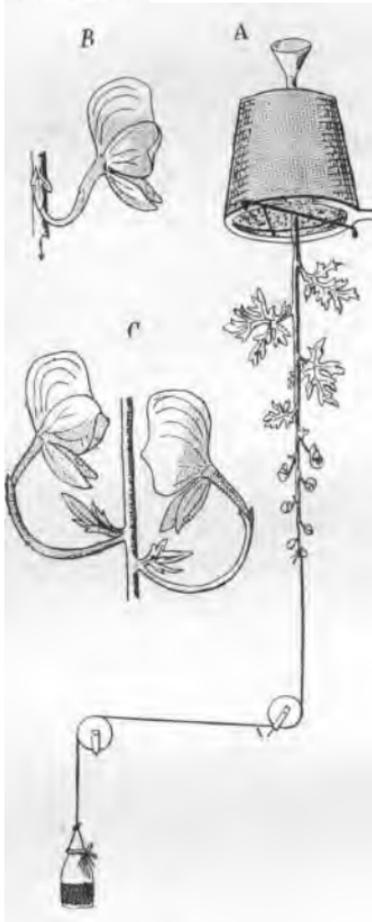


Fig. 99. — A, pied d'*Aconitum* renversé dont la tige est maintenue par un fil tendu par des poids. — C, premier mouvement de rotation du pédoncule floral. — B, seconde position du pédoncule floral.

dans les Caprifoliacées et les Composées (fig. 98 B). L'orientation de ces fleurs est quelconque, elle ne dépend en rien de la pesanteur.

La position dans l'espace des fleurs essentiellement zygomorphes est, au contraire, toujours parfaitement déterminée.

M. Noll démontre ceci par une expérience bien simple faite

sur l'**Aconite** ; il renverse un pot de fleur contenant cette plante, en ayant soin d'attacher l'extrémité de la hampe florale à l'aide d'un fil passant sur des poulies et **supportant** des poids : grâce à cette précaution, la tige principale ne se redresse pas, et ce sont les pédoncules floraux seuls qui sont obligés de se re-

tourner (fig. 99, A). Ce redressement se fait en deux temps, comme on peut le voir sur le dessin ci-contre : le pédicelle se déplace et amène la fleur d'abord dans la position C (fig. 99, C) ; on voit que l'orifice de la fleur se trouve ainsi orienté vers l'axe général de l'inflorescence ; mais bientôt un second mouvement se produit qui tord le pédoncule floral, et, quand il est terminé, l'ouverture de la fleur se trouve de nouveau en dehors, comme sur la



FIG. 100. — *Loroglossum hircinum*. Les fleurs du haut de l'inflorescence sont en train de s'épanouir ; leur long labelle se déroule peu peu. On voit, à mesure que la fleur s'étale, la labelle s'orienter de plus en plus vers le bas ; cela se constate pour les fleurs du bas de l'inflorescence.

hampe primitive (fig. 99, B). Grâce à ce double mouvement, la fleur reprend son orientation première. Doit-on dire que c'est pour favoriser la fécondation croisée que la fleur se retourne ainsi ? **Evidemment** non ; mais, si l'on se borne à remarquer que les fleurs ayant présenté au début cette particularité ont eu plus de chances d'être visitées, et par cela même fécondées, cela peut être admis, tant que l'on n'aura pas d'hypothèse meilleure pour expliquer ces phénomènes.

La fixité de la position de la fleur entraîne souvent des déplacements notables. On en observe dans les fleurs dont le plan de **zygomorphie** est d'abord oblique par rapport au plan vertical : la fleur doit alors tourner pour que ce premier plan vienne se confondre avec le second. Il en est de même dans les cas de **zygomorphie** horizontale (Fumariacées) et de **zygomorphie** inverse (Orchidées). Pour les plantes qui présentent ce dernier phénomène, les Orchidées par exemple, la fleur doit subir une torsion de  $80^\circ$  afin d'amener le labelle à la partie inférieure. On voit nettement dans la figure wo du *Loroglossum hircinum* cette rotation se produire au fur et à mesure de l'épanouissement de la fleur.



FIG. 101.—Trois fleurs d'*Impatiens*. — A, fleur développée à un fort éclaircissement.— B et C, fleurs développées à des éclaircissements de plus en plus faibles

Enfin, nous avons fait remarquer, en étudiant l'action de la lumière sur la **cleistogamie**, pour certaines plantes comme le *Linaria spuria* (fig. 74 et 75, p. 172), que les fleurs **cleistogames** (qui ont perdu presque toute **zygomorphie** et qui restent cachées au milieu des feuilles ou dans la terre) ont une orientation quelconque. Ce qui est la règle pour les fleurs **cleistogames** de cette espèce s'observe fréquemment aussi pour ses fleurs **chasmogames**, comme si cette plante était en train de perdre la propriété d'être fécondée par l'intervention des Insectes. En fait d'ailleurs, il semble que l'autofécondation soit la règle même pour les fleurs visibles de cette espèce. On sait d'ailleurs que la **pélorie**, c'est-à-dire le retour à la forme symétrique, se produit fréquemment dans cette espèce.

L'étude de l'action de la lumière sur la Balsamine (*Impatiens*) a conduit également M. Vœchting à une remarque tout à fait intéressante. Il n'est pas parvenu avec cette plante, en atténuant la lumière, à faire naître des fleurs **cleistogames**, mais il a réduit les dimensions des fleurs ordinaires. Or, il remarque que, tant que la lumière a une certaine intensité et la fleur une certaine taille, elle a toujours sa position normale (lèvre inférieure en dessous) (fig. 101, A) ; mais, dès que la source lumineuse devient trop faible, l'orientation de la fleur devient quelconque : d'abord horizontale (fig. 101, B), puis renversée (fig. 101, C). Nous constatons ainsi, par un autre procédé, que la lumière peut agir sur le géotropisme (V. p.197) .

En résumé, nous voyons donc que la pesanteur intervient grandement dans l'organisation florale ; elle lui imprime quelquefois sa symétrie et très souvent une orientation en rapport, avec son plan de *zygomorphie*.

Ces intéressants résultats nous conduisent à nous demander si l'appareil végétatif ne présente pas des faits (le même ordre.

**Dorsiventralité.** — La distinction entre une face supérieure et une face inférieure peut être faite pour des organes **parfaitement** cylindriques comme les



FIG. 102.— *Centradenia floribunda*. Branche horizontale portant des feuilles supérieures petites et (les feuilles inférieures grandes.

branches, n'accusant, par conséquent, au premier aspect, aucune bilatéralité. Cette dorsiventralité se trahira par les dimensions des feuilles insérées sur le haut

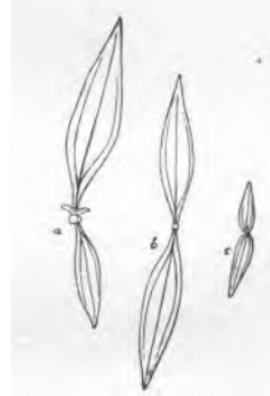


FIG. 103.— *Centradenia floribunda*. Feuilles d'une branche retournée; a, feuilles anciennes; b et c, feuilles nouvellement formées, elles sont devenues égales, bien tôt les feuilles inférieures vont être plus grandes.

ou sur le bas des rameaux horizontaux : les feuilles supérieures étant

plus petites que les feuilles inférieures. M. Wiesner a démontré le premier que cette dissymétrie était souvent due à la pesanteur. M. Kolderup Rosenvinge, qui a étudié récemment

cette question, a montré qu'en retournant un rameau de *Centradenia floribunda*, on renversait la dorsiventralité de la plante (fig. 102 et 103), aussi pense-t-il que c'est la pesanteur qui produit ce renversement dans la disposition des feuilles. Dans d'autres cas, la dorsiventralité est fixée irrévocablement : il en est ainsi pour les pousses des *Selaginella*, du *Goldfussia anisophylla* et du *Centradenia rosea*. On retrouve donc encore ici la fixation par l'hérédité d'un caractère qui a pu avoir pour origine autrefois l'action de la pesanteur ou un facteur analogue.

Il se peut d'ailleurs que la dissymétrie s'accuse également dans l'organisation de la branche, et souvent l'inégalité des feuilles sur ses deux faces peut avoir un retentissement sur le bois qui se développe au voisinage : on le vérifie, par exemple, pour les *Gold fussia* ; tandis que le *G. isophylla*, qui a des feuilles égales tout autour de ses branches, a un bois partout également épais ; le *G. anisophylla*, qui a des feuilles de deux tailles, présente, au contraire, un épaississement notablement plus grand vers la partie inférieure du corps ligneux.

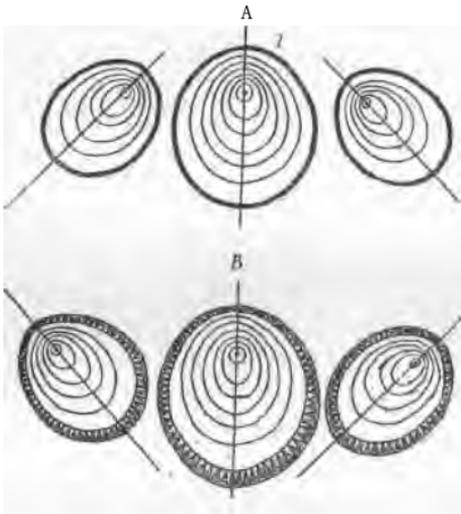


FIG. 104 et 105. — Dans A et B, les figures médianes ont le plus grand épaississement du bois dans le plan médian, elles correspondent à des branches médianes; les dessins latéraux, qui figurent des branches latérales, ont leur plan de grand épaississement ligneux placé obliquement (d'après M. Wiesner).

M. Wiesner a désigné cette dernière organisation sous le nom d'*hypotrophie* (fig. É04 et 105) (1). Il oppose à cette structure celle qu'il appelle *épitrophie* ; dans ce dernier cas, le bois le plus épais se voit sur le côté supérieur. L'un de ces deux types peut d'ailleurs s'observer sur des branches horizontales pour lesquelles il n'y a aucune différence de taille entre les feuilles (suivant qu'elles s'insèrent en dessus ou en dessous des rameaux).

On n'est pas arrivé à démêler jusqu'ici à quelles causes il l'allait attribuer ces variations de structure.

Un certain nombre d'auteurs ont cru y retrouver l'action de la pesanteur (2), d'autres ont combattu cette opinion sans donner pour la remplacer aucune autre explication satisfai-

(1) Le nom d'*hyponastie* que l'on emploie peut prêter à des confusions avec d'autres phénomènes que l'on désigne ainsi. Les expressions d'*hypotrophie* et d'*épitrophie* sont préférables.

(a) HOFMEISTER et M. ORTENBLAD ont soutenu une pareille opinion pour expliquer l'*épitrophie* des Conifères.

saute (1). M. Wiesner pense que les phénomènes précédents dépendent de la position, cela résulte de la considération des figures 104 et 105 qui montrent nettement la relation des épaissements du bois et de la position des branches.

La pesanteur manifeste souvent ses effets sans aucune **ambiguïté**, surtout lorsqu'elle se combine à la lumière ; ces deux facteurs contribuent ainsi à différencier deux sortes d'organes que M. Sachs a désignés sous les noms de **plagiotropes** et d'orthotropes.

Organes **plagiotropes** et orthotropes. — Un organe orthotrope est celui qui, dans les circonstances ordinaires, se dresse verticalement ; un organe **plagiotrope** est celui qui rampe horizontalement

Les premiers réagissent de la même manière sur toutes leurs faces à l'action de la pesanteur et de la lumière. Les seconds ont, au contraire, une face supérieure et une face inférieure qui se comportent d'une manière différente vis-à-vis de ces deux facteurs.

Les uns sont en général arrondis comme la tige, les pétioles et les racines principales; ils ont une symétrie **radiaire**. Les autres inversement sont le plus souvent aplatis et bilatéraux.

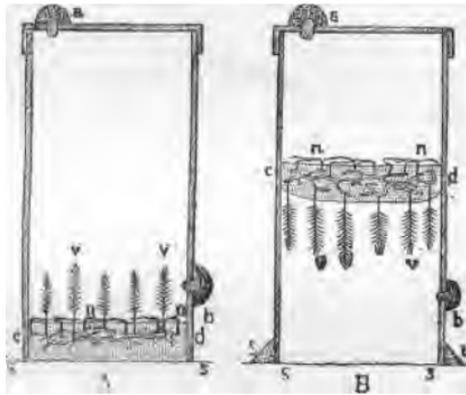


Fig. 106 et 107. — Cultures de Mousse de M. Bastit. — A, culture faite à l'obscurité dans un vase clos où l'air est renouvelé à l'aide des trous fermés par des bouchons d'ouate a et b; par le géotropisme les Liges *v* sont dressées. — B, culture faite en éclairant le vase par en-dessous, les tiges des Mousses croissent vers le bas, grâce à leur **phototropisme**.

(1) M. Kny, qui s'est occupé d'une manière approfondie de l'**épitrophie** et de l'hypotrophie, dit que l'on ne peut affirmer avec certitude que la pesanteur est la cause de ces deux phénomènes. Dans une branche **épitrophique**, le bois qui prédomine à la partie supérieure a les caractères du bois de printemps. En s'adressant à des plantes où le phénomène est constant dans les branches, M. Kny a constaté qu'il présentait une grande irrégularité dans la racine ; or, si l'on vient à déterrer ces racines, on peut avoir d'une manière régulière soit l'**épitrophie** (*Fagus*), soit l'hypotrophie (*Pin*).

La position que prend un organe dans l'espace, avons-nous dit, dépend de la lumière et de la pesanteur, ou plutôt de la réaction de l'être vis-à-vis de ces deux forces. Le phototropisme et le géotropisme sont justement ces deux réactions de la plante, ces deux sensibilités du végétal, qu'il ne faut pas confondre avec les forces primitives agissantes. Tel être aura un géotropisme très puissant qui masquera l'effet de la lumière ; pour telle autre espèce, l'effet inverse se produira. Si l'on éclaire notamment une Mousse par en bas, on pourra voir les tiges diriger leur sommet vers la terre, comme l'a montré M. Bastit (fig. lob et 107). Dans d'autres cas, le géotropisme l'emporte, c'est ce qui arrive pour les germinations du Lupin, qui, bien qu'éclairées d'un côté, restent verticales, parce que leur phototropisme est faible.

D'une manière générale, et en particulier avec les organes **plagiotropes**, il y a en outre à tenir compte de l'orientation de l'organe par rapport à la direction de la force. Si un thalle est orienté suivant une ligne (fig. 108 A, b) faisant avec la verticale un angle  $\beta$  et avec la direction de la lumière un angle  $a$ , il y aura lieu de considérer les deux composantes :

$$\begin{aligned} G \sin \beta \\ P \sin a \end{aligned}$$

en désignant par G le géotropisme quand le thalle a une direction perpendiculaire à la verticale, et par P le phototropisme quand la lumière est perpendiculaire au corps de la **plante**.

Lorsque la pesanteur agit sur un corps horizontal, sur une racine par exemple, la courbure **géotropique** est considérable, et elle se produit en très peu de temps; si l'on incline le corps, la courbure est plus faible, et elle se produit plus lentement; si l'organe est presque vertical, la courbure est à peine sensible, et elle se produit au bout d'un temps extrêmement long ; pour une racine de Fève, déjà quand l'angle avec la verticale est de 8 à 10°, le géotropisme est extrêmement atténué et agit avec une vitesse très petite. Sachs a admis que l'activité **géotropique** d'un organe qui fait un angle  $a$  avec la verticale était représenté par  $G \sin a$ .

Un raisonnement analogue peut être fait pour la lumière, mais avec ce facteur le problème se complique à cause des variations que peut présenter la source lumineuse dans son

intensité et dans sa direction. Supposons que nous éclairions un thalle de *Marchantia* avec une lumière assez forte, arrivant suivant une direction faisant avec la verticale un angle de  $45^\circ$ , nous verrons alors la lame de l'Hépatique s'étaler **perpendiculairement** au rayon lumineux (fig. log, B, et 108, A, a). C'est dans cette position que sera la situation d'équilibre résultant des actions opposées du phototropisme (P) et du géotropisme ( $G \sin \beta$ ). Enfin, pour un éclairage faible, en automne, le **géotropisme** du thalle deviendra prédominant, et la lame se rapprochera de la verticale.

Avec le Lierre, les choses se passent autrement; la position d'équilibre entre le phototropisme négatif et le géotropisme est atteinte quand la pousse est horizontale dans une direction opposée à celle de la lumière (fig. 50, p. 144, et fig. 108, A, c).

Dans ce dernier cas, bien que la tige soit cylindrique, nous avons affaire **un** complexe **plagiotope**, parce qu'il y a une face **supérieure** et une face **inférieure** définies par la **polition** des racines suçoirs et par celle des feuilles.

Inversement, un organe aplati pourra être orthotrope s'il réagit sur ses deux faces de la même manière à l'action des facteurs externes; c'est ce qui arrive par exemple pour les **feuilles épées**, qui sont bilatérales mais non **dorsiventrals**, comme celles des *Iris* (fig. 1 10), des *Xyris*.

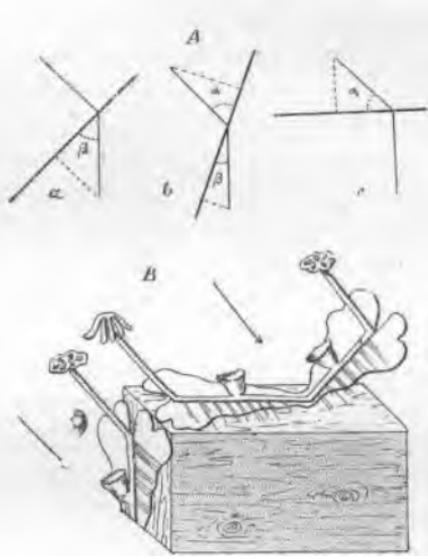


FIG. 108 et log. — B, thalle schématique de *Marchantia*, culture développée sur un bloc de tourbe; le thalle d'abord appliqué sur le substratum se détache et s'oriente perpendiculairement au rayon lumineux. Les pieds des chapeaux mâle et femelle (normalement sur des pieds différents) s'orientent parallèlement au rayon lumineux figuré par la flèche. Les urnes à propagules prennent cette direction. — A, dessin 6, la ligne parallèle à la flèche est encore celle de la lumière, elle fait un angle  $\alpha$  avec la ligne oblique marquant l'orientation du thalle; cette ligne fait un angle  $\beta$  avec la verticale, direction de la pesanteur; a, cas où le thalle s'oriente perpendiculairement au rayon lumineux; c, cas où le thalle est horizontal.

La position d'un organe dépend donc de sa réaction et de sa position vis-à-vis de la lumière et de la pesanteur. Il résulte de cette manière de voir qu'un organe **plagiotope** pourra très bien devenir orthotope s'il est enroulé. Examinons une feuille âgée ; elle est étalée parce que ses deux faces réagissent inégalement à l'action des facteurs externes; mais imaginons que nous l'enroulions sur elle-même en mettant en dehors, par exemple,



FIG 110. — Feuilles  
d'Iris.

la face inférieure ; dans ces conditions, cette feuille va se comporter comme un organe orthotope. C'est ce que l'on voit aisément quand une feuille de *Nymphaea* ou de *Nuphar* s'épanouit ; tant qu'elle est sous l'eau, elle est enroulée sur elle-même (fig. É46, p. 25É) ; aussi son limbe est-il vertical et à peu près parallèle à son pétiole, par suite de la prédominance du géotropisme ; à mesure qu'elle sort de l'eau, l'éclaircissement devient plus intense, le cornet se déroule, la feuille devient de plus en plus oblique, et finalement elle est horizontale lorsqu'elle est complètement étalée (1).

Il y a plus, un seul et même organe peut être **plagiotope** et orthotope tout à la fois : **plagiotope** dans les parties étalées et orthotope dans les portions enroulées. C'est ce que l'on voit très aisément pour les thalles d'un Lichen, le *Peltigera canina*, dont les portions stériles sont plates et horizontales et portent au bord les apothécies qui sont enroulées et verticales.

L'étalement des feuilles semble être le plus souvent le résultat d'un fort éclaircissement. Ce phénomène, qui résulte d'un accroissement prédominant de la face supérieure, a été désigné sous le nom de phénomène **épinastique**.

Dans certaines plantes, cette **épinastie** ne se produit pas ; aussi la feuille reste-t-elle en cornet, et le cornet garde indéfiniment

(1) Même résultat pour les Agaves, les Graminées, les Pinguicules, les Capucines, les Cucurbitacées.

son orientation verticale. Il y a eu quelquefois évolution dans une autre direction, vraisemblablement parce que l'abolition de l'épinastie a présenté un avantage pour la plante. On rencontre cette disposition de la feuille en cornet ou en urne dans les *plantes dites carnivores*, comme les *Nepenthes*, *Sarracenia*, *Cephalotus* (fig. 111 et 112).

**Epinastie** et Nutation. —

L'origine des phénomènes d'épinastie est assez obscure; ces courbures paraissent le plus souvent résulter du jeu de forces internes dont il n'est pas toujours aisé de démêler la nature. Dans certains cas cependant, on a pu entrevoir qu'il s'agissait de phénomènes d'induction résultant d'une action antérieure de la lumière ou même de la pesanteur.

Le fait le plus net, sous ce rapport, est celui qui a été signalé dans le travail si remarquable à tous égards de Sachs. Il prend une pousse **plagiotope** de *Lierre* qu'il coupe et qu'il attache verticalement à un bâton, en laissant libre la partie supérieure.

Au bout de huit à dix heures, il remarque que, même à l'obscurité, le sommet est infléchi par suite d'une courbure convexe de la région qui était primitivement supérieure. Ceci se manifeste également avec une lumière équilatérale ou avec un éclaircissement intense de la face inférieure, mais, dans ces derniers cas, les phénomènes **épinastiques** sont bientôt masqués par l'intervention de la lumière.

D'après M. Kraus, « les courbures **hyponastiques** ne seraient rien autre chose que des actions ultérieures du géotropisme ».

L'épinastie et l'hyponastie sont souvent considérées comme



FIG. 111 et 112. - A, *Sarracenia*. - B, *Nepenthes*.

des cas particuliers de la nutation. On peut voir d'ailleurs s'établir quelquefois une relation entre ce dernier phénomène et la pesanteur; c'est ce qui résulte des recherches de M. Noll sur ce qu'il appelle la nutation rotatoire des plantes étiolées. M. Wiesner avait d'ailleurs autrefois remarqué un lien entre les courbures géotropiques ou phototropiques et la nutation. Si l'on place horizontalement une tige de Haricot, on remarque que le relèvement de cet organe ne se produit pas toujours également vite. Si l'on fait tourner la tige sur elle-même, on remarque qu'il y a une génératrice pour laquelle la vitesse de relèvement est maximum ; à droite et à gauche de celle-là, la rapidité du redressement décroît, et devient minimum pour la génératrice diamétralement opposée à la première.

Isotropie et Anisotropie. — Nous avons noté, dans ce qui précède, que les parties plagiotropes et orthotropes peuvent quelquefois se produire aux dépens d'un thalle présentant partout la même forme (on dit dans ce cas qu'il est isomorphe) : c'est ce que nous avons observé pour les Pelligères. Lorsque la structure de l'être se complique, les diverses parties qui le composent peuvent se comporter de manières diverses; par exemple, dans un thalle de *Marchantia* on observera (fig. 109, p. 21É):

Une lame : plagiotrope, dorsiventrale ;

Des poils rhizoïdes : orthotropes vers le bas, radiaires

Des supports fructifères : orthotropes vers le haut, par enroulement presque radiaires ;

Des archégonies : orthotropes vers le bas, radiaires ;

Des corbeilles à propagules orthotropes vers le haut, radiaires ;

Des propagules ni orthotropes ni plagiotropes (isopolaires).

Dans les plantes supérieures très différenciées, la tige et la racine principales sont orthotropes; les branches et les feuilles, plagiotropes.

Il existe des végétaux dégradés dont toutes les parties du corps obéissent de la même manière à l'action dirigeante de la pesanteur et de la radiation; on les dit *isotropes* : telles sont les Bactériacées, les Oscillariées, etc. Ce sont, on le voit, des êtres très inférieurs. Chez presque toutes les plantes, les diverses parties du corps obéissent différemment à ces

forces et, sous leur influence, elles prennent dans l'espace des directions différentes; on les dit *anisotropes* : tel est le cas du *Marchantia*. Mais cette anisotropie peut se manifester avec une structure souvent très rudimentaire; on l'observera chez les Champignons inférieurs, chez les Lichens comme le *Peltigera canina*, chez des Algues assez dégradées.

Comme le dit excellemment M. Van Tieghem, « la notion physiologique de l'anisotropie non seulement est indépendante de la notion morphologique de différenciation, mais elle lui est antérieure et supérieure. Sans tiges, ni racines, ni feuilles, par la seule anisotropie de ses membres isomorphes (tous de même forme), une Thallophyte peut donner à son corps les dispositions les plus variées et lui assurer les meilleures conditions d'existence. Avec ses tiges, ses racines et ses feuilles profondément différenciées, sans anisotropie, une Phanérogame ne serait qu'un amas informe incapable de vivre. »

A la fin de l'étude consacrée à la lumière, nous rappelions la pensée profonde de Pasteur sur les corps dissymétriques, et nous nous demandions ce que deviendraient les êtres vivants si la terre tournait en sens inverse de son mouvement normal. Ne pouvons-nous pas ajouter maintenant, en terminant cette seconde partie consacrée à la gravitation, que, si la rotation de la terre s'effectuait avec une vitesse autre que celle que nous connaissons actuellement, il en résulterait des changements également profonds pour toutes les formes vivantes qui peuplent la surface du globe?

---

# QUATRIÈME PARTIE

## MILIEU AQUATIQUE

---

### CHAPITRE XIX

#### CONSTITUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU AQUATIQUE

Tout le monde sait que les êtres qui vivent dans l'eau se distinguent de ceux qui habitent les continents par un grand nombre de caractères qui ont depuis longtemps frappé les observateurs les plus inattentifs. Chez les animaux, ces différences sont tellement grandes, qu'elles ont été la cause de méprises que les progrès de la zoologie ont rapidement fait éviter : rien en particulier n'est plus naturel que de confondre la Baleine et les Poissons. Quand les zoologistes eurent démontré que ce premier animal était un Mammifère, l'idée d'une adaptation à la vie aquatique pouvait tout naturellement germer dans l'esprit. Mais la justification d'une pareille opinion n'est pas sans présenter de grandes difficultés si l'on s'en tient à l'étude des animaux ; ces obstacles sont plus aisément surmontés quand on choisit les plantes pour objet de recherche, car on peut mieux expérimenter sur elles.

Il est à remarquer ici que les expériences, même quand elles amènent la mort de la plante, même quand l'accommodation est faible ou -nulle, n'en sont pas moins d'une grande portée. On a fait des objections à cette méthode : vous torturez les végétaux, a-t-on dit, vous les placez dans des conditions

qui ne se trouvent jamais réalisées dans la nature. C'est là une grande erreur : toutes les combinaisons de milieu, même les plus invraisemblables, parmi celles que l'esprit de l'homme imagine, sont des possibilités que la nature a pu réaliser autrefois ou qu'elle pourra réaliser dans l'avenir de notre globe, si elles ne le sont pas actuellement. On a encore objecté : la plante sur laquelle vous expérimentez est dans un état maladif et vous n'avez pas le droit de tirer des conclusions des réponses qu'elle vous donne. A cette objection, on peut répondre qu'il n'y a pas deux physiologies, une pour les êtres sains, une autre pour les êtres malades ; ce sont les mêmes lois physico-chimiques qui régissent tous les êtres, jeunes ou âgés, sains ou souffrants. Telle plante pourra, en s'affaiblissant et même en mourant dans un milieu auquel elle ne s'adapte pas, nous fournir les renseignements les plus précieux sur les êtres qui se sont accommodés : les transformations que nous pourrions ainsi réaliser expérimentalement nous permettront d'entrevoir quelques-unes des étapes suivies autrefois par les ancêtres de ces végétaux actuellement adaptés. Nier ces résultats, c'est nier la méthode expérimentale ; c'est refuser au naturaliste le droit d'interroger les êtres vivants par la méthode qui a conduit les physiciens et les chimistes aux magnifiques découvertes qui seront certainement le grand honneur de notre siècle.

On ne saurait trop s'élever contre ces idées ; elles sont aussi peu fondées que celles qui faisaient autrefois regarder les monstruositées comme des faits en dehors de la règle. En réalité, tout ce que réalise la nature, lorsque les conditions extérieures changent, est dans la loi.

C'est grâce à l'expérience que l'étude des facteurs cosmiques isolés a été abordée utilement dans les trois parties qui précèdent. Elle n'a pu d'ailleurs être faite que par un effort d'abstraction. En abordant l'examen des modifications produites par la *Nie* dans l'eau, nous allons nous rapprocher beaucoup plus de conditions réalisées communément dans la nature et considérer une des associations les plus nettement définies des agents extérieurs. Avant de préciser les effets de ces combinaisons, voyons quelles particularités caractérisent le milieu aquatique.

Gaz dissous dans l'eau. — Examinons d'abord comparative-ment la teneur de l'eau en gaz et la composition de l'air :

Sur 1,000<sup>cc</sup> d'air, il y a 209<sup>cc</sup> d'oxygène, 790<sup>cc</sup>,4 d'azote et 0<sup>cc</sup>,4 d'acide carbonique. La quantité absolue de gaz dissous dans 1 litre d'eau est., d'après **Forel**, variable avec la température ; elle est près du niveau de l'eau :

à 5° : oxygène 7<sup>cc</sup>,3 ; azote 13<sup>°</sup>,6; acide carbonique 0°0,6  
 à 20° : ——— . 5<sup>cc</sup>,7; ——— 10 ,7; — 000,3

L'absorption de l'oxygène et de l'acide carbonique diminue donc quand la température s'élève. D'après M. **Devaux** le tant pour loo (le gaz dissous dans l'eau est à 15° :

oxygène 33<sup>oo</sup>,98 ; azote 63<sup>cc</sup>,82 ; acide carbonique 2",19.

Il découle de ces nombres qu'il y a dans l'eau plus d'acide carbonique que dans l'air, pour une unité de volume, mais qu'il y a moins d'oxygène.

Il faut rappeler, en outre, que la diffusion des gaz dissous dans l'eau est très lente; si le liquide ne se meut pas, elle dure plusieurs jours d'après **Graham**, même à une profondeur de quelques décimètres; il faut des mois de contact de la dissolution avec le gaz pour qu'il n'y ait plus d'absorption et pour que l'équilibre s'établisse.

Il résulte de ce qui précède que les gaz de l'air pénètrent beaucoup plus difficilement jusqu'aux parties submergées que jusqu'à celles qui sont dans l'atmosphère ou dans le sol. Comme pour les plantes terrestres, l'oxygène et l'acide carbonique sont les deux seuls gaz essentiels. Certaines Bactéries peuvent cependant se passer d'oxygène.

Les besoins des diverses plantes en oxygène sont variables, et certains végétaux aquatiques sont particulièrement exigeants à cet égard : ce sont surtout ceux qui se trouvent dans les cascades, à l'endroit des chutes d'eau. Les **Podostémacées** sont très remarquables sous ce rapport, et on ne les trouve que dans ces stations très spéciales et très aérées. D'autres plantes habitent les eaux courantes. Certaines espèces se rencontrent dans les eaux stagnantes et même croupissantes. On connaît enfin plusieurs espèces qui non seulement végètent dans une eau chargée d'acide sulfhydrique, mais même vivent mal en l'absence de ce gaz (É).

(1) D'après M. **OLTMANN**s, la culture des Algues marines réussit mieux quand on ne fait pas passer de courant de bulles d'air dans le liquide

Nous verrons que les besoins très divers d'oxygène et d'acide carbonique des différentes espèces ou individus contribuent à produire de grandes variations chez les végétaux aquatiques. Toute particularité de forme ou de structure grâce à laquelle une plus grande surface du végétal, un plus grand nombre de cellules se trouvent au contact de l'eau, constitue pour les individus qui la présentent un avantage considérable ; cette particularité a donc des chances de devenir héréditaire. De là ces tendances à l'aplatissement des feuilles, à leur découpe ; de là aussi, dans certaines espèces, l'apparition de poils assimilateurs ou respiratoires que l'on a comparés à des branchies de Poissons.

L'accès des gaz est difficile dans la profondeur des tissus, aussi se forme-t-il dans presque tous les végétaux aquatiques un système de réservoirs d'air qui peuvent quelquefois représenter 70 pour 100 du volume de la plante. D'après Unger, les cavités du *Pistia stratiotes* représentent 7É pour 100 du volume du corps, tandis que dans une plante terrestre, un *Begonia* par exemple, elles n'en forment que 3,5 pour 100. Ces réservoirs ne fournissent pas seulement l'air aux parties submergées, elles le donnent également aux régions qui sont enfoncées dans la vase, aux tiges souterraines et aux racines.

Sol. — Le sol n'a plus pour les végétaux aquatiques la même importance que pour les plantes terrestres. Ces dernières, sauf les parasites et les épiphytes, doivent puiser dans la terre les sels qui jouent un rôle important dans leur nutrition. Ce rôle est singulièrement atténué pour les êtres qui vivent dans l'eau, car les liquides pénètrent par toutes les parties du corps de la plante. Nous verrons aussi, dans une catégorie importante de plantes d'eau, que la nutrition par le sol est devenue si peu importante qu'elles sont sans attache avec lui et flottent librement dans le liquide.

C'est surtout chez les plantes amphibies que le sol a de

où elles se trouvent ; ce procédé, qui est **excellent** pour élever des Poissons, ne donne pas de bons résultats avec ces plantes. L'expérience suivante permet **d'entrevoir** la raison de cette apparente anomalie: le courant gazeux enlève l'acide carbonique utile aux plantes, on le voit en faisant passer un **courant** d'air dépourvu de ce gaz, il en contient à la sortie du liquide.

l'importance, mais il sert à la fixation du végétal plus encore peut-être qu'à sa nutrition.

Chaleur. — La répartition de la chaleur dans l'eau n'est pas du tout la même que dans l'air. Les plantes terrestres sont exposées à de très grands changements de température : grands froids pendant l'hiver, hautes températures pendant l'été ; elles doivent donc être adaptées à ces grandes variations (1). Dans l'eau, les variations annuelles et même journalières sont beaucoup plus faibles parce que la chaleur spécifique du milieu est plus grande et qu'il possède un pouvoir conducteur plus faible. Les points extrêmes de température sont donc moins éloignés l'un de l'autre pour une plante aquatique (2).

D'ailleurs, par le fait de l'existence du maximum de densité de l'eau vers 4°, cette température est celle des eaux douces et tranquilles au contact du sol dans les lacs profonds (3) ; les couches plus élevées peuvent être plus froides. Dans les lacs de Suisse, la température du fond ne varie que de 5° pendant toute l'année. Aussi, pendant l'hiver, beaucoup de végétaux submergés gardent-ils leurs feuilles vertes.

Les plantes aquatiques ne peuvent d'ailleurs pas supporter de hautes températures pour une autre raison. Nous avons vu plus haut que, lorsque la température s'élevait, la quantité de gaz dissous diminuait ; la respiration et l'assimilation chlorophyllienne deviennent de plus en plus difficiles. Des expériences directes n'ont pas été faites avec les plantes ; mais, entreprises avec des Poissons, elles ont donné des résultats décisifs : on amène rapidement la mort de ces animaux qui ne peuvent plus respirer dans un liquide échauffé. M. Goebel a vu de même qu'une élévation de température était nuisible aux *Batrachospermes* (fig. 70, p. É67).

Il est à remarquer d'ailleurs que l'optimum de croissance des végétaux aquatiques correspond à une température peu élevée. Les *Lémanées*, qui sont des Algues d'eaux douces,

(1) Le *Cochlearia fenestralis*, observé au nord de la Sibérie, supporte sans périr des températures de —30° et —1,0° pendant l'hiver.

(2) D'après ACKERMANN, la température de la Baltique est, en novembre, en moyenne de 3° supérieure à celle de l'air.

(3) Dans quelques cas, des sources d'eau chaude peuvent, en se déversant dans un lac, modifier la règle précédente.

végètent très bien en février. Les *Hydrurus* (fig. 113), qui manquent en été dans la presqu'île scandinave, ont été trouvés en Laponie en juillet et en août, mais dans les torrents près de la neige (E).

Adaptées le plus souvent à de très faibles variations de température, les Algues marines présentent une extrême sensibilité vis-à-vis des changements brusques de chaleur (2). M. Oltmanns, qui a tenté la culture de ces végétaux, n'a pu

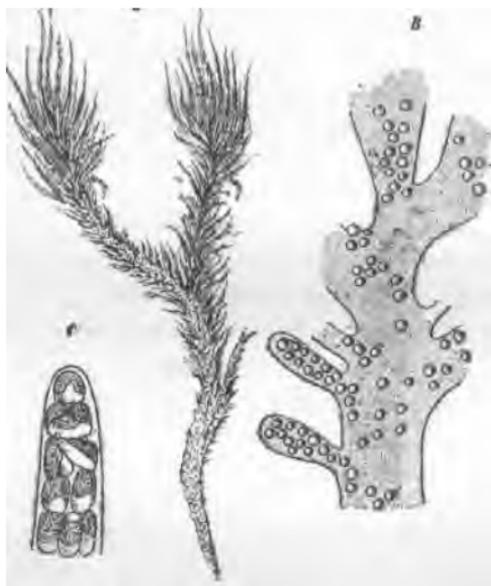


FIG. 113. — *Hydrurus*.

réussir qu'en refroidissant les vases où ils se développent ; il a même été amené à utiliser un appareil, qu'il appelle hydrothermostat, qui abaisse la température au lieu de l'élever comme dans les étuves ordinaires.

Mais, à côté de ces espèces très sensibles aux hautes températures, il y a des Algues, que l'on appelle eurythermes(3), qui peuvent supporter des températures élevées allant jus-

qu'à 30° sans périr; elles vivent cependant très bien à 0°. Toutes ces espèces appartiennent surtout à la flore du littoral, comme les *Fucus*, les *Polysiphonia*; elles ont dû s'adapter depuis longtemps à de grandes et brusques variations calorifiques.

Dans la mer, par suite de la présence du sel, les couches deviennent de plus en plus froides à mesure qu'elles sont plus profondes. La température s'abaissant ainsi, l'eau devient d'autant plus riche en oxygène et en acide carbonique ;

(1) D'après M. DE LAGERHEIM.

(2) Le *Rhodomela subfusca* est particulièrement sensible à ces actions de température.

(3) D'après 111. REINKE.

les conditions de nutrition deviennent d'autant meilleures : aussi une même espèce est plus petite dans la Baltique que dans les mers polaires (V. p. 75) (1).

La plupart des végétaux aquatiques sont adaptés à des températures ou basses ou peu élevées. On connaît, par contre, des espèces qui ne se rencontrent que dans les sources chaudes ; ce sont les *Oscillariées* et, d'une manière plus générale, les Cyanophycées. Il est assez curieux de constater l'existence des mêmes espèces en des points très éloignés du globe : on trouve par exemple le *Lyngbya* (fig. 114) *thermalis* en Islande, au Groenland, dans les volcans de boue d'Italie. On trouve l'*Anabæna thermalis* dans une eau à 57° ; des *Beggiatoa*, des *Oscillaria*, végétant très bien à 44° et 5É° ; certaines espèces peuvent même supporter une température s'élevant jusqu'à 800.

Lumière. — Nous avons déjà étudié plus haut la variation de la lumière avec la profondeur de la mer (p. 110). Au point de vue de la lumière, les végétaux submergés croissent toujours dans une lumière atténuée. Si l'intensité lumineuse est trop forte, beaucoup de plantes meurent (telles sont les *Utricularia*, *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Chara*) ; d'autres jaunissent, comme les *Fucus* (2).

Dans les eaux douces, la végétation ne descend pas si profondément que dans la mer, car on n'y rencontre guère que des plantes vertes. En général la végétation phanérogamique reste à 5 mètres de profondeur, au plus à 10 mètres ; il y a cependant des Characées qui vont jusqu'à 20 et 25 mètres. Dans les lacs du Jura, M. Magnin a distingué trois zones : la première, caractérisée par les Characées, s'observe entre 8 et 12 mètres de profondeur ; la seconde, définie surtout par les *Potamols*, entre 6 et 8 mètres ; enfin la troisième, renferme surtout les *Nuphar*, de 3 à 5 mètres.

On connaît cependant une Mousse, le *Thamniun alopecurum* var. *Lemani*, qui a été observée dans le lac de Genève à 60 mètres de la surface.



Fig. 114. —  
*Lyngbya*  
*major*.

(1) OLTMANN'S.

(2) OLTMANN'S.

Eau et matières en dissolution. — Enfin l'eau elle-même peut agir en tant que milieu spécial d'une densité beaucoup plus grande que celle de l'air. Les organismes qui y pullulent **se trouvent**, pour ainsi dire, portés par le liquide : les appareils mécaniques qui servent à dresser la tige dans l'air ne



FIG. 115. — *Potamogeton pectinatus*.

sont plus nécessaires ici.

La forte densité de l'eau a contribué également, en grande partie, à l'apparition de la vie flottante et nageante qui constitue un aspect très particulier de la vie aquatique.

Dans quelques cas, l'eau peut avoir une autre action mécanique : une Algue marine, par exemple, qui est exposée pendant le flux et le reflux au choc des vagues et des cailloux qu'elles transportent, qui peut, dans certaines régions, être régulièrement précipitée par la mer sur les écueils, devra présenter des particularités de structure qui lui permettront de résister à de telles causes de destruction . L'Algue détachée, qui est roulée à

chaque marée, devra également présenter des adaptations spéciales grâce auxquelles elle supportera les chocs.

Dans les eaux des fleuves, le flux et le reflux ne se font sentir d'une manière appréciable à une grande distance de **l'embouchure**, que pour les grands fleuves ; en particulier, ceux de l'Amérique du Sud, la marée est sensible jusqu'à pour 60 milles de la mer. Mais dans les rivières le courant de l'eau a quelquefois une très grande force, et cela surtout dans les torrents au voisinage de la source. Une plante adaptée pour la vie dans un étang tranquille ne pourra pas se maintenir

sans modifications importantes dans les courants rapides des rivières.

Ces courants rapides contribuent à renouveler l'air et les matières nutritives autour de la plante, ce qui constitue un avantage souvent très notable pour certaines espèces. Ces substances dissoutes dans l'eau y existent quelquefois en quantité importante. Le bicarbonate de chaux y est maintenu en dissolution par suite de la présence de l'acide carbonique dans l'eau : beaucoup de plantes comme les Characées, les **Potamées**, les Muscinées s'emparent de cet acide carbonique et il se dépose à la surface du végétal un précipité calcaire. La potasse, l'ammoniaque, l'acide phosphorique peuvent exister dans les eaux à l'état de sels, mais elles ne paraissent pas avoir d'importance dans la distribution des êtres aquatiques.

Le sel marin joue, au contraire, un rôle très grand par suite de sa présence dans l'eau de mer. Le plus généralement une espèce d'eau douce ne vit pas dans la mer et inversement. Ceci n'est cependant pas absolu et on peut rencontrer dans les eaux saumâtres un certain nombre d'espèces des eaux douces. La Baltique, par suite de l'étroitesse des détroits qui la mettent en relation avec la mer du Nord, contient de l'eau simplement saumâtre, et on y trouve quelques espèces des eaux douces, comme le *Potamogeton peclinalus* (fig. 115). Un certain nombre de Diatomées peuvent s'adapter à la vie dans les eaux non salées et dans les eaux salées. On n'a guère étudié jusqu'ici de quelle nature étaient ces adaptations, qui ont d'ailleurs plus d'intérêt au point de vue de la zoologie que de la botanique.

Nous connaissons maintenant la **constitution** physico-chimique du milieu aquatique. Nous allons chercher comment les êtres qui y vivent peuvent s'y modifier, comment les variations de la flore, en passant de la terre ferme aux eaux profondes, indiquent des changements progressifs permettant d'entrevoir pour ainsi dire tous les stades de l'adaptation.

## CHAPITRE XX

### FLORE DES MARÉCAGES

Les premières plantes qui méritent de fixer notre attention sont celles qui se trouvent dans une sorte de milieu intermédiaire entre l'eau et la terre ferme, qui habitent les marécages ou les bords des rivières.

Elles sont particulièrement intéressantes parce qu'elles sont le plus souvent propres aux expériences et peuvent s'adapter soit à un milieu franchement aquatique, soit à un milieu complètement terrestre.

Parmi les aspects que nous offrent les régions marécageuses, nous pouvons distinguer notamment au bord des rivières ou des étangs d'eaux tranquilles une flore spéciale que l'on peut désigner sous le nom de flore des roseaux.

Marécages de roseaux. — C'est dans cette zone que prédominent les hautes Monocotylédones à tige grêle et non ramifiée, le Phragmite commun (fig. 116), le *Phalaris arundinacea*, le *Glyceria spectabilis*, les *Typha* (fig. 117). Grâce à l'élasticité et à la fermeté de leurs tissus, les longues hampes fertiles de ces plantes se courbent sans se briser, « le roseau plie mais ne rompt point ». Il y a là vraisemblablement une accommodation au vent, car ces végétaux croissent en des lieux découverts exposés aux ouragans.

Les hautes tiges de ces plantes leur permettent toujours de s'élever hors de l'eau, ce qui leur est indispensable, car ce sont des végétaux plus aériens qu'aquatiques.

L'adaptation au milieu aqueux se révèle surtout par l'étude des caractères de la base de ces plantes. Le séjour des parties inférieures de ces roseaux dans l'eau ou dans la vase

contribue puissamment à allonger la durée de leur vie. Tout milieu qui tend à uniformiser les conditions d'existence produit ce résultat : nous avons déjà eu l'occasion de mentionner ce fait à propos de la flore des îles (t). Les fortes chaleurs de l'été, les grands froids de l'hiver sont singulièrement atténués pour un végétal qui plonge dans l'eau. On peut donc présumer que le nombre des espèces vivaces sera très grand parmi les plantes aquatiques.

Voici d'ailleurs quelques chiffres relevés par M. Hildebrandt pour la flore des environs de Fribourg-en-Brisgau :



FIG. 116 et 117. — A, *Phragmites communis*. B, *Typha*.

	ESPÈCES ANNUELLES	ESPÈCES BISANNUELLES	ESPÈCES VIVACES	ESPÈCES LIGNEUSES
Plantes aquatiques	2,6 %		97,4 %	»
Plantes des forêts et des bois.	2,50 %	É,5 %	65 V.	3É %
Plantes des champs cultivés .....	88,80 %		11,2 %	»

On voit, d'après ce tableau, quelles différences frappantes s'accusent dans la proportion des espèces vivaces et annuelles, suivant qu'il s'agit de végétaux aquatiques ou de plantes des champs et des bois.

Cette même flore des rives se retrouve avec des caractères assez analogues dans les régions les plus diverses du globe. Dans la région méditerranéenne, on trouve l'*Arundo Donax*; sur les bords du Nil, le *Cyperus Papyrus*; au Venezuela s'observe le *Typha Domingensis*.

Si les espèces caractéristiques varient d'un lieu à un autre, des changements s'opèrent également en un point dans la flore suivant qu'on s'éloigne du bord ou que l'on se rapproche de la terre ferme. Sur les bords des lacs du Jura, M. Magnin a distingué, en dehors des trois zones mentionnées plus haut (1), une 4<sup>e</sup> zone caractérisée par le *Scirpes lacustris*, une 5<sup>e</sup> zone définie par le *Phragmites*, une 6<sup>e</sup> par les *Carex*.

Les Cypéacées abondent dans ces régions, c'est là qu'on trouve les *Eriophorum*, avec leurs belles aigrettes blanches, visibles de loin, les *Cladium Mariscus*. Les *Menyanthes*, les *Epilobium*, les *Equisetum*, les accompagnent communément.

L'étude de la structure des tiges de ces plantes des marécages permet d'assister aux premières métamorphoses des plantes aquatiques. Pour mettre en évidence ces variations, on peut employer deux méthodes : l'une que l'on appelle l'*anatomie expérimentale*, l'autre qui mérite d'être qualifiée d'*anatomie comparative*. Dans le premier cas, on cultive deux individus de la même espèce aussi semblables que possible, l'un dans l'air, l'autre dans l'eau, et on compare leurs structures. Dans le second cas, on compare sur un même individu une partie inférieure aquatique et une région supérieure aérienne.

Les expériences ont porté sur des plantes amphibies que l'on a forcé à se développer dans l'air, dans l'eau ou dans la vase. Les faits mis ainsi en lumière s'accordent d'une manière complète avec les résultats de l'anatomie comparative des différentes parties d'une même plante ou de l'anatomie comparée des espèces purement aquatiques. Ils prouvent, ce que l'on ne pouvait affirmer avec certitude tant qu'on n'employait pas

(2) P. 223.

l'expérience, que le milieu a une action profonde sur la structure : sous son influence, l'écorce se creuse d'un système aérière puissant, le système vasculaire se réduit, l'appareil fibreux diminue.

Ces résultats se trouvent contrôlés par des expériences faites avec des plantes normalement terrestres. Il ne faudrait pas croire cependant qu'un séjour souvent prolongé de plusieurs mois transforme une plante terrestre en une plante aquatique (1).

Souvent elle finit par mourir, mais après avoir accusé déjà une légère variation de structure *parallèle* à celle qui, exagérée, produirait l'organisation des plantes normalement aquatiques. Dans certains cas, le nombre des vaisseaux sera réduit, le nombre des fibres moindre. On a pu même faire naître dans l'écorce de certaines plantes un tissu lacuneux différencié que l'on appelle *aérenchyme* dont nous parlerons plus loin (2).

On ne saurait nier la grande portée de ces résultats : ils prouvent que, même lorsque la plupart des caractères d'un être ne révèlent pas d'adaptation, quelques-uns cependant peuvent montrer des variations dans le sens voulu pour aboutir à la structure aquatique.

L'action du milieu aquatique peut se manifester également avec la plus grande netteté pour les végétaux inférieurs, qui contribuent à former dans certaines régions des marécages très caractérisés de Sphaignes et de Mousses.

Marécages de Sphaignes et de Mousses. — Les plantes net-

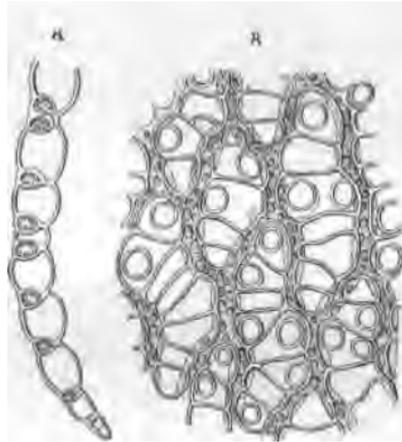


Fig. n8 et 119. — A, section d'une feuille de *Sphagnum* faite perpendiculairement au limbe montrant deux sortes de cellules vertes et incolores. B, vue de face ; les grandes cellules incolores sont perforées; les cellules vertes sont en réseau.

(1) MM. LEWAKOFFSKY, COSTANTIN et SCHENCK ont constaté, par exemple, la persistance des stomates sur les Saules, sur les rejets de *Rubus*, sur les *Vicia*, sur les *Nasturtium*.

(2) D'après PERSEKE, pour le Haricot.

lement amphibies, comme les *Sphagnum*, se modifient quand elles sont submergées, ainsi que l'a montré M. Russow. A l'air, on distingue dans les feuilles deux sortes de cellules :

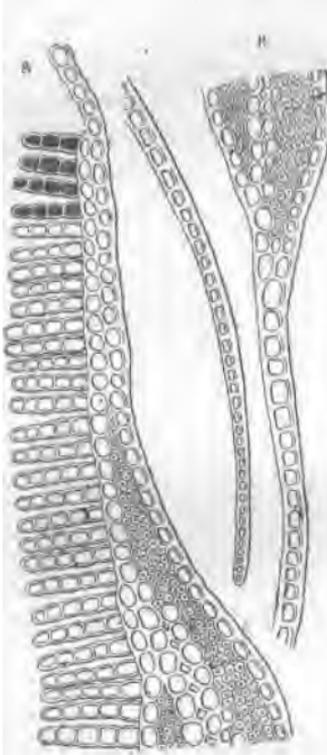


Fig. 120 à 122. — A, section transversale d'une feuille aérienne d'un *Polytrichum* ; on voit se dresser sur le limbe une série de lames remplies de chlorophylle, qui apparaissent sur la gauche du dessin comme des poils. — B et C, section d'une feuille aquatique, les lames précédentes ont disparu (d'après M. Bastit).

les unes à chlorophylle sont disposées en réseau ; les autres, perforées, sont incolores et ont perdu leur contenu protoplasmique (fig. 118 et 119). Cette structure disparaît sur les feuilles des branches submergées; les feuilles y sont formées pour la plus grande partie de cellules à chlorophylle : la différenciation des éléments cellulaires a disparu. Le maintien de la tige dans l'eau empêche donc les feuilles de la plante d'acquiescer la structure compliquée qui caractérise d'ordinaire ce végétal.

Qu'une *Muscinée* amphibie comme le Sphaigne se modifie sous l'action du milieu aquatique, cela ne nous étonne plus maintenant que nous savons combien les êtres amphibies sont malléables. Mais que des modifications presque aussi profondes que celles dont il vient d'être question puissent se produire pour des Mousses vivant d'ordinaire dans des régions sèches, cela est plus fait pour nous surprendre.

M. Bastit a démontré par des expériences décisives la réalité de ces transformations. Il a fait vivre, notamment dans l'air et dans l'eau une tige de *Polytrichum juniperinum*. La taille de la plante, sa forme et sa structure ont été profondément métamorphosées dans l'eau : la feuille y est courte et ovale ; elle est longue et aiguë dans l'air. Les modifications anatomiques ne sont pas moins saisissantes, et la plus apparente consiste dans la disparition

des lames chlorophylliennes si curieuses qui caractérisent la face supérieure des feuilles aériennes (fig. 120 à 122). L'épiderme se modifie également : la vie aquatique provoque, sur une espèce essentiellement aérienne, le développement d'un épiderme dont les caractères sont fort rapprochés de ceux (les cellules externes des tiges du *Sphagnum* et des *Foninalis*, espèces des régions humides. L'expérience a donc déterminé artificiellement une modification anatomique comparable à celle que la nature a dû produire autrefois sur l'épiderme des Mousses aquatiques. Ce résultat est, comme on le voit, du plus grand intérêt.

Une régression semblable s'observe, selon M. Goebel, pour les *Dumortiera*, Hépatique voisine des *Marchantia*. Dans cette dernière plante, par suite d'une adaptation à la vie terrestre, l'eau n'est fournie au thalle que par les rhizoïdes qui se trouvent sur la face inférieure ; la face supérieure contient des chambres respiratoires et assimilatrices où se trouvent des poils verts nombreux. Les *Dumortiera* qui vivent submergées dans les régions tropicales n'ont plus les chambres précédentes, et les poils chlorophylliens sont superficiels : ces chambres ont d'ailleurs existé au début du développement pour disparaître ensuite comme conséquence de la vie dans l'eau. Remarquons, à propos du fait précédent, qu'en l'absence d'expérience, nous ne devons attribuer la transformation que nous venons de décrire à l'action du milieu qu'avec un point de doute. L'opinion précédente est rendue cependant vraisemblable par les résultats que nous venons de décrire.

Presque tous les exemples que nous avons choisis jusqu'ici (sauf le dernier) se rapportent à des plantes des régions marécageuses de notre pays. Nous ne pouvons cependant pas passer sous silence un certain nombre de faits intéressants se rapportant à des espèces qui vivent dans les régions chaudes du globe.

Marécages des régions tropicales. — Nous avons eu l'occasion de dire déjà que les hautes températures rendent très difficile le développement des plantes aquatiques parce qu'elles manquent d'oxygène ou d'acide carbonique. Pour les organes qui croissent dans la vase, c'est-à-dire au contact d'un liquide dont le renouvellement ne se fait pas aisément, l'aération, d'ordinaire difficile, devient presque impossible dans les

régions chaudes du globe. Il en résulte que, pour pouvoir vivre dans les marécages des tropiques, les plantes doivent présenter des particularités de structure permettant la nutrition gazeuse des parties submergées et souterraines. Quelques espèces ont modifié, pour atteindre ce but, un tissu ancien et ont formé le *tissu ligneux aérifère*; d'autres ont créé un tissu particulier, l'*aérenchyme*, aux dépens du *suber*.

*Tissu ligneux aérifère.* — On sait que le tissu ligneux (ou



FIG. 123. — *Herminiera Elaphrozyton*.

bois) de la plupart des plantes est chargé de conduire la sève ascendante des racines vers les feuilles. Or ce tissu se trouve complètement métamorphosé dans la tige des *Eschynomene*, plante des marécages de l'Inde et de l'Amérique du Sud (Venezuela) : il est formé, en dehors de quelques vaisseaux et fibres, surtout de cellules vides, incolores, à parois minces, formant des prismes à six pans ; elles sont trois fois aussi hautes que larges ; les parois supérieures et inférieures montrent seules des ponctuations nombreuses et caractéristiques. Ces ponctuations **sont** ouvertes, car M. **Göebel** a pu injecter dans ce tissu de l'eau tenant du carmin en suspension. Les cellules incolores précédentes communiquent donc facilement entre elles, elles sont remplies d'air.

Quel est le rôle de ce tissu? M. Ernst, qui l'a décrit le pre-

**mier**, a pensé qu'il devait constituer un organe de natation, et cette opinion a été adoptée par De Bary (1). Mais M. Gœbel qui a cultivé l'*Aeschynomene Indica* a montré que cette plante ne nageait pas; elle a une croissance très rapide, en peu de temps, elle atteint 2 mètres de haut; dans les marais de l'Inde où elle vit, on l'observe toujours dressée.

Une autre Légumineuse, l'*Herminiera Eluphroxylon* (fig. 123), qui présente une structure analogue et dont la densité du bois a été comparée à celle d'une plume, peut quelquefois se détacher, mais à l'origine la plante est fixée dans la vase. Enfin, le *Pterocarpus Draco*, qui est un arbre de 6 mètres de haut, ne peut certainement pas être considéré comme une plante nageante, et, comme la structure de son tissu ligneux est identique à celle qui a été décrite plus haut, il en résulte qu'il faut attribuer à ce bois une autre fonction, qui est de fournir de l'air aux parties submergées et vaseuses.

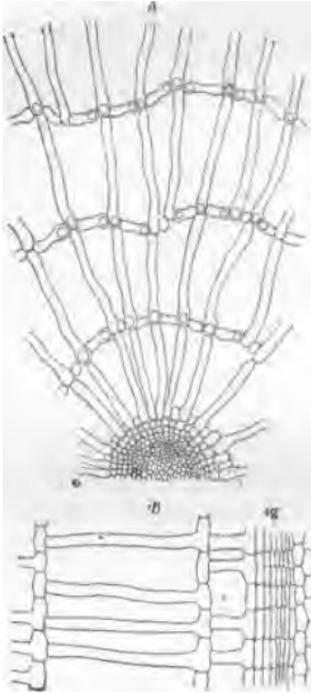
Le milieu aquatique a certainement une influence sur l'apparition de ce singulier **tissu** ligneux, car le changement de structure, qui se traduit toujours extérieurement par une augmentation du diamètre de la tige, se produit dès qu'elle est dans l'eau.

Si la plante est terrestre, sa croissance est moins rapide et le gonflement de la tige est plus faible. La vie aquatique a donc modifié ici profondément la structure de la plante; elle s'est d'abord opposée à sa lignification, puis elle a transformé le parenchyme ligneux, qui s'est modifié et est devenu un réservoir d'air.

Il reste maintenant à savoir comment la plante se procure cet air. Les *lenticelles* qui se développent sur les parties aquatiques paraissent avoir ce rôle. C'est là un fait assez général pour des plantes ligneuses que des lenticelles très spéciales, méritant le nom d'aquatiques, y apparaissent lorsque leur base croît dans l'eau. Tandis qu'à l'air les cellules qui forment les lenticelles brunissent et meurent; dans l'eau, elles constituent au contraire une masse blanche et molle qui se montre à l'orifice de la lenticelle. Dans les *Salix viminalis*, d'après M. Schenck, les lenticelles sont plus nombreuses dans l'eau

(1) M. STRASBURGER attribue à ce bois un rôle **mécanique** qui consisterait à alléger le poids spécifique de la plante.

que dans l'air. Le même fait a été constaté par cet auteur pour l'Eupatoire, le Bidens, le *Malachra Gaudichaudiana* (une Malvacée buissonnante des marécages du Brésil, etc.), et enfin pour les *Eschynomene*.



Fia. 124. — *Jussiaea*. A, section transversale d'une racine montrant dans l'écorce un tissu lacuneux qui est l'aérenchyme. — B, section longitudinale des mêmes régions montrant l'assise génératrice engendrant vers l'extérieur des cellules empilées les unes derrière les autres entre lesquelles se forment des méats très grands, ne masquant cependant pas la disposition radiale (d'après M. Schenck).

Ces lenticelles servent bien à l'entrée et à la sortie des gaz. Cette opinion résulte d'une expérience faite par M. Goebel. Une pousse d'*Herminiera* est fermée hermétiquement à une extrémité avec de la gélatine et par l'autre extrémité il fait pénétrer de l'air avec pression : il voit alors ce gaz sortir par les lenticelles.

Dans cette première catégorie de plantes marécageuses des régions chaudes que nous venons de passer en revue, le tissu ligneux peut être chargé d'emmagasiner l'air. Il n'en est pas toujours ainsi, et, pour un certain nombre d'espèces, il se différencie aux dépens du **suber** un tissu spécial que M. Schenck a appelé **aérenchyme**.

**Aérenchyme**. — Parmi les tissus qui contribuent à l'épaississement et à la protection des tiges et des racines, il se produit dans les régions d'ordinaire périphériques ce que l'on appelle le liège. Ce tissu se forme par le cloisonnement répété d'une assise génératrice qui donne naissance à une accumulation de cellules empilées les unes à la suite des autres, dont la **mem-**

**brane** est imprégnée d'une substance qu'on appelle la **subérine**. C'est là ce qui se produit dans la plupart des tiges aériennes, notamment dans celles du *Jussiaea* ; mais, quand on examine la partie aquatique de cette dernière plante, on voit ce tissu changer de nature : les cellules ne s'imprègnent

plus de **subérine**, elles laissent entre elles des méats nombreux tout en gardant cependant leur disposition en files radiales (fig. 124). C'est ce tissu particulier que l'on appelle l'**aérenchyme** (Schenck). Il prend un très grand accroissement et forme autour de la tige une sorte d'écorce spongieuse, blanche, épaisse et remplie d'air.

Ce même tissu se retrouve dans les racines, et il est surtout développé dans celles dites aérifères. On distingue en effet dans les *Jussiaea* deux sortes de racines : les unes s'enfoncent verticalement dans la vase de haut en bas (fig. 125 et 126 A et B, *rn*) ; les autres sont au contraire dressées verticalement, le plus souvent simples et renflées (Id. *ra*). Ces dernières ont souvent l'aspect de sorte d'**œufs**, très allongés, qui peuvent dans certaines espèces atteindre jusqu'à 5 centimètres de long, 2 centimètres de largeur (fig. 126, B). Dans ces racines singulières, souvent qualifiées de natatoires (1), l'**aérenchyme** acquiert un développement énorme ; c'est par suite de cette transformation si particulière du **suber** que ces organes prennent un aspect extérieur si curieux.

Les premiers observateurs qui ont décrit ces racines étranges ont pensé que grâce à elles la plante pouvait nager à la surface de l'eau. En y regardant de plus près, on arrive à une autre opinion. Si l'on coupe, en effet, les racines soi-disant natatoires du *Jussiaea repens*, la plante continue "cependant à nager très bien ; elle nage d'ailleurs très bien avant que ces racines soient développées. M. Schenck et M. Goebel ont essayé de donner une autre explication de la fonction de ces singuliers organes. Si on cultive le *Jussiaea repens* à terre, en dehors de l'eau, on obtient une plante entièrement privée de ses racines ovoïdes; cette expérience, répétée plusieurs années de suite, a toujours donné le même résultat. Il n'est pas invraisemblable d'admettre, d'après ce que l'on sait sur toutes les variations des plantes, qu'en cultivant pendant un certain nombre de générations ces plantes en dehors de l'eau, on arriverait peut-être à obtenir des végétaux ayant perdu héréditairement la propriété de former ces grosses racines aérifères. Dès qu'on cultive les *Jussiaea repens* dans l'eau, ces organes apparaissent, et leur irritabilité **géotropique** se trou-

(1) MARTINS.

vaut modifiée par suite de la vie dans l'eau : ils croissent vers le haut, et l'aérenchyme y prend un développement énorme.

Les racines aérifères qui se forment ainsi ont un autre rôle que celui qui leur a été assigné; elles constituent des réservoirs d'air qui contribuent à rendre la vie possible pour les racines souterraines et pour les parties submergées de ces plantes.

Les plantes que nous venons de mentionner se rencontrent spontanément dans les régions chaudes du globe. Le *Jussiaea repens* habite les fossés humides du Brésil (fig. 126, B); le *Jussiaea Peruviana* atteint dans les étangs de l'Amérique du Sud (Brésil, Pérou) la hauteur d'un homme; ses racines aérifères ramifiées sont moins grosses que dans la première espèce (fig. 125, A).

Le même tissu aérenchymateux a été observé par M. Rosanoff chez une Mimosée des régions tropicales, le *Neplunia oleracea* (ou *Desmanthus natan*) (fig. 127). Il a été signalé par MM. Scott et

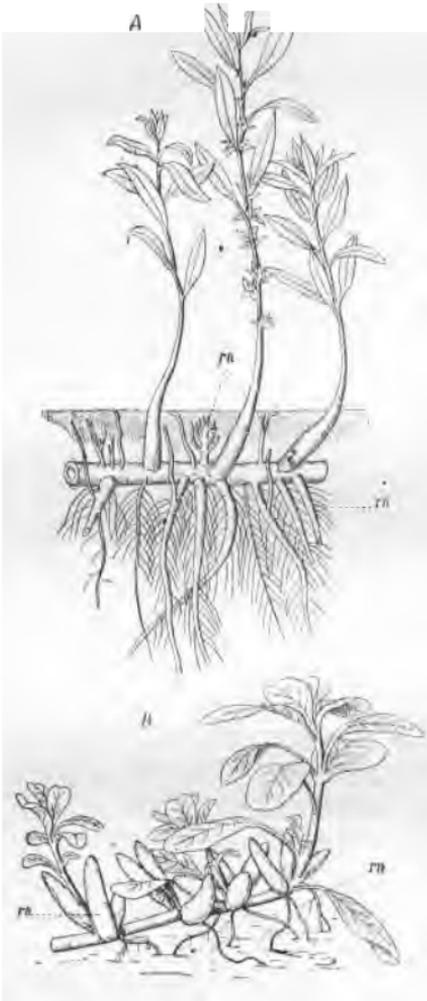


FIG. 125 et 126. — A, *Jussiaea Peruviana*. — B, *Jussiaea repens*. — ra, racines aérifères. — rn, racines normales.

Wagner sur une Papilionacée, le *Sesbania aculeata*.

Il ne faudrait pas croire cependant que le tissu si singulier que nous venons de décrire ne s'observe que sur des plantes des tropiques. M. Lewakoffsky l'a décrit pour la Salicaire, M. Schenck l'a observé sur des *Epilobes*, enfin M. Per-

seke l'a fait naître expérimentalement en cultivant un Haricot dans l'eau.

Dans cette revision des plantes marécageuses tropicales que nous venons de faire, nous avons examiné surtout celles qui croissent dans les eaux douces et stagnantes; il nous reste à dire un mot des espèces des Mangroves qui vivent dans les eaux agitées et salées.

Mangroves. — Le flux et le reflux, qui, à chaque marée, viennent battre la base des plantes de cette flore riche et exubérante des Palétuviers, dont nous avons eu déjà l'occasion



FIG. 127 — *Neplunia oleracea*.

de parler contribuent à lui donner un certain nombre de caractères spéciaux.

Examinons, par exemple, un *Rhizophora* qui est une des plantes les plus différenciées de cette flore. La base de sa tige meurt de bonne heure, aussi la plante n'est-elle plus fixée dans la vase que par un grand nombre de racines adventives, qui retombent vers le bas comme de grands arceaux, de sorte que ce végétal rappelle une sorte de gigantesque araignée fixée à l'aide d'une multitude de pattes grêles, mais résistantes.

Les racines étant à l'air ou dans l'eau et exposées au choc des vagues, il en résulte qu'elles doivent se consolider pour résister à cette action mécanique. M. Warming pense que les bandelettes d'épaississement des cellules de l'écorce de ces organes ont surtout ce rôle : ce serait un appareil destiné à

résister aux pressions latérales. La justification de cette manière de voir n'est pas encore donnée expérimentalement, mais les expériences de M. Hegler la rendent vraisemblable (1). En réalité, les cellules se laissent presser, mais, dès que **pression** a cessé, les racines, par suite de leur grande élasticité, reprennent leur forme.

Les racines du *Rhizophora* sont plusieurs heures par jour entourées, d'eau au moins dans leur partie inférieure : il s'y forme donc des lacunes à air; elles peuvent également exister dans la partie qui se trouve dans le sol vaseux, mais avec un moindre développement. Ce tissu aérifère, par ce fait même, qu'il prend de l'extension, contribue donc ainsi à l'aération des tissus profonds non seulement de la région émergée, mais aussi de la région submergée. La racine, se développant en outre au contact de l'air, présente, comme tous les organes aériens, des tissus mécaniques et conducteurs plus importants. On voit donc dans cette écorce aérienne apparaître des **trichoblastes** fortement épaissis qui existent d'ailleurs dans la tige de la plante ; dans la partie souterraine, ces **trichoblastes** manquent complètement. Ces faits ont été mis en lumière par M. Warming et confirmés par M. Schimper dans le très intéressant travail qu'il a consacré à ces plantes. Les communications de l'atmosphère interne de la racine **aquatico-aérienne** avec l'air extérieur peuvent dans certaines espèces être assurées par l'apparition de mamelons tout à fait semblables aux *lenticelles*; ces organes, qui n'avaient été décrits jusqu'ici que dans les tiges, sont tout à fait analogues à ceux dont nous avons examiné plus haut le rôle. Il est bien certain que leur apparition dépend d'une action du milieu, car sur la région de la racine qui est dans le sol il n'y a pas de lenticelles, tandis qu'il y en a sur la partie qui croît hors de la vase (2).

(1) M. HEGLER a prouvé expérimentalement que l'on pouvait faire naître des fibres dans un tissu qui n'en produit pas normalement, en soumettant un organe à la traction continue d'un poids. Ceci démontre donc que le système fibreux est, comme tous les autres, soumis à l'action du milieu, contrairement à ce (lue l'on a prétendu.

(2) On retrouve d'ailleurs entre ces deux régions les différences signalées entre les racines **souterraines**, les racines aquatiques ou les racines aériennes au point de vue du développement relatif du cylindre central et de l'écorce

La revision rapide que nous venons de faire de l'organisation des plantes de marécages nous a donc révélé des adaptations déjà nombreuses et variées. Nous allons en retrouver de nouvelles, plus profondes encore, dans les espèces amphibies qui habitent les bords des fleuves, des rivières et des ruisseaux.



## CHAPITRE XXI

### PLANTES AMPHIBIES DES RIVES. LIQUIDES AGITÉS.

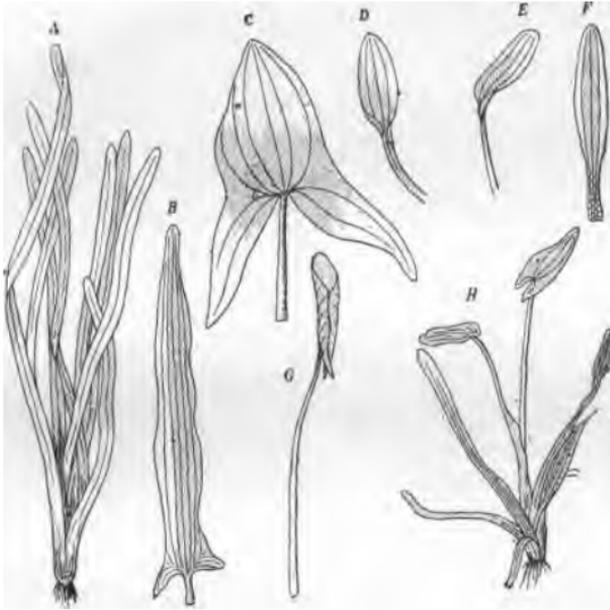
Plantes amphibies des rives. — Quand on explore les bords des rivières et des fleuves, on remarque souvent, à côté des roseaux, un certain nombre de plantes plus profondément aquatiques, susceptibles dans certains cas de vivre complètement submergées, mais qui sortent cependant toujours de l'eau dans les conditions normales.

Parmi ces plantes, la plus caractéristique est avant tout la Sagittaire. Cette espèce présente trois formes de feuilles : les submergées qui sont rubanées, les nageantes en forme de cœur et les aériennes qui sont en flèche. L'accommodation de la plante au milieu paraît donc se révéler ici avec une netteté admirable par les trois sortes de limbes foliaires. C'est ainsi qu'on a considéré les choses à l'origine, mais en réalité le problème n'est pas tout à fait aussi simple.

Examinons, en effet, la plante dans une eau profonde, nous verrons qu'elle donne uniquement des feuilles rubanées, nous constatons qu'elles sont très nombreuses (fig. 128 à 135, A). Cette forme, qui a été observée autrefois par Bauhin dans les eaux de la Trave et décrite par lui comme *gramen bulbosum aquaticum*, a été confondue par Poiret avec une Vallisnérie (*Vallisneria bulbosa* Poiret). Nous verrons un peu plus loin, en décrivant cette dernière plante, que cette opinion peut se comprendre assez bien. En réalité, c'est une simple variété qui a été désignée par Cosson et Germain sous le nom de variété *vallisnerifolia*. On peut observer alors que le nombre des feuilles rubanées est beaucoup plus élevé que lorsque la plante croît à l'air complètement ou partiellement (*Id.* H). Il semble

donc bien que dans ces conditions de développement dans les eaux profondes, il y a substitution de la forme rubanée à la forme sagittée.

Supposons maintenant qu'une Sagittaire se développe au bord de l'eau, presque à l'air, de manière que de suite ses feuilles émergent du liquide. Nous remarquons alors que



Fm. 128 é 135. — Sagittaires. — A, forme profondément submergée, *vallisnerifolia*. — B, feuille en flèche s'allongeant en ruban par suite de la croissance dans l'eau. — G, feuille aérienne normale. — H, individu développé presque entièrement à l'air. — F, E et D, formes de passage de la feuille en ruban à la forme en coeur. — G, feuille sagittées avant sa sortie de l'eau, son limbe en cornet est vertical.

quelques feuilles rubanées se forment à l'air, mais elles sont beaucoup plus courtes et relativement plus épaisses que dans le cas précédent (*Id.* H) ; par contre, elles sont beaucoup moins nombreuses. Une série de métamorphoses nous permet de voir les feuilles rubanées passer aux feuilles sagittées. Nous observons d'abord des feuilles élargies en spatule (*Id.* F), puis il se forme un limbe net (D et E), dont la base commence à s'enrouler, bien que la surface soit encore dans le même plan que le pétiole, le limbe évidemment n'est pas encore **plagiotope** ; enfin au stade suivant, la flèche est nette-

nient différenciée (H et G). Ces transformations indiquent que le milieu aérien accélère la différenciation des feuilles supérieures de la plante; il ne s'oppose donc pas à la croissance des feuilles rubanées, mais, quand elles s'y forment, ce n'est qu'en petit nombre.

Imaginons maintenant, lorsque la différenciation aérienne est ainsi produite, que les conditions de vie viennent à changer, par exemple sous l'influence d'une crue importante. La plante avait ébauché de très jeunes feuilles sagittées dont la croissance n'est pas encore terminée, aussi s'adaptent-elles au milieu aquatique et deviennent-elles sagittées-rubanées (*Id.* B) ; mais bientôt les feuilles suivantes, qui auraient dû être en flèche dans le cours normal de la végétation, sont spatulées. Il y a régression dans le développement.

D'ailleurs tout changement dans les conditions de vie provoque des phénomènes de retour : c'est ainsi que, d'après M. Goebel, si l'on transporte une Sagittaire de l'eau dans l'air, on peut voir réapparaître des feuilles rubanées.

Ainsi donc, nous voyons que l'apparition des feuilles rubanées dépend d'une nutrition ralentie, et la vie aquatique correspond à un affaiblissement de cette fonction ; aussi pouvons-nous dire encore que les feuilles en flèche se produisent lorsque la nutrition devient plus active, ce qui arrive, en particulier, par un abaissement des eaux.

La hauteur de l'eau a donc une grande influence sur la différenciation des feuilles. Si l'on examine, par exemple, divers pieds de Sagittaire situés à des profondeurs de plus en plus grandes, on voit le nombre des feuilles submergées rubanées s'élever de plus en plus. Dans un bassin de l'École normale, de 60 centimètres de profondeur, nous avons observé des touffes de cette plante sur lesquelles il n'y avait que six feuilles en ruban. Dans des eaux plus profondes, on compte jusqu'à quatorze feuilles de cette même forme. Enfin, chez les individus situés très profondément dans l'eau et qui appartiennent à la variété *vallisnerifolia*, il peut s'en produire une vingtaine.

L'atténuation de la lumière doit beaucoup contribuer à empêcher cette différenciation des feuilles en flèche car, dans une culture faite à l'obscurité et à l'air, M. Goebel n'a obtenu que des feuilles rubanées.

Il résulte de tout ce qu'on vient de lire que, sous l'influence de conditions mauvaises de vie, la plante tend à reformer des feuilles rubanées, c'est-à-dire des feuilles semblables à celles de presque toutes les Monocotylédones, groupe auquel appartient la Sagittaire. On peut donc interpréter les faits précédents en disant qu'il y a, dans ce cas, retour aux formes ancestrales.

Ainsi donc, on ne peut pas affirmer que c'est le milieu aquatique qui imprime aux types submergés leur aspect rubané ; il semble plutôt que ce soit la forme primitive de ces plantes (É.). Le milieu aquatique n'en a pas moins une action profonde et actuelle, qui se traduit par l'allongement et l'amincissement des feuilles submergées. Grâce à ces modifications, les cellules du végétal se trouvent en plus grand nombre et sur une plus large surface au contact du milieu.

L'examen de la structure prouve d'ailleurs que les transformations sont profondes : une feuille rubanée submergée n'a ni stomates ni tissu en palissade ; une feuille rubanée aérienne présente des stomates sur ses deux faces et du tissu en palissade sous l'épiderme supérieur.

On peut constater chez les autres Monocotylédones aquatiques vivant dans les mêmes conditions des variations (le même ordre ; c'est ce qu'on voit aisément pour l'*Alisma Plantago* et pour le *Scirpus lacustris*).

Quand l'*Alisma Plantago* végète dans les eaux profondes, il donne naissance à une forme très caractérisée présentant encore de longues feuilles rubanées, qui rappellent celles d'une Graminée (var. *graminifolia*), et diffèrent profondément de la forme type (fig. 136). Il est à remarquer que les individus submergés représentés sur la figure ci-jointe (fig. É37) portent des fleurs. D'ordinaire, pour la Sagittaire, la forme *vallisnerifolia* est toujours stérile ; ce n'est cependant pas une règle absolue, car Kirchléger a observé un de ces individus en fleurs.

On conçoit, d'après cela, que si l'on parvenait à isoler les pieds ainsi fleuris de façon que leur fécondation ne résulte pas de l'intervention du pollen de la plante normale émergée, il est vraisemblable que l'on arriverait, après un certain nombre

(i) C'est l'opinion formulée par M. GOEBEL. Elle sous-entend, ce que nous devons en aucune façon, que les Monocotylédones primitives étaient aériennes.

de générations, à fixer ces variétés. On aurait ainsi des races nouvelles qui pourraient perdre la propriété de donner naissance à des feuilles en flèches pour la Sagittaire, ou à des feuilles à limbe élargi pour l'*Alisma Plantago*.

D'ordinaire, dans les eaux profondes, la plante cesse de se



FIG. 136. — *Alisma Plantago*, forme type émergée.

FIG. 137. — variété *granifolia* (submergée).

reproduire ; il faut donc qu'elle trouve des moyens de se propager. La Sagittaire produit dans la vase, au fond des rivières, des rhizomes qui se renflent à leur extrémité en un petit tubercule donnant, au printemps suivant, un nouveau pied de la plante. Les rhizomes du *Scirpus lacustris* jouent le même rôle et contribuent souvent à établir dans les lacs profonds de véritables prairies qui ne fructifient jamais.

Les plantes **dicotylédonées** sont susceptibles de présenter également de grands changements, suivant qu'on a affaire à des parties aériennes ou submergées. En dehors des plantes

de nos pays, sur lesquelles nous reviendrons plus loin, on peut citer les changements curieux des feuilles de plantes les plus diverses appartenant à la famille des Composées, comme le *Bidens Beckii* (fig. 138) et le *Cotula myriophylloides*; à la famille des Umbellifères, comme l'*Eranthe Phellandrium* (fig. 139 et 140); à la famille des Scrofularinées, comme le *Linophila hypericifolia*.

Les Phanérogames ne sont pas seules susceptibles de se modifier sous l'influence de l'eau; les Algues du littoral peuvent également éprouver l'action du milieu, qui est à la vérité assez particulier, à cause des mouvements de la mer.

Liquides agités. — Les plantes am-



FIG. 133. — *Bidens Beckii*.

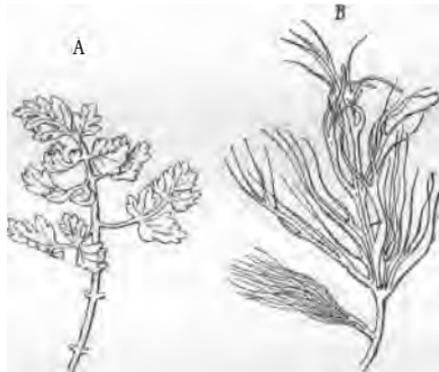


FIG. 139 et 140. — Feuilles d'*Eranthe Phellandrium*. — A, feuille aérienne. — B, feuille aquatique.

phibies marines ont été jusqu'ici très peu étudiées au point de vue des modifications résultant de leur mode de vie; cette question ne serait pas cependant sans présenter un grand intérêt. Le flux et le reflux placent évidemment les végétaux submergés des côtes dans des conditions très spéciales, qui méritent d'être un peu précisées. Ces plantes sont souvent exposées à l'air pendant un temps très prolongé : il arrive que certaines espèces qui ne sont submergées que quelques heures restent hors de l'eau très longtemps. M. Oltmanns a signalé des cas où le *Fucus vesiculosus*, le *Pelvetia canaliculata* ne demeurent sous l'eau que trois heures; pendant neuf

heures ils perdent évidemment leur turgescence, cependant, après cette longue dessiccation, ces plantes ne sont pas mortes, elles peuvent reprendre leur eau normale quand la vague revient de nouveau les submerger. Il y aurait évidemment à chercher comment ces Algues peuvent subir ces alternatives de sécheresse et d'humidité.

Il y a cependant un certain nombre de particularités que l'on peut dès maintenant, considérer avec vraisemblance comme des adaptations. On sait que plusieurs Algues du genre *Cladophora* ont la propriété de former ce que l'on a appelé des pelotes marines; c'est là un fait qui s'observe surtout dans le groupe des *Ægagropila*. On ne s'est guère demandé jusqu'ici d'où venait cette propriété et si elle avait aucun rapport avec le milieu.

L'étude approfondie que vient d'entreprendre M. Ray de l'influence qu'exercent les liquides agités sur l'organisation des plantes inférieures semble démontrer, d'une manière très plausible, que la disposition qu'affectent ces pelotes sous-marines doit tenir à l'agitation de l'eau par suite du flux et du reflux. Les résultats qu'il a obtenus sont d'autant plus saisissants qu'il a opéré sur des plantes qui n'ont jamais présenté de pareilles formations en boules. Il a employé, en effet, pour ses expériences une moisissure le *Sterigmatocystis alba* qui ne se développe jamais sur des liquides agités.

En faisant la culture de ce Champignon en milieu stérilisé dans un ballon auquel il imprimait des secousses régulières soit à l'aide d'un moteur à eau (fig. 141, A), soit à l'aide d'un électro-aimant, M. Ray a vu naître de petites pelotes **fungiques** pouvant avoir suivant les cas des dimensions variables. Quand les secousses sont fréquentes, il apparaît -rapidement de petites sphères atteignant 5 à 6 millimètres. Sur ces pelotes se forment, au bout de quelque temps, de petits **scélérotes** noirs et des fructifications s'y montrent bientôt. Si on compare les appareils sporifères ainsi formés (fig. É43 et 144, C et D) à l'appareil normal développé dans un milieu tranquille (fig. É42, B), on voit des différences très apparentes : le pied est dans certains cas beaucoup plus **cloisonné** (C) ; la membrane présente des épaissements irréguliers (D) qui indiquent l'apparition d'un système mécanique qui est évidemment destiné à consolider la plante contre les

chocs répétés qu'elle est exposée à supporter. Les sclérotoses nous offrent des différences de même ordre au point de vue de l'épaississement des membranes.

Les transformations si remarquables qui viennent d'être décrites, qui sont des adaptations nouvelles inattendues créées par l'expérience sur un être qui n'a probablement jamais jusqu'ici rencontré de pareilles conditions de vie, indiquent de quelle plasticité sont susceptibles ces plantes.

On peut se poser à ce propos

une question : les variations ainsi produites sont-elles susceptibles de devenir héréditaires? M. Ray n'a pas pu résoudre encore cette question. Il est à souhaiter qu'il entreprenne de lui donner une réponse. Il a d'ailleurs prouvé pour la même plante que des métamorphoses analogues qu'il a su produire

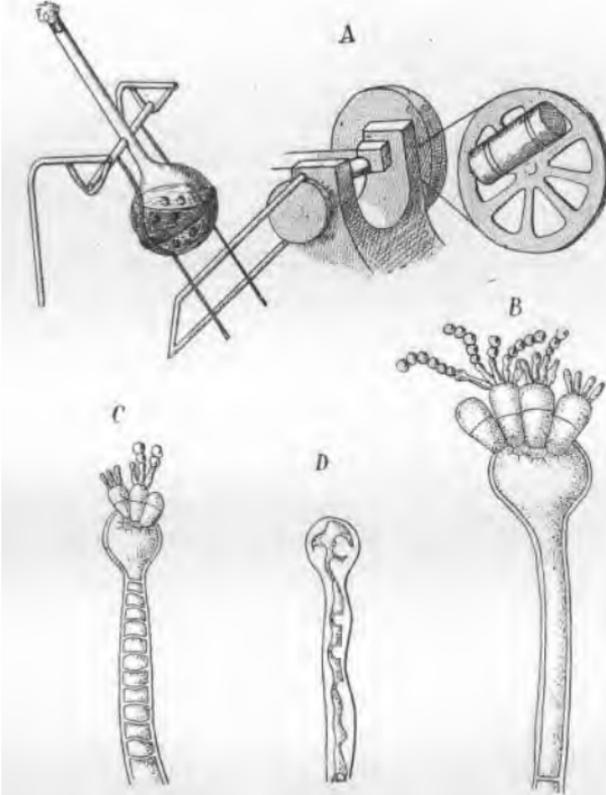


Fig. 141 et 142. — A, machine à eau agitant à imprimer le mouvement à long col des secousses; deux tiges métalliques qui sont liées au ballon sont soulevées par le cadre rectangulaire que fait tourner l'appareil hydraulique; ces tiges sont soulevées lentement par un des bords du cadre, puis elles tombent brusquement sur le second bord, ce qui produit une secousse. Le ballon est fermé par un tampon de coton, il contient le liquide de culture; on y aperçoit les petites sphères fungiques. — B, *Sterigmatocystis* normale, fructification normale. — C et D, fructifications en milieu agité (selon M. Ray).

dans d'autres conditions sont **susceptibles** de se fixer et de créer des ébauches de races tout à fait nouvelles qui étendent aux Champignons les résultats que l'expérience a pu fournir jusqu'ici sur les plantes supérieures.



FIG 141.— Germination de *Macrocyctis* (selon M. Goebel).

Ajoutons d'ailleurs que les expériences de M. Ray expliquent non seulement la forme des pelotes sous-marines, mais qu'elles rendent compte également des différences qui existent entre les membranes des cellules des Algues roulées par les vagues et celles des Algues fixées.

Les parois des cellules d'un *Egagropila* sont extrêmement épaisses en vue vraisemblablement de résister à l'action mécanique des vagues. Il est bien évident que l'action de la mer est beaucoup plus intense que celle que M. Ray a pu réaliser et surtout beaucoup plus prolongée; aussi les sphères du *Cladophora Sauteri* peuvent-elles atteindre la grosseur d'une tête d'homme.

En plaçant clans le flacon de ses cultures un morceau de bois, M. Ray a obtenu un autre résultat intéressant. Il a vu la moisissure se développer sur ce support, ce qu'elle ne pouvait faire sur la paroi glissante du verre. Une fois fixée, elle a commencé à croître exactement comme une Algue qui adhère à la paroi d'un rocher. Ces nouvelles conditions d'existence ont beaucoup modifié l'aspect du Champignon, qui ressemble alors d'une manière frappante à une touffe d'un *Ectocarpus*.

L'expérience précédente explique, en outre, un fait curieux : elle permet de comprendre pourquoi les parois des cellules des Algues fixées restent minces malgré l'agitation des vagues; M. Ray a vu, en effet, que les *Sterigmatocystis* fixés ont des cellules à parois très peu épaisses.

On conçoit par cette expérience combien le rôle mécanique de la mer sur la végétation sous-marine et surtout littorale

doit être considérable. A ce sujet, M. Goebel a fait quelques remarques très intéressantes sur certaines Algues narines, telles que les *Macrocystis* qui doivent être rapportées ici.

Darwin dans son voyage autour du monde dit qu'il ne connaît pas de fait plus surprenant que de voir croître et fructifier les grandes Algues telles que les *Macrocystis* et les *Lessonia* dans les localités où on les observe. Elles se développent parmi les plus grands écueils, en des points où la mer présente une violence si extraordinaire qu'aucune masse de rochers ne lui résiste. La mer en arrivant furieuse au milieu de toute cette végétation s'adoucit brusquement ; les vagues s'arrêtent et s'amortissent sur ces Algues comme sur des coupe-lames.

Quand on examine la germination d'un *Macrocystis*, on voit qu'il est formé d'une lame simple portée par un pédicelle qui est fixé par un crampon ; par suite des chocs des vagues, cette lame se fend bientôt longitudinalement en deux puis en plusieurs (fig. 145), il s'isole ainsi une série de feuilles qui paraissent absolument distinctes à l'état adulte, à la base desquelles on voit bientôt des flotteurs ; ces lames deviennent extrêmement nombreuses puisque la plante peut atteindre 200 mètres de long (fig. 3, p. 24) : cette séparation de feuilles nouvelles se continue toujours de la même manière. La violence de l'Océan a donc contribué à modifier le port primitif de l'Algue, qui est celui d'une Laminiaire, pour le transformer définitivement en celui d'un *Macrocyste*.

On voit donc par ces différents exemples combien l'aspect des plantes amphibies peut être profondément modifié soit par l'action mécanique de la mer, soit par la végétation dans les eaux douces.

---

## CHAPITRE XXII

### LA VIE NAGEANTE

Parmi les plantes qui vivent dans l'eau, quelques-unes ne s'élèvent pas d'ordinaire au-dessus de ce milieu ; leur appareil végétatif n'est en contact avec l'air que par les feuilles qui nagent à la surface du liquide. Les végétaux ainsi définis peuvent se diviser en deux catégories suivant qu'ils sont fixés (par des racines ou des rhizomes) ou bien qu'ils reposent librement à la surface de l'eau, sans attache avec le sol.

Nous allons examiner quelles conséquences peuvent résulter pour la plante de ces deux modes de végétation, le second caractérisant surtout une vie très particulière qui mérite, au plus haut point, d'être appelée nageante.

Plantes fixées au sol. — Les Nymphéacées peuvent être citées comme type des espèces de la première catégorie. Dans un *Nuphar luteum*, il y a deux sortes de feuilles : celles qui apparaissent au printemps sont submergées, elles ondulent sous l'eau rappelant une de ces Algues minces et transparentes que l'on désigne sous le nom d'Ulve ; les feuilles nageantes, qui se développent ensuite sont beaucoup plus fermes, plus épaisses, d'un vert beaucoup plus foncé.

Les premières feuilles ne se montrent que lorsque le niveau des eaux est très élevé ; dans un bassin superficiel, elles ne se produisent pas (fig. 146).

Dans une eau très profonde ou dans un courant rapide (1), les feuilles nageantes peuvent, par contre, complètement

(1) La profondeur de l'eau peut ne pas être très grande dans ce cas.

manquer ; la vitesse du liquide, qui met obstacle à la production des feuilles nageantes, n'empêche pas toujours la formation des fleurs, ainsi que M. Goebel a pu le constater pendant un été très chaud et très ensoleillé. Cette observation permet d'en-  
 trevoir encore la possibilité de la formation de races à feuilles uniquement submergées.

Normalement les Nénuphars ne fleurissent que trois ou quatre années après la germination (1); mais, dans les eaux profondes, les fleurs peuvent n'apparaître qu'au bout d'un temps beaucoup plus long. Quand



FIG. 146. - *Nuphar*.

le rhizome de la plante est à une grande distance de la surface de l'eau, le pétiole des feuilles nageantes et le pédoncule floral doivent atteindre des dimensions extraordinaires pour parvenir à l'air : on en voit qui peuvent avoir jusqu'à 3 mètres de long. Dans des eaux basses, ils auront seulement quelques centimètres.

Les feuilles submergées sont nées pour vivre dans l'eau; si on les porte à l'air, elles se flétrissent avec la plus grande rapidité : il n'y a donc pas d'adaptation pour elles au milieu aérien. Les feuilles nageantes meurent également si elles sont maintenues dans l'eau.

Ces deux sortes de feuilles trahissent d'ailleurs bien par leur structure des adaptations à un mode de vie bien déterminé : les feuilles submergées n'ont pas de stomates, ce qui ne doit pas étonner, puisqu'elles ne peuvent pas transpirer; les feuilles nageantes, qui ne sont au contact de l'air que par leur côté supérieur, n'ont de stomates que sur cette face. Ces structures si particulières, qui indiquent un lien si intime avec le milieu, s'opposent à ce que les feuilles puissent vivre en dehors de leurs conditions normales.

L'adaptation au milieu aérien et éclairé des feuilles étalées à la surface de l'eau se traduit, en outre, par l'existence d'un tissu en palissade à la face supérieure. La consistance ferme de leurs tissus est très remarquable, et elle leur permet de résister à la pluie sans se déchirer. Dans le milieu aérien, les feuilles qui sont frappées violemment par les gouttes d'eau peuvent céder au choc, par suite de la faible résistance de l'air et de sa grande élasticité ; il n'en est pas de même pour les feuilles nageantes qui s'appuient sur un milieu beaucoup plus résistant, et qui ont **besoin** d'une bien plus grande solidité.

Lorsque l'automne arrive, quelques feuilles submergées se forment de nouveau, ce qui correspond à un ralentissement de la nutrition. Dans cette période de régression qui se manifeste ainsi dans le développement de la plante, on peut trouver sur plusieurs feuilles submergées des stades de transition entre les deux structures définies plus haut : quelques stomates peuvent exister sur les limbes destinés à rester toujours sous l'eau (1). L'apparition de cette organisation intermédiaire se conçoit et s'observe assez généralement. Quand une plante aquatique a produit un nombre suffisant de feuilles submergées, elle devient assez vigoureuse pour produire des feuilles destinées à s'étaler à la surface du liquide ; ces **dernières** se différencient très rapidement dans les bourgeons, et elles ont déjà leurs stomates quand, par une croissance rapide,

(É) D'après M. ARCANGELI.

elles traversent toute la couche d'eau. L'apparition de ces stomates résulte donc d'une action héréditaire. Quand l'automne arrive, quelques-unes de ces feuilles destinées primitivement à devenir nageantes ne peuvent atteindre la surface du liquide, ce sont celles que nous signalions tout à l'heure ; mais bientôt des feuilles submergées normales et sans stomates se produisent.

L'action de l'hérédité est donc très grande sur ces Nymphéacées ; elle se manifeste d'ailleurs par le maintien de la structure décrite plus haut pour les feuilles nageantes, même quand ces organes sortent de l'eau et croissent complètement dans l'air, car on n'est pas arrivé jusqu'ici à faire naître des stomates à la face inférieure de ces feuilles (1).

Ce résultat peut être d'ailleurs, semble-t-il, expliqué. Quand les feuilles se différencient dans le bourgeon, elles sont enroulées en cornet (fig. É46), la face supérieure est donc bien protégée contre l'action du milieu ; l'épiderme inférieur qui va d'ailleurs être bientôt au contact de l'eau produit des poils mucilagineux qui, en couvrant ainsi la feuille, la protègent contre l'accès du liquide. Cette face de la feuille, ayant déjà un rôle bien défini, ne peut en remplir d'autre quand le limbe vient par hasard à sortir de l'eau : toute son activité ayant été consacrée à former les poils précédents ne peut plus contribuer à produire des stomates.

La production de matières mucilagineuses soit autour des bourgeons, soit autour des jeunes pousses, est d'ailleurs un fait assez général chez les plantes aquatiques. M. Gœbel, qui a le premier signalé l'existence générale de ces substances gélatineuses chez ces végétaux (*Victoria regia*, *Brassia peltata*, *Limnanthemum*, etc.) (2), a montré par plusieurs expériences le déplacement lent de l'eau à travers ces enveloppes. Leur rôle protecteur résulte également d'une observation faite par Paul Bert, se rapportant, il est vrai, non à des végétaux, mais à des animaux aquatiques. Il remarqua, en voulant transporter des Anguilles de l'eau douce dans l'eau salée, qu'elles ne mouraient pas quand il opérait lui-même,

(1) M. BRAND a constaté une diminution d'épaisseur des feuilles aériennes aux dépens du tissu en palissade.

(2) M. SCHILLING a confirmé l'existence presque générale de ces mucilages chez les plantes aquatiques.

parce qu'il les prenait avec un filet ; chaque fois que son aide les saisissait avec un linge, la matière gélatineuse qui entourait leur surface étant enlevée, les animaux ne tardaient pas à périr.

Bien que l'action immédiate du milieu ne se manifeste pas pour les Nymphéacées, il ne faudrait pas en conclure qu'elle



FIG. 147. — *Cabomba*. Les feuilles nageantes supérieures sont arrondies; les feuilles submergées, découpées.

n'existe pas, au moins pour un grand nombre de plantes d'eau. Rien n'est plus frappant que les transformations de l'*Hippuris* dont les pousses submergées dépourvues de stomates s'en couvrent dès qu'elles sont hors de l'eau. Dans le cas du *Stratiotes aloides*, une feuille qui sort du milieu peut n'offrir de stomates que sur sa pointe aérienne (1).

Ces exemples nous montrent donc bien nettement l'influence directe du liquide.

Cette action se révèle également d'une manière incontestable par la comparaison des feuilles aquatiques submergées et des feuilles nageantes des plantes les plus diverses appartenant aux familles les plus éloignées. Les feuilles nageantes ont toujours une consistance ferme, un limbe élargi, un contour

arrondi ou peu découpé : on peut s'en rendre compte en examinant celles d'un *Cabomba* (fig. 147) (Nymphéacée), d'un *Ranunculus aquatilis* (Renonculacée). Les feuilles submergées de ces plantes sont étroites (fig. 147), découpées, minces, souvent transparentes, de manière à permettre aux cellules de s'aérer facilement, par suite du renouvellement de l'eau.

(1) Ces deux végétaux n'ont d'ailleurs pas de feuilles nageantes.

L'organisation des feuilles aquatiques submergées des Composées (*Bidens*, *Beckii*, p. 245, *Cotula myriophylloides*) qui vivent dans les eaux douces, que nous avons déjà eu l'occasion d'indiquer, est d'ailleurs tout à fait semblable.

Il ne semble pas qu'il faille, au moins pour certaines Dicotylédones, regarder les feuilles submergées comme des feuilles ancestrales, ainsi que nous l'avons fait pour les Monocotylédones. [Comme dans le cas de la Sagittaire, les feuilles submergées du *Potamogeton mitans* sont allongées, rubanées ; elles se rapprochent donc des feuilles primordiales de presque toutes les plantes terrestres voisines (Graminées, Cypéacées, etc.)]. Si l'on examine les premières feuilles d'un *Cabomba*, on voit qu'elles sont très différentes des feuilles découpées nées sous l'action du milieu aquatique (I).

L'étude des premiers stades du développement des plantes aquatiques offre donc souvent un grand intérêt ; elle nous permet notamment d'entrevoir combien est profonde l'action du milieu, car elle se manifeste même sur l'embryon. Elle se traduit en particulier dans la famille des Nymphéacées, par la réduction progressive de la racine principale.

Il y a une racine principale (radicule) dans les *Nuphar*, les *Nymphaea* et les *Victoria*, mais son développement reste faible, et le rôle fixateur est dévolu à une couronne de poils ; bientôt d'ailleurs, au-dessus de l'axe épicotylé, se produit un renflement d'où partent des racines secondaires qui rendent la première racine inutile ; aussi meurt-elle bientôt. Dans l'*Euryale ferox*, le dépérissement de la racine principale est très notable, elle atteint à peine 2 centimètres ; son rôle fixateur est devenu presque superflu par suite du poids de la graine qui ancre le végétal dans le sol. La dégénérescence de la radicule est encore plus grande pour le *Nelumbium*, dont la graine est grosse et pesante : cet organe s'atrophie et ne sort pas de la graine, il ne s'y forme même pas de coiffe (2).

Les Nymphéacées ne sont pas seules à offrir une germination spéciale. La structure des graines de *Trapa natans* est également assez singulière ; un des deux cotylédons est presque avorté, l'autre reste dans la graine, et son pétiole est

(1) M. GOEBEL a mis ce fait intéressant en évidence.

(2) GOEBEL.

négativement **géotropique** (fig. 118). La radicule présente également une croissance vers le haut, et elle surmonte un axe **hypocotylé** court. Là encore, la vie aquatique paraît avoir modifié d'une manière notable l'embryon.

S'agit-il dans ces divers cas d'une action directe? C'est ce qu'on ne saurait dire en l'absence d'étude expérimentale; ce qui plaide d'une manière assez frappante en faveur de l'action

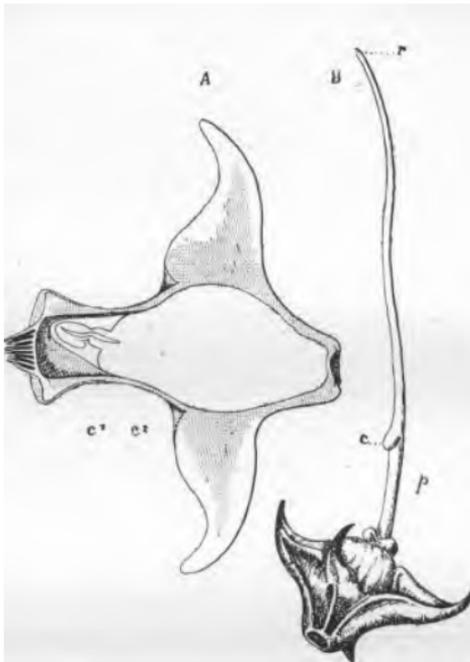


FIG. 148. — A, Graine de *Trapa*. — B, germination selon M. Goebel; c, cotylédon atrophié; p, pétiole du cotylédon qui est resté dans la graine.

de la vie aquatique, c'est l'existence presque générale d'embryons **atrophés** ou de **germinations anormales** chez les plantes qui vivent dans l'eau. Cette réduction se manifeste surtout dans les plantes **nageantes libres**. Le *Trianea bogolensis* n'a plus qu'une radicule rudimentaire, elle manque **complètement** dans les **Lentilles d'eau** (*Lemna*). Examinons donc d'un peu plus près les caractères des espèces qui comme ces dernières

vivent librement sur l'eau ; la disparition de la radicule, que nous venons de signaler, nous fait déjà entrevoir des modifications de l'organisation plus profondes encore que celles qui viennent d'être décrites chez les plantes attachées au sol.

Plantes nageantes libres. — Imaginons qu'une plante normalement fixée par ses racines au fond de l'eau soit accidentellement arrachée de terre ; elle va flotter librement à la surface du liquide grâce à ses feuilles nageantes; la partie submergée primitive, qui était destinée à maintenir une relation entre le sol et les feuilles nageantes, n'a plus de rôle à jouer;

si donc la vie nageante devient normale, d'accidentelle qu'elle était au début, cette région submergée tendra à disparaître.

On peut d'ailleurs expliquer autrement l'origine des espèces régulièrement nageantes en admettant qu'une plante du bord de l'eau, n'ayant pas de feuilles submergées et ne possédant que des feuilles nageantes, se soit détachée de la terre pour vivre librement sur l'eau (É).

Ces végétaux, devenus ainsi indépendants du sol depuis un grand nombre de générations, pourront cependant quelquefois s'enraciner dans la vase des étangs ou des rivières quand leur niveau par hasard s'abaissera.

On doit donc s'attendre à trouver des intermédiaires entre les êtres libres et les êtres fixés. Des plantes normalement

libres, comme les *Pontederia*, les *Pistia* (fig. É49), les *Hydrocharis*, enfoncent quelquefois leur racine dans le sol et s'attachent à lui. Quand les eaux sont basses, le *Pontederia crassipes* germe, fixe ses racines en terre et étale ses feuilles à la



FIG. 149.— *Pistia Stratiotes*.

surface de l'eau ; les eaux deviennent-elles plus profondes, un nœud inférieur de la tige donne une couronne de racines adventives, la partie basilaire de la germination meurt, et la plante nage bientôt en liberté.

D'autre part, au contraire, des plantes normalement fixées peuvent devenir nageantes ; c'est ce que M. Gœbel a observé pour le *Ceratopteris thalictroides*, Fougère annuelle qui se développe d'ordinaire dans les régions marécageuses, attachée par sa base. Dans la Guyanne anglaise, le botaniste allemand l'a trouvée flottante, elle a alors un port un peu spécial qui l'éloigne de la forme fixée; les feuilles nageantes sont plus larges, plus étalées à la surface de l'eau, la plante a une queue puissante de racines.

(1) On connaît des espèces fixées qui n'ont que des feuilles nageantes, par exemple le *Ranunculus hederaceus*.

Ce développement exagéré des racines a probablement pour cause une sorte d'autorégulation de la plante. On a des exemples nombreux (l'un pareil phénomène ; il se produit, par exemple, si l'on maintient un *Hydrocharis* fixé au fond d'un vase profond de verre que l'on remplit d'eau : la plante allonge rapidement son pétiole pour amener son limbe vers le niveau du liquide (É). Le milieu aquatique favorise d'ailleurs souvent l'allongement des racines et leur fait prendre des aspects singuliers quand il s'agit d'arbres qui se développent au bord de l'eau (Peupliers, Saules, Ormes, etc.) : ces organes forment ce que l'on appelle des *queues de renards*, atteignant quelquefois des dimensions extraordinaires et présentant extérieurement des déformations souvent très singulières.

L'accroissement exagéré des racines que nous venons de décrire se produit pour les plantes dont les racines ont encore un rôle nourricier. Mais il peut arriver que cette fonction n'existe plus, ces organes tendent alors à se réduire de plus en plus. Il en est ainsi pour les Lentilles d'eau (*Lerna polyrhiza*) ; si l'étang qu'elles couvrent vient à se dessécher, elles végètent quelque temps, mais ne tardent pas à mourir : la racine ne peut pas se fixer dans la vase. La plante est devenue une espèce normalement nageante qui ne peut plus vivre autrement.

Toute l'activité vitale de la plante nageante, par le principe du balancement organique, tend à développer l'appareil végétatif aux dépens de la racine, qui paraît s'atrophier. Cet organe rudimentaire a cependant encore un rôle, qui est de contribuer à l'équilibre du végétal flottant sur l'eau. Les racines qui plongent dans le liquide servent à empêcher son renversement qui peut être très nuisible, si par hasard il se produit.

Ce rôle de balancier est rempli également, selon M. Schenck et M. Goebel, par les feuilles divisées du *Salvinia* (fig. 150). La forme des premières feuilles de cette plante, qui rappelle celle d'un bouclier, leur permet de bien se maintenir sur l'eau en l'absence des feuilles submergées qui ne sont pas encore formées. Dans la plante précédente, à l'état adulte,

(1) M. FRANK.

les feuilles aquatiques servent de contrepoids, elles remplacent donc les racines des Lentilles d'eau ; on ne doit donc pas s'étonner de l'absence complète d'organes radicaux chez ces végétaux.

Dans le *Wolfia*, petite Lentille d'eau du Brésil, ce même organe est également absent, et sa disparition tient probablement aux faibles dimensions du thalle arrondi qui n'a plus à craindre le renversement.

On voit donc quel est le résultat ultime de l'adaptation à la vie nageante : non seulement la racine (racine de l'embryon) disparaît, mais les racines peuvent elles-mêmes manquer complètement sur l'adulte. On ne peut pas voir dans une espèce phanérogame de simplification de l'appareil végétatif plus grande que celle qui existe dans cette dernière plante, car elle n'a plus ni racine, ni tige, ni feuille ; le corps du végétal se réduit à une petite masse ovoïde d'un demi-millimètre.

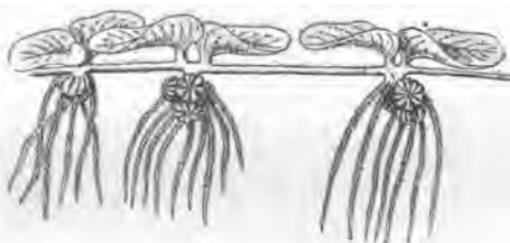


FIG. 150. — *Salvinia natans*.

Il est bien certain que la vie nageante favorise beaucoup le développement d'un pareil être microscopique. La plante qui flotte sur l'eau jouit, en effet, vis-à-vis des plantes submergées, de l'immense supériorité de se développer **complètement** au contact de l'air, de bénéficier, pour ainsi dire, à la fois de tous les avantages de la vie aérienne et de la vie aquatique. Comme les espèces aériennes, elle peut fixer directement l'acide carbonique de l'air et profiter d'une manière complète de la lumière ; comme les plantes aquatiques, elle n'est pas exposée à la privation d'eau. Aussi ces **Lemnacées**, comme toutes ces plantes nageantes libres, s'accroissent-elles avec une rapidité merveilleuse, couvrant un étang, une rivière, un fleuve même avec une rapidité prodigieuse. On a cité le développement extraordinaire du *Pontederia azurea*, qui forme sur le **Paraná** (fleuve de l'Amérique du Sud) de véritables îles sur lesquelles s'aventurent quelquefois de gros animaux (1).

(i) D'après M. GOEBEL. •

Ce sont évidemment ces particularités qui permettent de comprendre qu'une plante aussi petite qu'un *Wolffia Brasiliensis*, qui a un demi-millimètre à peine, puisse prendre un aussi grand développement, avec une structure aussi rudimentaire. Un pareil accroissement ne serait évidemment pas possible à la surface du sol, dans la vie terrestre : tous les êtres petits et faibles qui y envahissent les terrains neufs sont rapidement détruits par les plantes plus vigoureuses et mieux armées. Des Algues se développent bien sur l'écorce des arbres, mais c'est que d'autres plantes n'y peuvent pas germer, au moins dans nos contrées tempérées, et, comme il n'en est plus de même dans les régions chaudes, la vie épiphyte des Phanérogames s'y épanouit magnifiquement.

La vie nageante présente cependant un danger, au moins dans les pays froids. Lorsque les gelées surviennent, les organes végétatifs se trouvent détruits à la surface de l'eau; la diffusion des graines n'obvie pas à ce danger, car la germination des plantes aquatiques est en général difficile. Pour se maintenir, ces végétaux doivent avoir d'autres moyens de propagation ; ils présentent un mode de multiplication assez spécial qui consiste à produire des bourgeons appelés *hibernacles* qui ont la propriété de se détacher de la plante mère à l'automne et de tomber au fond de l'eau ; la température dans ces régions profondes étant moins basse pendant les mois d'hiver qu'à la surface, ces *hibernacles* y végètent lentement. A l'arrivée du printemps, ils remontent au niveau supérieur, s'y épanouissent rapidement pour couvrir le niveau de l'eau (l'une végétation nouvelle (*Hydrocharis*).

Grâce à ces adaptations multiples, les plantes nageantes présentent une supériorité accusée sur les autres espèces qui vivent dans les eaux douces ; leur puissance de propagation est si forte que, dans la lutte pour la vie, elles étouffent non seulement les végétaux submergés qui se trouvent au-dessous d'elles, mais elles rendent même la vie animale impossible dans les étangs dont elles couvrent la surface.

---

## CHAPITRE XXIII

### LA VIE SUBMERGÉE

Ici encore, et pour les mêmes causes que précédemment, nous trouvons deux types de plantes :

- i° Celles qui sont fixées ;
- 2° Celles qui flottent librement sous l'eau.

Toutes ces plantes sont d'ailleurs soumises à des conditions spéciales de vie qui ont un retentissement profond sur leur forme et leur structure.

Physiologie et structure. — L'eau étant absorbée par toute la surface de la plante, les appareils si différenciés qui servent aux plantes supérieures à conduire l'eau de la racine aux feuilles n'ont plus de raison d'être. L'absence de feuilles nageantes, qui existaient dans les espèces aquatiques étudiées au cours du précédent chapitre, entraîne la suppression de la transpiration. La plante n'a donc plus besoin du système conducteur de la sève ascendante : aussi voit-on le tissu vasculaire se réduire de plus en plus à mesure que la vie submergée se perfectionne ; il finit, on peut même dire, par disparaître complètement.

Il ne doit pas en être de même de l'appareil qui conduit la sève élaborée aux divers organes par les feuilles ; les produits de l'assimilation doivent être toujours distribués à toute la plante ; aussi le tissu libérien reste-t-il complet quand le tissu ligneux se réduit (É).

Enfin, le système de soutien, le squelette des plantes n'a plus besoin d'être aussi développé que dans les tiges aériennes

car le milieu dense porte, pour ainsi dire, les végétaux qui croissent dans l'eau. D'autres raisons plaident d'ailleurs en faveur de la réduction du tissu fibreux : on sait, en effet, qu'il se développe peu en l'absence de la lumière (É) et que la réduction de la transpiration contribue également à son **atrophie** (2).

En réalité, quand on examine la structure de presque toutes les plantes aquatiques submergées, on voit que le système fibreux y est presque toujours complètement absent.

Il est cependant deux groupes qui semblent faire exception à cette règle, ce sont les *Polamogeton*, parmi les plantes d'eaux douces, et les *Zostera*, parmi les Phanérogames marines. M. Sauvageau, qui a fait une étude approfondie de ces végétaux, a insisté sur ce fait (3). A quelle cause faut-il attribuer cette anomalie? Faut-il y voir une exception à l'action du milieu? En l'absence d'expériences faites sur ces plantes, on peut rappeler à ce sujet une observation ancienne de M. Schwendenner qui nous paraît intéressante. Selon lui, les *Polamogeton* ont, dans les eaux tranquilles, un système mécanique faible; cet appareil est au contraire très développé dans les eaux rapides. Les nouvelles expériences de M. Hegler et de M. Ray (4) ne laissent aucun doute sur le lien existant entre le système de soutien et les agents extérieurs et sur l'influence des actions mécaniques sur son développement. Si une race a longtemps végété dans les eaux courantes ou agitées, elle a dû y acquérir un système de soutien puissant; elle peut, dans une certaine mesure, le conserver par hérédité dans un milieu plus tranquille; ce résultat ne doit pas nous étonner, étant donné tout ce que nous savons sur les caractères acquis.

Races de plantes submergées. — Certains faits montrent d'ailleurs qu'on peut observer, parmi les plantes submergées, des races plus ou moins adaptées à la vie aquatique.

L'exemple le plus net à citer à cet égard se rapporte à l'*Isoetes lacustris*. M. Gæbel, qui a cultivé pendant deux années au contact de l'air cette espèce qui vit normalement sub-

(1) RAUWENHOFF, COSTANTIN.

(2) M. KOHL.

(3) Les recherches de DE BARY et surtout de M. SCHENCK avaient d'ailleurs mis ce point depuis longtemps en évidence.

(4) Pp. 238 et 247.

mergée, a constaté que les stomates n'apparaissent pas sur les feuilles devenues ainsi aériennes. On pourrait être tenté de conclure de cette expérience que la plante précédente ne s'adapte pas à la vie hors de l'eau.

En réalité, il ne faut tirer cette conclusion que pour les individus étudiés par M. Goebel. Une observation ancienne d'Alexandre Braun (1847) établit, en effet, que certaines formes terrestres de *Isoetes lacustris* peuvent présenter des stomates. Il s'agit vraisemblablement, dans ce dernier cas, d'une race moins profondément adaptée à la vie aquatique.

M. Goebel admet d'ailleurs une hypothèse semblable pour expliquer une adaptation progressive en sens inverse. On sait que pour les formes aquatiques du *Littorella lacustris* les stomates sont rares ; on ne les observe que sur des individus se développant dans des eaux superficielles ; dès qu'on s'adresse à des individus profondément submergés, les stomates disparaissent complètement (1). Ces individus de deux types, que l'on rencontre dans cette espèce et dans beaucoup d'autres, correspondraient à des races distinctes.

Il ne faut pas oublier que les graines de presque toutes les plantes aquatiques se différencient sur des fleurs qui sont presque toujours aériennes et que sur les cotylédons et sur les feuilles de la gemmule ébauchées de bonne heure, dans un moment où la graine est encore à l'air, les stomates sont déjà différenciés.

On vérifie d'ailleurs sur les germinations qui se développent dans l'eau ou dans l'air qu'il en est bien ainsi. Dans le cas de *Alisma Plantago* dont on sème les graines simultanément dans l'air et dans l'eau, on remarque qu'il y a des stomates sur les premières feuilles dans les deux cas. Mais l'action du milieu ne s'en fait pas moins sentir sur les premiers débuts de la plante : les premières feuilles de la germination aquatique ont peu de stomates à la face supérieure et pas du tout à la face inférieure ; les premières feuilles de la germination aérienne ont d'abord peu de stomates. sur la face inférieure, puis il s'en montre un grand nombre.

L'action immédiate du milieu, qui est nettement mise en évidence par l'expérience précédente, ne suffirait pas, le plus

(1) M. MER et M. KUTSOMITPOULOS.

souvent, pour expliquer la formation de types complètement dépourvus de stomates : il faut faire intervenir l'action prolongée de l'eau pendant une longue suite de générations.

L'étude de la production de races sous l'influence du milieu aquatique a d'ailleurs été très peu étudiée jusqu'ici, aussi doit-on relever avec soin tout ce que l'on sait sur ce sujet.

*L'Aspidium macrophyllum* présente une forme terrestre et une forme aquatique ; cette dernière a été observée dans le fleuve **Pomeroon** (Guyane) sur les branches qui pendent dans l'eau. A la base de chaque foliole, il se développe, dans ce dernier cas, de jeunes bourgeons qui tombent au fond de l'eau et se fixent sur des supports. Dans les formes terrestres, ce bourgeonnement ne se produit pas. D'après **Jewmann**, si on cultive la forme aquatique dans un lieu sec, elle a une tendance à produire des bourgeons. Il y a donc un commencement de fixation d'un caractère acquis, ébauche d'une race nouvelle.

La formation d'une race exige d'ailleurs peut-être un temps très long pour certaines espèces, car pour le *Polygonum amphibium* on a constaté qu'une forme qui vivait depuis très longtemps dans un endroit desséché s'est adapté du premier coup, et d'une manière parfaite, à la vie aquatique (par formation de feuilles nageantes avec stomates seulement à la face inférieure).

En somme, il y a lieu de penser que le milieu aquatique, comme les autres agents cosmiques, modifie les êtres et produit plus ou moins rapidement des races ayant la propriété de reprendre, avec une vitesse variable, leurs caractères primitifs quand on les replace dans le milieu originel.

L'étude des *Polamogelon* nous a permis, en outre, d'entrevoir que dans le milieu aquatique lui-même il pouvait se produire des races distinctes (formes des eaux tranquilles, formes des eaux courantes). Il y a lieu, croyons-nous, d'insister sur ce point.

On a l'habitude de considérer le milieu aquatique comme un milieu absolument uniforme, dans lequel on ne devrait pas observer de variation, pour lequel une même plante devrait toujours offrir la même structure. Cette idée nous paraît très étroite et bien peu en rapport avec la réalité. Une même espèce qui vit dans les eaux chaudes ou froides, tranquilles ou courantes, qui se développe libre ou fixée, ne doit pas **présen-**

ter partout la même organisation. Bien que ces questions n'aient été jusqu'ici que très peu étudiées il n'y a pas de doute qu'elles donneront à celui qui les abordera des résultats très positifs. L'examen des végétaux qui vivent dans les cascades tropicales nous fournit d'ailleurs un argument assez sérieux à cet égard.

Plantes des cascades tropicales. — Les eaux en **mouvements**, en particulier celles des cascades, doivent imprimer aux plantes un facies très spécial.

Les **Podostémacées** nous offrent un remarquable exemple d'une adaptation à des conditions très particulières de vie. Tandis que tous les autres végétaux aquatiques ont une aire très étendue, ceux-ci ne s'observent, au contraire, que dans les régions tropicales sur des aires très limitées, fixées aux rochers que l'on rencontre dans les grands fleuves de l'Amérique du Sud, de l'Inde et de l'Afrique.

Ces plantes ont évidemment besoin d'une eau très aérée, car M. Goebel a pu les voir se flétrir avec la plus grande rapidité dès qu'on les sort de leur station naturelle, même en les maintenant dans l'eau.

Dans quelles limites le milieu spécial où elles croissent les modifie-t-il ? C'est ce que l'on ne peut dire avec certitude, ces plantes n'ayant été observées jusqu'ici que par un petit nombre de botanistes (**Weddel**, M. **Warming** et M. **Goebel**) qui n'ont pas eu le loisir de faire aucune expérience sur elles.

Le peu que l'on sait de leur histoire •ne permet cependant pas de douter qu'il n'y ait eu pour ces plantes des métamorphoses extraordinaires, car leur aspect déroute absolument l'observateur.

Des savants du plus grand mérite, comme **Tulasne**, qui n'ont pu les examiner qu'à l'état sec, ont été souvent exposés aux plus grandes confusions quand ils ont voulu les décrire: donnant le nom de rhizome à ce qui était une racine, se méprenant également sur la nature des feuilles. Ces méprises s'expliquent d'ailleurs très bien, car tout paraît modifié dans l'organisation de ces plantes supérieures qui affectent des formes d'Algues, de Lichens ou d'Hépatiques.

L'organe qui paraît s'être surtout métamorphosé est la racine, et cela se comprend aisément. Dans les plantes terrestres, cette racine est destinée à pénétrer dans un sol plus ou moins

meuble et à y puiser la nourriture. Les **Podostémacées** croissent sur des rochers dans lesquels la racine ne peut pas s'enfoncer, elle doit donc se modifier en vue de la fixation : on la

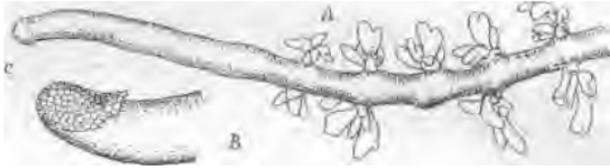


FIG. 151 et 152. — Podostémacée (*Mniopsis*, d'après M. Warming). — A, racine pourvue de bourgeons et ayant l'aspect d'un rhizome. — B, extrémité de cette racine pourvue d'une coiffe.

voit grandir à la surface de la pierre et se transformer en une sorte de faux rhizome qu'une cuirasse de silice consolide ; l'existence d'une coiffe à l'extrémité de cette fausse tige cou-

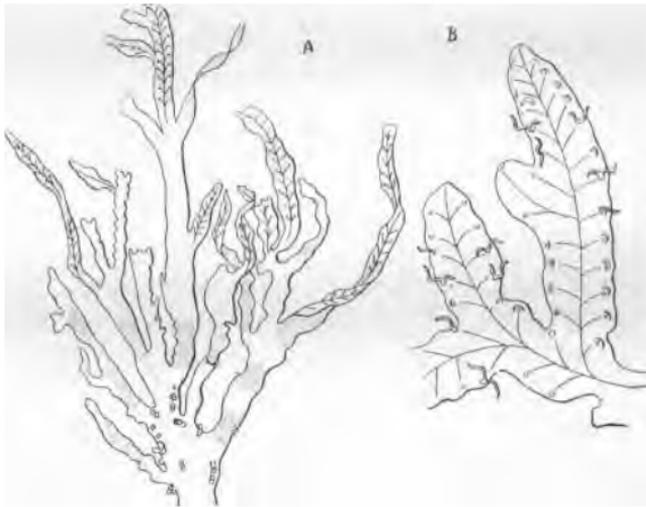


FIG. 153 et 154. — *Dicræa algæformis*, d'après M. Warming (Podostémacée). — A, laines aplaties et ramifiées qui sont des racines. — B, ces racines plates plus fortement grossies.

verte de bourgeons et de feuilles ne laisse pas de doutes sur sa nature radicale (fig. 151 et 152). Cet organe s'attache au roc soit à l'aide de poils fixateurs, soit au moyen d'organes spéciaux, que M. Warming désigne sous le nom d'**haptères**, et qui n'ont pas d'analogue dans les racines des autres Phanérogames.

Voilà donc une première adaptation, elle est très commune et elle paraît la plus naturelle. On peut imaginer qu'à côté de ces racines qui ont rampé sur le rocher, il a pu s'en produire d'autres qui ont flotté dans l'eau. Celles-ci, par suite de l'action mécanique du liquide, se sont beaucoup allongées, comme on peut le voir dans le cas du *Dicræa elongata*, ou aplaties en forme de lames vertes, comme dans la *Dicræa algæformis* (fig. 153 et É54). Cette transformation de la racine en un organe plat, mince, vert comme une feuille est certainement une des plus étranges modifications.

On a donc ici dans ces plantes des racines fixatrices et des racines feuilles ou nourricières comme dans les plantes épiphytes aériennes ; la vie sur un rocher n'est d'ailleurs pas sans quelque analogie avec la vie épiphyte, et les changements profonds que nous venons de signaler ont quelques rapports avec ceux qui se produisent pour les espèces qui vivent sur la couronne des arbres dans les forêts tropicales.

Quand un organe, comme la racine que nous venons de décrire, prend un développement excessif et une différenciation aussi accusée, par la loi de compensation qui s'observe partout dans la nature, les autres organes, tiges et feuilles, doivent rester rudimentaires. C'est ce qui s'observe notamment pour les feuilles de beaucoup de *Podostémacées*, qui sont réduites à de très faibles filaments.

La variation ne se produit pas toujours dans cette direction, et, quand les racines restent peu différenciées, ce sont les deux autres organes qui s'accroissent et qui peuvent ne pas se distinguer l'un de l'autre formant des lames qui ressemblent à des thalles d'Algues (fig. 155) ou d'Hépatiques ; à la surface de ces lames on aperçoit souvent des touffes de filaments verts qui s'agitent constamment par les mouvements de l'eau, de sorte qu'on les a comparés à des branchies de Poissons, bien qu'en réalité il s'agisse ici d'appareils chargés aussi bien de l'assimilation du carbone que de la respiration.

N'est-il pas frappant de constater que des plantes très supérieures appartenant aux Dicotylédones, qui se placent par leurs affinités au voisinage des *Caryophyllées* ou des *Saxifragacées*, se dégradent au point de ressembler aux représentants les plus inférieurs du règne végétal. On ne peut guère imaginer de régression plus intense. Nous sommes actuel-

lement incapables de dire comment elle a pu s'opérer ; mais la plasticité merveilleuse que nous avons pu signaler partout dans le règne végétal nous amène à penser que les métamorphoses précédentes ont pu être réelles autrefois malgré leur extrême amplitude.

Dans les espèces que nous venons d'étudier, la plante reste

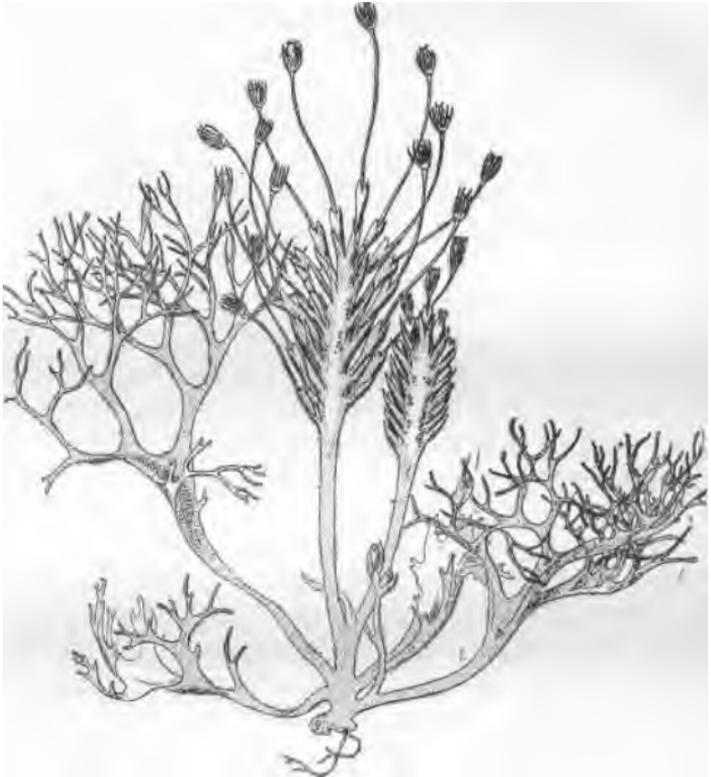


FIG. 155. - *Mourera Weddelliana* (Podostémacée).

reliée à la terre ou même souvent intimement fixée au rocher. Que résultera-t-il pour l'être d'une séparation du support auquel il est d'ordinaire attaché ?

Plantes flottantes. — Dans nos contrées, les plantes chez lesquelles l'adaptation interne paraît se manifester avec la plus grande intensité sont celles qui, bien que submergées, cessent d'être fixées au sol et deviennent flottantes sans jamais s'élever tout à fait à la surface de l'eau, de manière à ne jamais former de feuilles nageantes.

Nous pouvons faire ici les mêmes remarques que dans le chapitre précédent. La plante étant détachée de terre, la racine, qui ne servait plus guère qu'à la fixation, n'ayant plus de rôle, a dû tendre à disparaître. C'est encore une nouvelle application de l'idée profonde de Lamarck qu'un organe qui perd son rôle tend à s'atrophier. L'absence de racine chez les plantes flottantes de nos pays, comme les *Ceratophyllum*, les Aldrovandies, les Utriculaires (fig. 156 à É58), s'accorde donc avec tout ce que nous pouvions prévoir. On voit, par ces exemples, comment la théorie de l'évolution relie intimement entre eux une multitude de faits qui, sans elle, restent des anomalies incompréhensibles de la nature.

La même théorie permet d'entrevoir également l'origine des particularités qui caractérisent la germination d'un *Ceratophyllum* ou d'une Utriculaire : l'atrophie de la radicule dans le premier, son absence dans la seconde.

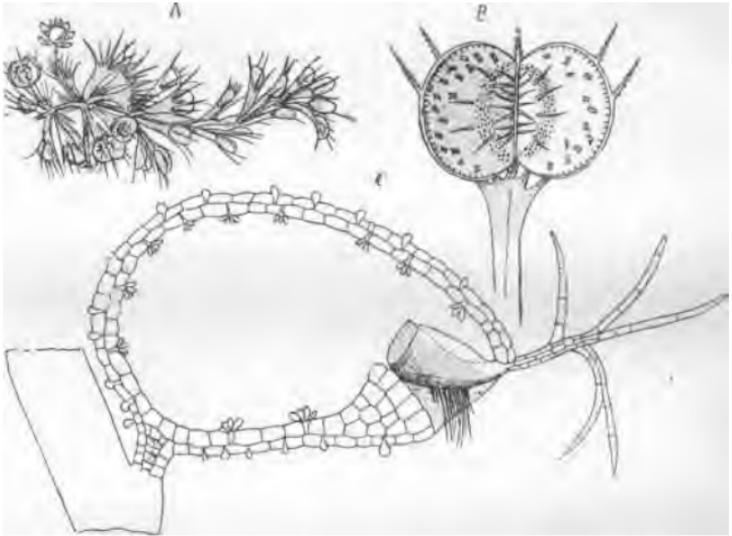
Ce qui caractérise les plantes flottantes, c'est, semble-t-il, la difficulté de la nutrition ; vis-à-vis des plantes nageantes, elles restent toujours inférieures parce que la lumière qui leur parvient est toujours atténuée par suite de son passage dans l'eau ; aussi jamais on ne les voit prendre un accroissement exubérant comme les espèces qui croissent à la surface de ce liquide. Peut-être faut-il attribuer à ces conditions défavorables d'existence l'apparition et le perfectionnement d'un caractère permettant à la plante de se procurer une nourriture supplémentaire.

Il est à remarquer, en effet, que c'est parmi les représentants des plantes flottantes que l'on trouve les deux seules espèces aquatiques connues de *plantes carnivores*. Certes la physiologie des espèces que l'on désigne sous ce nom est loin d'être connue ; on ignore dans quelle mesure les animaux qu'elles emprisonnent leur sont utiles ; on a affirmé que bien souvent elles ne sécrètent pas de diastase et que ce sont des Bactéries qui amènent la décomposition des animaux qu'elles capturent (1). Il n'en est pas moins vrai que les urnes des Utriculaires renferment d'une manière normale des petits Crustacés, des *Cypris*, des Daphnies, etc., qui une fois qu'ils ont pénétré dans la cavité de la petite outre, ne peuvent plus en

(É) M. DE WEVRE a cependant extrait de la pepsine du *Drosophyllum*.

sortir parce que la porte qui clod l'urne s'ouvre sans difficulté, mais se **referme** automatiquement (fig. É58, C). Les petits animaux, une fois capturés, se meuvent quelquefois deux ou trois jours dans l'utricule, puis meurent et bientôt se trouvent décomposés et résorbés, la cavité étant tapissée de poils fins que l'on peut considérer comme absorbants.

Dans les **Aldrovandies** (fig. 156 et 157, A et B), c'est un autre mécanisme qui permet la capture des animaux aquatiques :



Fin. 156 à 158. — A, pousse d'*Aldrovandia*. — B, feuille d'*Aldrovandia*. — C, outre d'*Utricularia*; elle présente une sorte de porte qui ne s'ouvre qu'en dedans et qui se referme d'elle-même; les animaux qui ont pénétré dans l'urne ne peuvent plus en sortir.

chaque moitié du limbe présente des poils irritables qui, lorsqu'ils sont touchés, provoquent le rapprochement des deux parties gauche et droite de la feuille, qui se ferment comme un livre (fig. 157, B). L'animalcule qui a frôlé ces poils se trouve donc emprisonné.

**Evidemment**, tant que les conditions de nutrition de ces deux plantes ne seront pas mieux connues, il sera prudent de réserver son opinion sur la question précédente. Mais il se peut très bien que les recherches ultérieures confirment les idées et les observations si curieuses de Darwin sur les espèces carnivores.

Dans la revision des caractères des végétaux aquatiques que nous venons de faire, nous nous sommes surtout préoccupés des variations de leur appareil végétatif, il nous reste enfin, pour terminer cette étude, à parler de leur organisation florale.

Fleurs des plantes aquatiques. — Très souvent la fleur des plantes aquatiques s'épanouit dans l'air, et c'est dans ce milieu que s'opère la fécondation. Ce caractère, qui est presque général chez les espèces dont l'appareil végétatif croît dans l'eau, semble être un souvenir d'une vie aérienne primitive.

Comme pour les végétaux terrestres, le transport du pollen sur le stigmate peut avoir lieu soit à l'aide du vent, soit par l'intermédiaire des Insectes.

Cependant, en dehors des espèces précédentes, on connaît quelques genres aquatiques qui épanouissent leurs fleurs sous l'eau (1). Ceux-là méritent de nous occuper un instant.

Parmi les espèces aquatiques à floraison normalement submergée, on doit citer d'abord les représentants du groupe des *Pseudo-Callitriche* (*Callitriche autumnalis*). Les *Eucallitriche* produisent, au contraire, leurs fleurs à l'air (*C. cerna*). Dans ces dernières plantes, l'anthère s'ouvre à l'aide d'une assise mécanique, et le pollen est pourvu d'une *exine* ; c'est ce qui arrive, comme on sait, pour l'étamine de la plupart des plantes aériennes et aussi aquatiques (à fleurs aériennes). Le *Callitriche autumnalis*, qui produit ses fleurs normalement sous l'eau, a un grain de pollen avec une membrane simple, et son anthère est dépourvue d'assise mécanique (2).

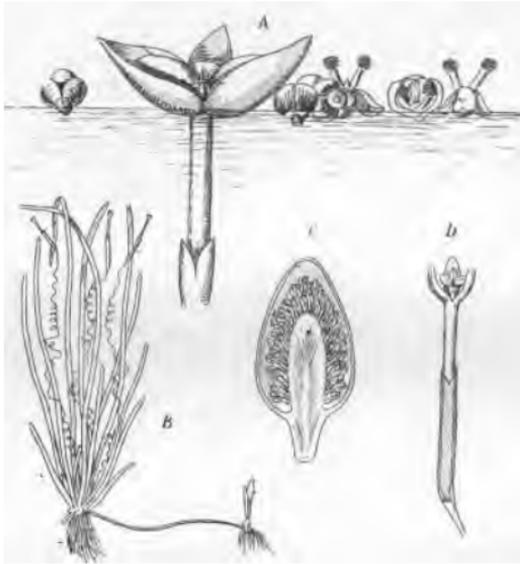
On entrevoit donc dans ce genre un commencement d'adaptation de la structure au milieu aquatique.

L'accommodation est plus profonde pour un certain nombre d'autres plantes. Les Zostères notamment présentent des éléments polliniques ayant une forme très spéciale, qui paraît bien en rapport avec la vie dans l'eau de mer au sein de laquelle la fécondation s'opère : au lieu d'être sphérique ou arrondi, le pollen est allongé, cylindrique ; ce caractère se re-

(1) Quelques espèces peuvent accidentellement ou normalement former des fleurs *cleistogames* sous l'eau (*Subularia*, *Limosella*, *Ranunculus*, etc.).

(2) D'après HEGELMAIER, le *Callitriche hamulata*, qui est une *Eucallitriche*, peut avoir quelquefois des grains de pollen sans *exine*, probablement quand ils se développent sous l'eau.

trouve dans les *Najas* ; dans ces deux exemples, la membrane est également dépourvue d'exine. Pour les Zostères, la fécondation a lieu sous l'eau, les longs boyaux polliniques sont retenus au passage (dans une eau assez calme) par les longs stigmates autour desquels ils s'enroulent grâce à leur forme allongée. Dans les *Najas* et les *Zannichellia*, le pollen tombe entraîné par son poids, et il se dépose sur les éléments femelles disposés au-



Fm. 159 a 162. — *Vallisneria spiralis*. — A, grande fleur femelle entourée d'un certain nombre de fleurs mâles détachées qui flottent à la surface de l'eau. — B, pied femelle portant plusieurs fleurs femelles et émettant un stolon qui s'enracine à son extrémité. — C, Spathe fermée contenant un grand nombre de fleurs mâles. — D, fleur femelle.

dessous pour le recevoir.

A côté des plantes précédentes qui sont parvenues à opérer leur fécondation en milieu liquide, nous devons signaler plusieurs végétaux monocotylédons chez lesquels, bien que les fleurs se forment sous l'eau, la pollinisation s'effectue cependant à l'air.

La *Vallisnérie spirale* est le type des espèces de cette dernière catégorie. Les pieds mâles et femelles sont dis-

tincts ; sur les premiers, les fleurs mâles se produisent en grand nombre, et elles sont enfermées dans une spathe transparente (fig. 160, C) ; quand celle-ci s'ouvre, elle livre passage à une multitude de petites fleurs mâles qui sont encore fermées, dont le pédoncule floral s'est coupé ; grâce à la bulle d'air qu'elles renferment, elles s'élèvent à la surface du liquide où leur épanouissement a lieu (fig. É59, A). Pendant ce temps, les pieds femelles allongent énormément leur pédoncule floral spiralé (fig. 160, B), de sorte que les fleurs à pistil viennent s'ouvrir au contact de l'air. Le pollen est déposé par les fleurs

mâles, qui voguent comme de petits esquifs autour de la fleur femelle (fig. 159 A). Quand la fécondation est opérée, le pédicelle spiralé se rétracte au fond de l'eau, où la maturation du fruit s'achève à une température à peu près constante.

Ces phénomènes si curieux ont été signalés d'une manière nette par Micheli au commencement du XVIII<sup>e</sup> siècle. Depuis cette époque, ces résultats ont été confirmés par les recherches de divers observateurs, de M. Müller notamment; récemment M. Goebel a constaté des phénomènes semblables pour le *Vallisneria alternifolia*, qu'il a pu étudier dans l'Inde (1). L'*Enhalus acoroides*, Hydrocharidée qui habite les eaux guéables de l'embouchure des fleuves de l'Océan Indien où elle forme souvent de véritables prairies sous-marines, l'*Elo-dea Canadensis* et l'*Hydrilla verticillata* se comportent d'une manière tout à fait semblable.

Ainsi donc ce mode si singulier de fécondation que nous venons de décrire pour la Vallisnérie n'est pas un fait isolé dans le règne végétal; il se retrouve dans un certain nombre d'Hydrocharidées. Il s'agit donc probablement encore d'une adaptation grâce à laquelle la plante, bien qu'ayant des fleurs mâles fermées et submergées rappelant les fleurs cleistogames, ce qui semble devoir être un obstacle insurmontable à la fécondation, a trouvé cependant un moyen de transporter son pollen à la surface de l'eau sans le mouiller et l'altérer, de manière à y réaliser la pollinisation.

Il est enfin un dernier type se rattachant aux cas précédents qui se présente pour le *Ruppia spiralis*. Le pollen est ici aquatique comme dans les Zostères, mais sa faible densité lui permet de monter à la surface de l'eau où s'opère la fécondation comme dans les Vallisnéries; enfin la forme spiralée du pédicelle de la fleur femelle permet au fruit de se développer au fond de l'eau, ainsi que dans cette dernière plante.

Cette dernière recherche paraît donc bien confirmer ce résultat indiqué déjà par l'étude de la radiation et de la pesanteur que la fleur est soumise comme les parties végétatives à l'influence du milieu. Tous les organes doivent subir son action pour se transformer, et la fleur, malgré la stabilité héréditaire que son étude révèle, n'échappe pas à cette règle.

(1) Dans l'étang du village de Khândallah.

En terminant cette revue des caractères des plantes qui peuplent les eaux douces et marines, nous avons acquis la conviction que le milieu aquatique exerce actuellement et a exercé autrefois sur les végétaux une action aussi profonde que variée. Cette variété tient à ce que l'eau est bien loin d'offrir des conditions de vie partout les mêmes, comme certains l'ont cru ; les causes modificatrices les plus multiples ont contribué à orienter l'évolution des êtres qui y croissent dans les voies les plus diverses.

Suivant que les plantes aquatiques sont libres ou fixées, flottantes ou nageantes, selon qu'elles habitent les eaux tranquilles ou courantes, les cascades ou les eaux toujours agitées par la flux et le reflux, elles doivent se transformer différemment.

De plus, entre les plantes franchement terrestres et les espèces uniquement aquatiques, nous trouvons une multitude de stades de transition et des adaptations de plus en plus complètes soit à la vie terrestre soit à la vie submergée. Dans ce cas, nous saisissons, pour ainsi dire, la métamorphose en acte, nous la voyons se produire sous nos yeux. Cette dernière étude nous fait découvrir les perpétuels changements dont le monde est le théâtre : nous assistons à l'émigration des êtres vers des milieux nouveaux, et nous constatons les modifications progressives qu'elles subissent fatalement.

Nous soupçonnons que, parmi les êtres amphibies, les uns sont en train de sortir de l'eau, les autres d'y pénétrer; nous entrevoyons que l'adaptation à la vie aquatique est très ancienne pour ceux-ci, très récente pour ceux-là: c'est du moins une conclusion que l'étude philosophique de la classification fait prévoir. Quand une famille entière est aquatique, nous avons lieu de penser que son émigration dans l'eau est extrêmement ancienne ; si, parmi les représentants d'un groupe terrestre, nous observons une espèce isolée vivant en milieu liquide, nous avons lieu de croire que son émigration est relativement récente.

L'étude si sèche de la classification prend alors un puissant intérêt, et l'on peut admettre, dans ce sens, avec Cuvier que la classification est le but ultime de la science des êtres vivants, car c'est le suprême effort de l'homme pour écrire leur histoire qui est celle de notre globe, histoire qui se perd dans la nuit des temps.

## CHAPITRE XXIV

### NOTIONS DE LA VARIATION DES ÊTRES VIVANTS DANS L'ANTIQUITÉ

Nous venons d'exposer la théorie de l'adaptation des plantes telle qu'elle résulte, selon nous, des données de la science contemporaine. Nous pourrions étendre beaucoup le champ de nos études, mais les notions que nous possédons maintenant suffisent **pour nous** fournir une conception claire et juste de l'idée féconde qui se trouve en germe dans les écrits de Goethe.

Cette idée d'ailleurs, nous pouvons la suivre à travers le **xviii<sup>e</sup>** siècle et le moyen âge jusque dans l'antiquité. Des recherches récentes semblent même indiquer que les anciens ont eu, bien plus qu'on ne pouvait le soupçonner, l'intuition des importants problèmes que se posent encore actuellement les sciences de la nature.

Cette conviction résulte des découvertes récentes faites par les archéologues en Grèce et en Asie Mineure, qui ont fourni les preuves incontestables de l'existence d'une civilisation primitive **antéhomérique** très remarquable, restée presque complètement ignorée jusqu'ici. Les peuples qui ont construit Mycènes, Tirynthe, Orchomène et Troie sont probablement les ancêtres des Grecs; mais, comme ils sont restés étrangers à l'usage de l'écriture, on ne peut l'affirmer avec certitude. Cependant, bien que nous ne possédions d'eux aucun témoignage écrit, nous pouvons avoir, grâce aux vases, aux bijoux qu'on a retrouvés dans leurs tombes, des indices certains de leurs pensées religieuses, de leur conception naturaliste et

scientifique du monde. Ils ont eu la notion de la **métamorphose** des êtres et c'est même sur elle qu'ils paraissent avoir fondé leur religion ; la connaissance de leurs idées nous intéresse donc grandement, et cela d'autant plus que leurs conceptions semblent résulter d'une étude attentive du monde de la mer et de la vie aquatique que nous venons de décrire si longuement.

Ce sont les travaux de Schliemann, complétés et expliqués par ceux d'un certain nombre de savants éminents, qui ont mis hors de doute l'existence de la civilisation égéenne ou mycénienne.

En creusant le sol d'**Hissarlik**, qu'il regarde comme la ville de Troie chantée par Homère, Schliemann a trouvé des débris de plusieurs cités qui se sont élevées les unes au-dessus des autres; la deuxième à partir du roc était contemporaine de celle dont on a trouvé des restes à Mycènes. On sait aujourd'hui, par les recherches de M. **Dörpfeld**, que parmi les villes ainsi mises à nu à **Hissarlik**, celle qui est contemporaine des événements chantés dans l'Iliade n'est pas la deuxième, mais la quatrième à partir du rocher. Là quatrième couche correspondant environ à l'an **1200** avant notre ère, la deuxième doit être antérieure de plusieurs siècles, car la troisième couche qui est intermédiaire comprend les ruines de plusieurs villages superposés, composés de maisons très simples qui ont été plusieurs fois brûlées et reconstruites.

Il s'est d'ailleurs opéré entre ces deux époques un changement profond dans les conceptions religieuses, car à Mycènes et dans la deuxième ville troyenne on ensevelissait les morts ; on les brûlait dans la quatrième ville qui correspond au temps de la Troie d'**Homère** (1).

En faisant donc remonter l'antiquité des vases de Mycènes à É.500 ou **2.000** ans avant notre ère, nous ne serons donc certainement pas au delà de la vérité, mais au plutôt en deçà (2).

Vases mycéniens. — Or, on a trouvé sur ces amphores sacrées

(1) **MM. PERROT et CHIPIEZ ont mis en lumière ce point très important.**

(2) **Certains objets égyptiens retrouvés à Mycènes ont même permis de fixer à 1500 ans avant notre ère le moment du grand épanouissement de la civilisation mycénienne.**

des dessins de végétaux et d'animaux qui présentent, au point de vue des sciences de la nature, de l'histoire des religions et des philosophies anciennes, une importance considérable. M. Houssay, qui a étudié les animaux et végétaux qui s'y trouvent représentés, a cru retrouver sous les symboles qui y sont figurés les idées, profondes et étranges à la fois, qui se cachaient derrière les mythes et les mystères de la religion de ces populations primitives, qui vivaient autour de la mer **Egée** il y a près de 4.000 ans, symboles et idées d'où seraient sortis le polythéisme grec et la philosophie ionienne.

Parmi les dessins, souvent schématiques, mais cependant parfaitement reconnaissables, qui s'observent sur ces vases antiques se trouvent presque exclusivement des figures d'êtres aquatiques, tels que les Poulpes (fig. É63 A), les Argonautes, les Hippocampes, les Oursins, les Sagittaires. Or il paraît maintenant prouvé (1) que le culte du Poulpe sacré s'identifie avec celui de Vénus Aphrodite, c'est-à-dire avec le culte de la mer. Il est donc infiniment vraisemblable que les amphores qui portent ces dessins étaient des objets se rapportant à la religion de ces peuples égéens ou mycéniens.

Comment le Poulpe et l'Argonaute sont-ils devenus sacrés? M. Houssay s'efforce de nous le faire comprendre. Il est vraisemblable d'admettre que des marins, comme le devinrent fatalement les habitants des îles et des côtes découpées de la mer **Egée**, ont dû être frappés de rencontrer naviguant en haute mer un animal comme l'Argonaute qui avait su se construire une petite barque (sa coquille) qu'il faisait mouvoir à l'aide de rames et de voiles (ses bras). Superstitieux et craintifs, comme tous les peuples jeunes, ils ont cru avoir devant eux un envoyé de la mer profonde sur laquelle ils naviguaient, aussi l'ont-ils recueilli avec soin et examiné avec vénération. Ils se sont vite aperçus que l'animal pouvait se retirer de sa coquille, comme le matelot de sa barque ; une fois séparé de son enveloppe, ils ont été certainement frappés de sa grande ressemblance avec le Poulpe qu'ils avaient eu l'occasion de voir nager plus près du rivage. De là à supposer que le même animal pouvait, à volonté, nager avec ses bras ou se construire une nacelle, il n'y avait qu'un pas.

(1) TÛMPEL.

La connaissance de ces deux animaux, qu'ils ont été ainsi amenés à confondre en un seul, a fait naître pour la première fois dans leur esprit l'idée de la métamorphose des êtres. Ils ont cherché à représenter ces êtres sacrés sur des objets

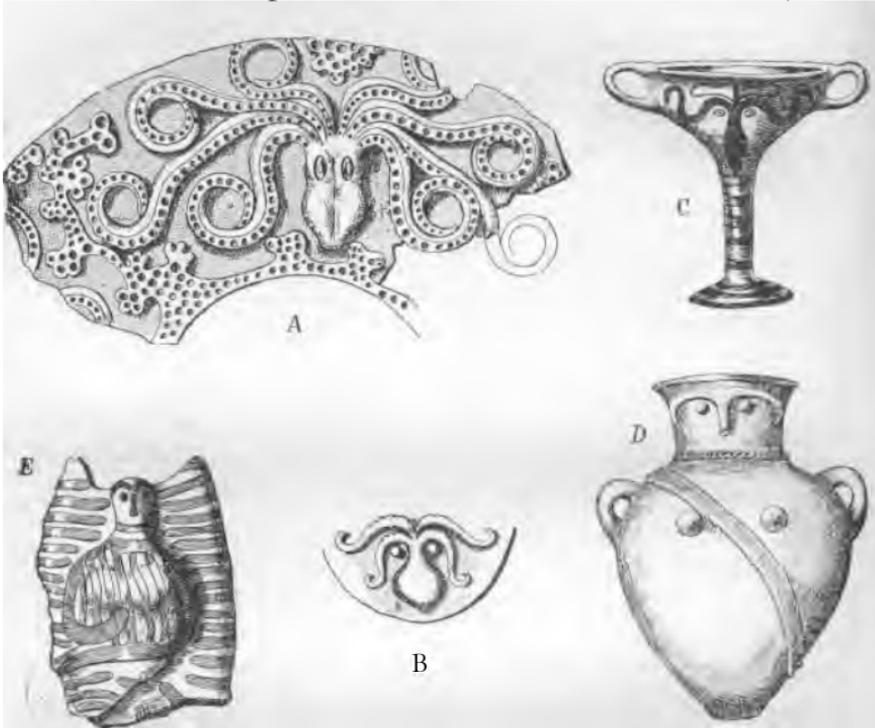


Fig. 163 à 167. — A, fragment d'un vase mycénien représentant un *Ponpel tris* reconnaissable; les yeux et les bras sont bien placés. — B, Poulpe schématisé sur une médaille, les yeux sont indépendants du corps. — C, vase sur lequel est figuré un Poulpe reconnaissable ayant des yeux indépendants. — D, le vase précédent ne porte plus qu'un dessin encore plus schématisé qui commence à ressembler à un visage humain ou de hibou, la bouche manque, mais l'ensemble du vase tend à représenter une divinité féminine. — E, la divinité féminine est plus accusée encore, mais la bouche n'existe pas. Le vase sacré orné du dessin du Poulpe est l'origine de la statue de Vénus (d'après MM. Perrot et Chipiez).

divers, et, en les figurant, ils ont été amenés à simplifier leurs dessins, à les schématiser, à les symboliser de plus en plus.

L'Argonaute a fini par n'être plus représenté que par quatre bras enroulés à l'extrémité; ces bras, à mesure que les dessinateurs connaissaient de moins en moins l'origine des symboles, se sont rectifiés, et ils ont été bientôt réduits à une croix, dont les quatre branches se terminent en crochet à l'extrémité. Or

cette *croix gammée* se trouve, sur les statues les plus anciennes de Vénus (É), et elle y signifie évidemment fécondité. La mer engendre l'Argonaute comme le Poulpe et est susceptible de transformer l'un dans l'autre : on retrouve, en effet, toutes les transitions du symbole du Poulpe à celui de l'Argonaute.

Tout vient de la mer, c'est l'idée fondamentale (idée que certains naturalistes cherchent à remettre en honneur) que nous retrouvons dans la philosophie de Thalès, le plus ancien des philosophes grecs, qui ne faisait vraisemblablement que répéter ce qui se cachait sous les mythes du culte de Vénus. Cette conception semble justifiée par la nature des êtres figurés sur les vases de Mycènes qui paraissent devoir se rapprocher deux à deux: l'Hippocampe se transformerait en Cheval, l'Oursin en Hérisson, le Ptéropode en Papillon. Faut-il ajouter aussi, comme le dit M. Houssay, que l'Anatife devient un Canard et la Vallisnérie une Sagittaire ? Ceci mérite d'être examiné d'un peu plus près ; car, si le premier rapprochement paraît aussi invraisemblable qu'absurde, le second indiquerait, au contraire, que les fondateurs de ces doctrines religieuses étaient des naturalistes tout à fait remarquables.

Légende de l'Oie bernache. — En étudiant les Oiseaux représentés sur des ossuaires trouvés en Crète (fig. É68), M. Houssay a été frappé des formes extraordinaires que présentaient quelques-uns d'entre eux ; on remarque, en effet, que plusieurs n'ont pas de pattes et qu'ils possèdent des espèces d'ailerons s'insérant d'une manière singulière au milieu du dos ; ces oiseaux bizarres paraissent sortir d'une plante aquatique non moins symbolique comme on peut s'en convaincre en examinant la figure É68. On trouve ailleurs une série de dessins transitionnels entre ceux qui représentent des Oiseaux bien typiques et des êtres tout à fait informes, sans pattes, attachés par une espèce de long pédicelle simulant le cou. M. Houssay a eu l'idée heureuse de rapprocher ces figures d'une légende très anciennement connue qui se trouve rapportée par un grand nombre d'écrivains du moyen âge et qui a été étudiée avec intérêt par les historiens de la

(i) Par exemple celles qui ont été trouvées dans la deuxième ville d'Hissarlik.

zoologie et par les linguistes, la légende de l'Oie bernache (1).

D'après cette légende, longtemps tenue comme suspecte par l'Eglise, il y aurait sous la mer un arbre sur lequel se trouveraient attachés des coquillages produisant des Oiseaux quand ils sont rejetés sur le rivage. L'Oie bernache (*Araser bernicola* de Linné) ne serait autre que cet animal fabuleux : le mot bernache (**Barnagh**) voulant dire en breton coquillage, l'Oie bernache est donc l'Oie du coquillage. Cette légende est



FIG. 168. — Dessin ornant un tombeau trouvé en Crète. Des oiseaux étranges (dont les ailerons sont insérés sur le milieu du dos) naissent d'une plante aquatique symbolique. Tous ces êtres animaux et végétaux sont aquatiques, comme l'indique la présence des Poissons figurés à gauche (d'après MM. Perrot et Chipiez).

encore très connue en Bretagne (2) ; on a suivi sa trace dans divers écrits depuis le XI<sup>e</sup> siècle (3) jusqu'au XVII<sup>e</sup> en Angleterre et en Irlande. Elle paraît beaucoup plus ancienne, car on la retrouve dans les ouvrages des Juifs, dans le **Sohar** (4) qui est une partie de la Kabale.

Enfin, M. Houssay a trouvé dans les écrits de **Théophraste** un texte, ayant autrefois beaucoup embarrassé les érudits, qui jette une vive lueur à la fois sur l'**origine** de la légende de l'Oie bernache et sur la **signification** symbolique des des-

sins qui ornent les vases mycéniens. Ce disciple d'**Aristote**, d'ordinaire si exact dans ses descriptions, parle d'un Chêne marin à aux rameaux duquel sont suspendus certains **coquil-**

(1) **CARUS** et **MULLER**.

(2) L'auteur de ce livre ayant eu l'occasion de montrer des Anatifes à son garçon de laboratoire, qui est Breton et marin, et lui ayant demandé s'il connaissait ces animaux, a recueilli cette réponse à noter : a **OB** dit chez nous que ce sont des Oiseaux. »

(3) **Pierre Damien**, qui vivait au XI<sup>e</sup> siècle, dit que des Oiseaux peuvent naître sur un arbre, comme il arrive dans le **Thilou**, aux **Indes** (remarquons cette origine indienne).

(4) Le **Sohar** existait, prétend **LORIA**, avant le Talmud **babylonien** (500 ans avant notre ère) ; en tous cas, certaines parties existaient déjà au ne siècle de notre ère.

lages... Dans ces coquillages se sont glissés des Cloportes (?) avec le Poulpe ». (Ce texte, rapproché des figures É68 et 171, permet d'en entrevoir la signification.) Un autre Chêne, ajoute encore Théophraste, produit d'autres coquillages, les Balanes, c'est-à-dire des animaux très voisins de l'Anatife qui doit être identifié, selon M. Houssay, avec l'Oie bernache.

Cet Anatife jeté à la côte après les violentes tempêtes a dû depuis longtemps frapper l'imagination des gens de mer parce qu'il était attaché à des morceaux de bois d'origine inconnue et mystérieuse : c'est en effet sur des épaves, sur du bois flotté que se trouve toujours fixé cet animal. En relevant cet être étrange, les habitants du littoral ont dû trouver qu'il avait une vague ressemblance avec un Oiseau (les pattes sortant du milieu des valves simulatant des espèces d'ailerons, le pédicelle correspondant au cou, figure 169). C'est vraisemblablement ainsi que cette légende a dû naître : l'Anatife, présentant une lointaine similitude avec un Oiseau, est rejeté par la mer avec le bois du Chêne ou de la plante inconnue sur laquelle il pousse ; il y a donc dans les profondeurs de la mer un arbre étrange qui produit des *ébauches* (nous insistons sur ce mot) d'Oiseaux.



FIG. 169. — Anatife (Crustacé) fixé sur une épave.

Sont-ce les populations égéennes qui ont inventé cette légende? On ne saurait l'affirmer à cause de l'immense diffusion du symbole de la croix gammée (1) ; ce ne sont, en tous cas, que des peuples marins, connaissant bien la faune de l'Océan, qui ont pu avoir de telles idées.

La connaissance si remarquable des animaux aquatiques que nous venons de constater chez les artistes qui ont orné les vases de Mycènes, a conduit M. Houssay à penser qu'ils de-

(É) On trouve des symboles du culte de Vénus Astarté en Babylonie en Phénicie à Carthage. Peut-être est-ce la même légende de l'Oie bernache qui est figurée sur certains monuments égyptiens. Rappelons que les Juifs du Talmud connaissaient cette histoire peut-être cinq siècles avant notre ère. Signalons enfin la citation de Pierre Damien qui rapporte à l'Inde la légende précédente.

vaient avoir également des notions exactes sur les végétaux. Il a été ainsi amené à reconnaître, parmi les dessins des artistes égéens, des Sagittaires et des Vallisnéries ; selon lui, ils ont dû entrevoir des ressemblances entre ces cieux végétaux ; peut-être même ont-ils distingué la forme *vallisnerifolia* de la Sagittaire (voir fig. 128 p. et 124).



FIG. 170. — Dessins extraits des vases mycéniens. — C, a'', b'', c'' pieds mâles de Vallisnérie : les feuilles rubanées sont représentées par des traits arqués ; les traits épais figurent la spathe ; le cône qui la surmonte est le support des fleurettes mâles ; les petits traits situés autour sont les fleurs mâles isolées ; e'', pied femelle symbolisé par le pédicelle spiralé et l'auréole de fleurs mâles ; f' et f'', Nêpes insectes aquatiques accompagnant les Vallisnéries indiquant qu'on a affaire à des végétaux aquatiques. — A et B, symboles de plus en plus simplifiés (e, schématise assez bien un arc et sa flèche) représentant la fécondation de la Vallisnérie, sexe mâle, selon M. Houssay.

Les pieds de la plante sont dissemblables (a'' et b'' d'une part et c'' de l'autre), il s'agit donc évidemment d'une plante aquatique et dioïque. Or, il n'y a guère que la Vallisnérie qui puisse satisfaire à la définition précédente, surtout si l'on tient compte de la forme des feuilles étroites et allongées. Les fleurs femelles sont évidemment représentées par leur filament spiralé (fig. 170 C, c''). Les inflorescences mâles ont leur spathe

(i) Rappelons à ce propos que M. Gœbel a observé un *Vallisneria alternifolia* dans l'Inde, et que l'*Enhalus acoroides* fleurit au bord de l'Océan Indien à l'embouchure des fleuves, et que sa fécondation rappelle celle de la Vallisnérie.

de la Sagittaire (voir fig. 128 p. et 124).

En tous cas, il paraît probable qu'ils ont eu une notion précise de la fécondation de la Vallisnérie (1). Les dessins qui sont représentés sur la figure 170 (C, a'', b'', c'' d'') correspondent évidemment à une plante aquatique, puisqu'à côté se trouve un Insecte d'eau dans lequel on peut reconnaître une Nêpe, à cause de son bec et de ses appendices caudaux (fig. 170, C, e'' et f'').

ouverte, et les pointillés qui les entourent sont, selon toute vraisemblance, les fleurs mâles qui s'en échappent que l'on retrouve d'ailleurs autour de la fleur femelle.

Ce sont ces mêmes motifs que l'on retrouve dans les des-

sins A et B (fig. 170), où les fleurs mâles sont de plus en plus schématisées. Ces derniers symboles, en se simplifiant encore, finissent par devenir une flèche ; et ce signe, par une transformation anthropomorphique, est devenu l'amour archer.

Tous ces symboles se mélangent entre eux. On a déjà pu voir par exemple des Oiseaux naître d'une plante qui ressemble encore évidemment, beaucoup à une *Val-lisnérie* (fig. 168). Enfin sur les bras d'un Poulpe peuvent apparaître des Oiseaux dérivant de l'*Anatife*, des Hérissos qui proviennent d'Oursins, des Hippocampes qui deviennent des Chevaux (fig. 17É).

L'histoire invraisemblable de la transmutation d'une plante en un Crustacé, puis en un Oiseau ne mériterait certes pas de fixer notre attention, si elle ne nous renseignait sur la genèse des idées religieuses et philosophiques chez les peuples primitifs, si elle ne nous apprenait que derrière les aberrations les plus étranges se cachaient souvent des observations judicieuses et exactes et une connaissance assez inattendue des êtres vivants.



Fig. 171. — Dessin d'un vase mycénien représentant la moitié des bras d'un Poulpe dont le corps est à la partie inférieure (les bras de la partie de droite ont été supprimés). Entre les bras de ce Poulpe s'aperçoivent des Oiseaux dont quelques-uns ont des têtes informes et des ailerons sur le dos ; un autre Oiseau, celui du bas, est plus nettement caractérisé. On remarque en outre un espèce de Cheval Hippocampe, un Hérissos (d'après MM. Perrot et Chipiez).

D'ailleurs, on jugerait, selon nous, d'une manière absolument fausse et injuste les scrutateurs scrupuleux des phénomènes de la vie qui ont fondé la religion de la nature si on attribuait aux métamorphoses précédentes un sens absolu. Il est infiniment peu probable qu'ils aient cru que l'Anatife donnait naissance à un Oiseau, que l'Hippocampe devenait un Cheval ; ils ont dû penser plutôt que la force créatrice en perpétuel enfantement s'exerce d'abord en pétrissant la matière et que les êtres informes et bizarres rejetés par les abîmes de la mer n'en sont que les premières ébauches.

Opinions des philosophes grecs. — D'ailleurs, il semble bien que l'on retrouve ces idées dans Empédocle; Aetius, qui rapporte les opinions de ce philosophe, traduit ainsi sa pensée : « Les premiers animaux et les premières plantes ne sont nullement nés dans leur intégrité, mais par parties séparées ne pouvant s'ajuster; en second lieu se sont produits des assemblages de parties comme dans les images de la fantaisie. » L'Hippocampe serait la première ébauche d'un Cheval, la tête serait pour ainsi dire laite dans ce premier essai, mais cette tête se trouverait soudée, dans ce cas, à une queue de Poisson. Ainsi s'expliquerait l'origine de ces êtres étranges comme les Sphinx, les Griffons, les Centaures dont la mythologie est remplie.

Or, ces êtres complexes et bizarres sont représentés en grand nombre sur presque tous les bijoux trouvés à Mycènes. Les Griffons s'y observent avec leur tête d'aigle, leur corps ailé rappelant un lion ou un chien (É). Les Sphinx ont une tête de femme et un corps d'animal pourvu d'ailes. On y remarque aussi des sortes de Cigognes à tête de Cerf. Une médaille curieuse marque tous les passages d'un Poulpe à une tête de Bœuf ; M. Houssay a signalé de même des transformations des dessins du Poulpe en ceux d'une tête de Mouton : les bras du Poulpe réduits à deux devenant les cornes du Ruminant (ces derniers dessins ont été observés dans une nécropole trouvée dans le Caucase).

Les premières idoles trouvées à Troie permettent d'assister à la schématisation et à la transformation de plus en plus grande

(1) Sur ces têtes de Griffon ou de Sphinx, il y a d'ailleurs des spirales de Poulpe ou d'Argonaute.

du dessin du Poulpe : les yeux sont séparés du corps (fig. É64 et 165, B et C) qui se rétrécit et devient un nez; les bras donnent des sourcils (fig. 166, D); une vague ressemblance se manifeste avec la figure humaine, mais sans bouche (É). Les seins sont bientôt ajoutés, puis la bouche, enfin les signes de la sexualité. On passe par toutes les transitions d'une poterie ornée d'un dessin de Poulpe à la statue définitive de Vénus (les figures É63 à É67 donnent quelques-uns de ces stades de transition).

⁴ Nous retrouvons d'ailleurs dans les idées d'Empédocle la suite de ces perfectionnements. « En troisième lieu, continue Aélius, sont apparus les corps complets ; en quatrième, au lieu de provenir des éléments comme la terre (2) et l'eau, ils sont nés les uns des autres », par reproduction.

Bien qu'Empédocle (3) soit de beaucoup postérieur aux penseurs égéens qui ont fondé les dogmes que traduisent pour nous d'une manière si saisissante les figures des vases mycéniens, il ne nous paraît pas invraisemblable d'admettre que plusieurs observateurs profonds aient eu des idées assez analogues aux siennes longtemps avant lui. Il y a lieu même de croire que bien souvent les philosophes grecs n'ont fait que traduire en langage accessible à tous les mystères de la science sacrée que l'on dévoilait aux initiés dans les temples.

La constatation que nous venons de faire nous apprend que l'idée de la métamorphose des êtres avait germé dans l'esprit de quelques hommes supérieurs il y a quatre mille ans ; cette conclusion n'est pas destinée à exalter notre orgueil. L'idée de l'évolution était certainement fondée, à cette époque, sur une connaissance très incomplète et très erronée de la nature; il n'en est pas moins vrai cependant que le résultat des efforts ultimes des savants de notre siècle se rapproche de celui entrevu par quelques philosophes d'un

(i) On a retrouvé ces motifs sur des vases préhistoriques de l'Allemagne du Nord, sur ceux des tribus dites indiennes de l'Amérique. Le potier a eu la même idée au Mexique, au Pérou et en Roumanie. Il s'agit donc là bien certainement d'un des plus anciens cultes de l'humanité. Ceci indiquerait-il que l'Amérique a été découverte à l'époque préhistorique par des peuples venus d'Europe?

(2) L'argile du potier en se transformant en vase symbolise cette évolution.

(3) Il a vécu pendant les années 405 à 435 avant notre ère.

peuple qui non seulement n'a pas d'histoire, mais auquel on ne sait pas même donner un nom. Ceci peut nous donner à réfléchir sur la lenteur des progrès intellectuels de l'humanité.

Grâce à la supériorité de quelques naturalistes inconnus, par suite de leurs observations remarquables, la science des êtres vivants naît quinze cents ans avant notre ère et prend un grand essor; l'importance des notions qu'elle suscite dans l'esprit humain est telle qu'une religion en naît, qui pendant plusieurs siècles règne sur l'esprit des peuples les plus civilisés. Mais les notions primitives, les observations exactes ont été cachées à la foule, elles disparaissent bientôt sous les mythes. Il est dès lors impossible de contrôler ce qu'elles ont d'exact ou de faux. Quelques philosophes cependant, comme Thalès, Anaximandre, Empédocle, dévoilent les idées qui se cachent sous les symboles, mais sans observer de nouveau la nature de très près. Deux naturalistes de premier ordre apparaissent, Aristote et Théophraste, mais ils n'ont pas d'élèves. Aussi faut-il passer par-dessus toute l'histoire de l'antiquité et du moyen âge pour trouver des successeurs dignes d'eux.

Malgré ces fâcheuses circonstances pour la pensée humaine, l'idée féconde n'est pas morte, le flambeau lumineux à moitié éteint se transmet à travers les générations de main en main, et souvent il passe dans les plus suspects. Arrive enfin le XVIII<sup>e</sup> siècle, puis le XIX<sup>e</sup>, et la pensée profonde commence à luire de nouveau, grâce à Buffon, à Goethe, à Lamarck, à Darwin. Le diamant est encore impur, il faut le séparer de sa gangue, et, malgré tous leurs efforts, les chercheurs de cette fin de siècle ne sont pas encore parvenus à l'isoler complètement.

« Si l'histoire de la science, dit M. Paul Tannery, a quelque utilité, c'est qu'elle nous permet d'apprécier à leur juste valeur les vérités conquises. S'il s'agit de connaissance positives, les premiers systèmes des anciens physiciens sont, certes, de nature à nous inspirer une juste confiance dans la puissance de l'esprit moderne.

« Mais, pour les questions qui sont à la limite de l'inconnaissable et dont la science revendique seulement la discussion sans être assurée de pouvoir la clore un jour, l'impression produite peut être toute différente ; nous pouvons reconnaître parfois que tous les progrès réalisés jusqu'à nos

jours, toutes les connaissances accumulées depuis vingt-cinq siècles, ont pu alimenter la discussion sans faire avancer d'un pas vers la solution. »

Le problème de l'évolution des êtres a été longtemps rangé dans cette seconde catégorie de questions insolubles ; espérons qu'il n'en sera plus ainsi à l'avenir. Depuis la plus profonde antiquité, quelques esprits audacieux et puissants affirmaient que les formes vivantes sont instables, mais les esprits positifs, les observateurs précis, leur demandaient vainement de prouver ce qu'ils avançaient. Leur débat rappelle celui qui, dans la République de Platon, éclate entre les esclaves enchaînés au fond d'une caverne sombre au sujet d'ombres qu'ils voient passer et qu'ils prennent pour des êtres. Quand l'un d'entre eux, qui a pu rompre ses chaînes et aller au jour, revient pour détromper ses anciens compagnons, il ne rencontre que l'incrédulité. N'est-ce pas l'image de ce qui s'est passé pour nous tous qui sommes épris des sciences de la Nature? Ne sommes-nous pas restés longtemps plongés dans l'obscurité, enchaînés par les préjugés héréditaires les plus tenaces? N'avons-nous pas traité de fous ceux qui, par leurs efforts, étaient parvenus jusqu'à la lumière et nous décrivaient les êtres véritables qui se cachaient derrière les ombres que nous connaissions seules jusque-là? La science expérimentale parviendra-t-elle enfin à faire tomber le dernier voile qui nous cachait la vérité?

A une époque où le symbolisme tend à renaître, à ce qu'on prétend, l'histoire des premières évolutions des idées sur la transformation des êtres peut encore être étudiée avec fruit; elle nous apprend à nous défier des mythes, et contre le mysticisme vague qui tend encore actuellement à nous envahir, nous ne saurions trop répéter la dernière parole de Goethe à son lit de mort : « De la lumière, plus de lumière. »

# TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉFACE

..... 1

## INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER. IDÉES DE GOETHE SUR LA VARIATION DES PLANTES. — Goethe en 1830. Débats de Cuvier et de Geoffroy Saint-Hilaire. La théorie de Goethe dans l'enseignement. Sa théorie véritable. Interprétations diverses de la pensée de Goethe. Réalistes et nominalistes. Darwin. Lamarck. Insuffisance des preuves actuelles du transformisme. Wolf Généralisation de la théorie de Goethe. Programme tracé par Goethe vers la fin de sa vie 5

## PREMIÈRE PARTIE

### CHALEUR

CHAPITRE II. FLORE POLAIRE ET FLORE TROPICALE. — Action du climat d'après Buffon. Répartition de la chaleur à la surface du globe. Opinions de Humboldt et de Darwin. Diverses flores observées sur les continents. Variations de la flore montagnarde. Caractères de la flore polaire. Caractères de la flore tropicale. Opinions de divers savants sur le transformisme. But du livre 17

CHAPITRE III. LA DURÉE DE LA VIE DES PLANTES EST MODIFIABLE. — Variations dans les contrées froides. Variations en latitude, en altitude. Durée de la végétation en Scandinavie. Procédés des horticulteurs pour allonger la vie des plantes. — Variations dans les contrées chaudes. Le Ricin peut être une herbe ou un arbre. Végétation ligneuse des îles. — Qualités et défauts des plantes herbacées et ligneuses. Supériorité des arbres 28

CHAPITRE IV. ÉPANOUISSEMENT DE LA VIE ARBORESCENTE DANS LES PAYS TEMPÉRÉS. — Caractères qui permettent le développement des arbres dans les pays à hiver rigoureux. Cas des arbres à aiguilles. — Chute des feuilles. Les arbres à feuilles caduques gardent leurs feuilles dans les pays tropicaux.

*Catinga* au Brésil. Les Hêtres de l'Amérique du Sud. — Bourgeons. Extension de la théorie de la métamorphose. — Variations de la taille. Cultures expérimentales de M. Bonnier dans les Alpes et les Pyrénées. Les *Hieracium* de Naegeli . . 36

CHAPITRE V. LES CARACTÈRES ACQUIS SONT HÉRÉDITAIRES. — Opinion de M. Weismann. Critique de la théorie de la sélection naturelle de Darwin. Expériences de culture de Schübler des céréales dans les pays froids. Blé d'automne et de printemps. Expériences des horticulteurs. Les sous-espèces bisannuelles de M. Murbeck 46

CHAPITRE VI. VARIATIONS DE L'ÉPOQUE DE FLORAISON. — Plantes *euchrones*, *achrones*, *polychrones*. Fleurs printanières, estivales, automnales. Succession des fleurs et des feuilles. Floraison à basse température. Phénologie. Sérotoninisme. Inversions florales. Acclimatations 54

CHAPITRE VII. VARIATIONS DE LA FLORAISON DEVENANT HÉRÉDITAIRES. — Une expérience qui a duré un demi-siècle. Marronnier du 20 mars. Races physiologiques. Le Lilas blanc. Races à floraison précoce ou tardive de M. Wettstein 67

CHAPITRE VIII. CHALEUR DANS L'EAU ET LE SOL. — Pourquoi les Algues marines sont gigantesques dans les régions polaires. — Distribution de la chaleur dans le sol. Versant nord et sud d'une montagne. Flore du Karst. — Phénomène paléothermal. Antiquité de la vie à la surface du globe 74

CHAPITRE IX. CONCLUSIONS DE LA PREMIÈRE PARTIE. — Explication de l'apparition des caractères de la flore polaire et de la flore tropicale. Fixation des variétés, formation de races stables. Similitude de ces races et des espèces linnéennes de la région polaire. Espèces de Jordan. Conséquences. — Objection tirée du croisement. Le critérium permettant de séparer les hybrides des métis n'est pas absolu. Espèces nouvelles issues de croisement. Définitions de l'espèce de Cuvier, de Quatre fages, de Lamarck. Une preuve dernière . . 82

## DEUXIÈME PARTIE

### LUMIÈRE

CHAPITRE X. DISTRIBUTION ET RÔLE. — Répartition en latitude, en altitude et dans les profondeurs de la mer. Changements en un même lieu. — Influence de la lumière sur les fonctions. — Chlorophylle. — Nutrition chlorophyllienne. Sensibilisateurs. Eclaircissement continu. Nutrition pendant les nuits norvégiennes. — Chlorovaporisation. — Pigments des Algues. Distribution des Algues dans la mer. Grottes. Symbioses d'Algues et d'animaux. Animaux et végétaux des grandes profondeurs. *Halosphaera*. — Anthocyane. — La respiration et la lumière. Lien de la Physiologie et de la Morphologie. . 99

- CHAPITRE XI. MOUVEMENTS DES VÉGÉTAUX ET ÉTUDE DE LA CROISSANCE. — Desmidiées. Volvox. Plagiophototropisme. Sensibilité chez les végétaux. Mouvements des feuilles. Froid nocturne. Influence de la lumière sur la croissance. Germination. Bactéries. Vaccins. — Plantes étiolées. — Plantes grimpantes. Causes produisant la vie grimpante 118
- CHAPITRE XII. ORIENTATION. — Phototropisme. — Tiges. Plantes parasites, plantes volubiles. Variations du phototropisme. — Racines. Plantes épiphytes. — Feuilles. Plantes compas. Forêts sans ombre. Plantes tropicales. Espèces ombrophiles. Espèces ombrophobes. Adaptations. — Feurs 13E
- CHAPITRE XIII. LA FORME DES VÉGÉTAUX. — Dorsiventralité ou aplatissement. Étiollement. — Variétés ombrophiles. — Variétés septentrionales. Plantes à grandes feuilles de Norvège. Plantes grasses. Atavisme. — Plantes épiphytes. — Cas des plantes aquatiques. — Plantes à rosettes de feuilles. — Tubercules et bulbes. Conditions de la réapparition des caractères ancestraux 142
- CHAPITRE XIV. LA STRUCTURE. — Dorsiventralité anatomique. Cas des branches. Cas des feuilles. Feuilles verticales Feuilles qui se tordent. Accélération métagénésique. Eucalyptus. — Lumière continue. L'anatomie et la classification. Changements des Pins 155
- CHAPITRE XV. MODIFICATIONS DES ORGANES REPRODUCTEURS. — Champignons des souterrains. — Algues et autres Cryptogames. — Phanérogames. Les fleurs à l'obscurité. Cleistogamie. Variations des pièces florales. Fleurs à l'ombre. Variations des fleurs avec la latitude et l'altitude. Zygomorphie. Fleurs et Insectes. — Rôle considérable de ce facteur. La lumière et la chaleur sont complémentaires. La radiation. Idées de Pasteur Sur la dissymétrie moléculaire. Que seraient les êtres vivants si la rotation de la terre s'effectuait en sens inverse ? 165

## TROISIÈME PARTIE

### PESANTEUR

- CHAPITRE XVI. LA PESANTEUR AGIT SUR LES VÉGÉTAUX. — Recherches de Knight. Géotropisme. — Géotactisme. Action de la pesanteur sur les organismes mobiles. — Action de la pesanteur sur la croissance. Expériences nouvelles sur les Champignons. Polarité d'une racine ou d'une tige É79
- CHAPITRE XVII. VARIATIONS DU GÉOTROPISME. — Observation de Duchartre sur un Haricot. Circumnutation. — Palétuviers et plantes épiphytes. — Rhizomes et noeuds des Graminées. — Variations héréditaires. Arbres pleureurs. — Action de la lumière sur le géotropisme. — Action du milieu aquatique sur le géotropisme. — Phénomènes géonyclitropiques. 189
- CHAPITRE XVIII. ACTION DE LA PESANTEUR SUR LA FORME DES VÉGÉTAUX. — Zygomorphie de la fleur. Cas de l'Épilobe.

Zygomorphie essentielle et non essentielle. Dorsiventralité. Hypotrophie et épitrophie. Combinaison du géotropisme et de l'héliotropisme. — Organes plagiotropes, orthotropes. Feuilles épées. Plantes carnivores. Epinastie et Nutation. — Isotropie et anisotropie. Rôle considérable de la pesanteur ..... 201

## QUATRIÈME PARTIE

### MILIEU AQUATIQUE

- CHAPITRE XIX. CONSTITUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU AQUATIQUE. — Adaptations à la vie aquatique chez les animaux. Nécessité d'une étude expérimentale. Avantages que présentent les plantes. — Gaz dissous dans l'eau. — Sol. — Chaleur. — Lumière. — Eau et matières en dissolution **2E7**
- CHAPITRE XX. FLORE DES MARÉCAGES. — Marécages de roseaux. — Marécages de Sphaignes et de Mousses. — Marécages des régions tropicales. Tissu ligneux aérifère. **Aérenchyme**. — Mangroves ..... **226**
- CHAPITRE XXI. PLANTES AMPHIBIES DES RIVES, LIQUIDES AGITÉS. — Plantes amphibies des rives. Sagittaire. — Algues marines. Expériences de M. Ray sur le développement des végétaux dans les liquides en mouvements. Pelotes marines. Action des vagues sur les Algues **240**
- CHAPITRE XXII. **LA** VIE NAGEANTE. — Plantes fixées au sol. Adaptations remarquables. Germinations. — Plantes nageantes libres. Avantages que présente la vie nageante libre. Passage de la vie fixée à la vie libre et inversement. Particularités qui favorisent la vie nageante libre **250**
- CHAPITRE XXIII. **LA** VIE SUBMERGÉE. — Physiologie et structure des plantes submergées. Eaux tranquilles et eaux rapides. — Races de plantes submergées. — Plantes des cascades tropicales. Transformations des **Podostémacées**. — Plantes flottantes. Plantes carnivores. — Fleurs des plantes aquatiques. **Vallisnérie**. **Zostère** **26E**
- CHAPITRE XXIV. NOTIONS DE LA VARIATION DES **ÊTRES** VIVANTS DANS L'ANTIQUITÉ. — Antiquité de cette notion. Idées des anciens. Schliemann à la recherche de Troie. — Les vases de Mycènes. Les plantes et animaux figurés sur ces vases. Culte de Vénus Aphrodite. Le Poulpe sacré. — La légende de l'Oie bernache. — **Vallisnérie**. — Opinions des philosophes grecs. — Conclusion **275**

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER **BAILLIÈRE** ET De  
**FELIX ALCAN**, Éditeur

# PHILOSOPHIE - HISTOIRE

## CATALOGUE

DES

# Li res de Fonds

	Pages.		Pages.
BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE.		ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON	16
Format in-12	9	PUBLICATIONS HISTORIQUES IL- LUSTRÉES	16
Format in-8	5	RECUEIL DES INSTRUCTIONS DI- PLOMATIQUES	17
COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES	9	INVENTAIRE ANALYTIQUE DES ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES	17
Philosophie ancienne	9	REVUE PHILOSOPHIQUE	18
Philosophie moderne	9	REVUE HISTORIQUE	18
Philosophie écossaise	10	<b>ANNALES</b> DES SCIENCES POLITI- QUES	19
Philosophie allemande	10	REVUE DE L'ÉCOLE D'ANTHRO- POLOGIE	19
Philosophie anglaise <b>contem- poraine</b>	11	<b>ANNALES</b> DES SCIENCES PSYCHI- QUES	19
Philosophie allemande <b>con- temporaine</b>	11	BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE IN- TERNATIONALE	20
Philosophie italienne <b>con- temporaine</b>	11	Par ordre d'apparition	20
LES GRANDS PHILOSOPHES	14	Par ordre de matières	23
BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE LES SCIENCES SOCIALES	12	RÉCENTES PUBLICATIONS NE SE TROUVANT PAS DANS LES COL- LECTIONS PRÉCÉDENTES	26
BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CON- TEMPORAINE	13	BIBLIOTHÈQUE UTILE	31
BIBLIOTHÈQUE HISTORIQUE ET POLITIQUE	45		
BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE PARIS	16		
TRAVAUX DES FACULTÉS DE LILLE.	16		

*On peut se procurer tous les ouvrages  
 qui se trouvent dans ce Catalogue par l'intermédiaire des libraires  
 de France et de l'Étranger.*

*On peut également les recevoir franco par la poste,  
 sans augmentation des prix désignés, en joignant à la demande  
 des TIMBRES-POSTE FRANÇAIS OU UN MANDAT sur Paris.*

PARIS

108, BOULEVARD SAINT—GERMAIN, 108

Au coin de la rue Hautefeuille

JANVIER 1900

Les titres précédés d'un *astérisque* sont recommandés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des élèves et des professeurs et pour les distributions de prix des lycées et collèges.

## BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-12, brochés, à 2 fr. 50.

Cartonnés toile, 3 francs. — En demi-reliure, plats papier, 4 francs.

- ALAUX**, professeur à la Faculté des lettres d'Alger. **Philosophie de V. Cousin.**
- ALLIER (R.)**. \***La Philosophie d'Ernest Renan.** 1895.
- ARRÉAT (L.)**. \* **La Morale dans le drame, l'épopée et le roman.** 2° édition. — \*Mémoire et imagination (Peintres, Musiciens, Poètes, Orateurs). 1895. — **Les Croyances de demain.** 1898.
- BALLET (G.)**. **Le Langage intérieur** et les diverses formes de l'aphasie. 2° édit.
- BEAUSSIRE**, de l'Institut. \* **Antécédents de l'hégél.** dans la philos. française.
- BERSOT (Ernest)**, de l'Institut. \* **Libre philosophie.**
- BERTAULD**. **De la Philosophie sociale.**
- BERTRAND (A.)**, professeur à l'Université de Lyon. **La Psychologie de l'effort et les doctrines contemporaines.**
- BINET (A.)**, directeur du lab. de psych. physiol. de la Sorbonne. **La Psychologie du raisonnement**, expériences par l'hypnotisme. 2° édit.
- BOUGLÉ**, maître de conf. à l'Univ. Montpellier. **Les Sciences sociales en Allemagne.**
- BOUTROUX**, de l'Institut. \* **De la contingence des lois de la nature.** 3<sup>e</sup> éd. 1896.
- CARUS (P.)**. \* **Le Problème de la conscience du moi**, trad. par M. A. MONOD.
- GOIGNET (M<sup>me</sup>)**. **La Morale indépendante.**
- CONTA (B.)**. \* **Les Fondements de la métaphysique**, trad. du roumain par D. TESCANU.
- COQUEREL FILS (Ath.)**. **Transformations historiques du christianisme.**
- COSTE (Ad.)**. \* **Les Conditions sociales du bonheur et de la force.** 3° édit.
- CRESSON (A.)**, agrégé de philos. **La Morale de Kant.** Couronné par l'Institut.
- DAURIAC (L.)**, professeur au lycée Janson-de-Sailly. **La Psychologie dans l'Opéra français** (Auber, Rossini, Meyerbeer). 1897.
- DAN VILLE (Gaston)**. **Psychologie de l'amour.** 1894.
- DELBOEUF (J.)**, prof. à l'Université de Liège. **La Matière brute et la Matière vivante.**
- DUCAS**, docteur ès lettres. \* **Le Psittacisme et la pensée symbolique.** 1896. — **La Timidité.** 2° éd. 1900.
- DUMAS (G.)**, agrégé de philosophie. \* **Les états intellectuels dans la Mélancolie.** 1894.
- DUNAN**, docteur ès lettres. **La théorie psychologique de l'Espace.** É895.
- DUPRAT (G.-L.)**, docteur ès lettres. **Les Causes sociales de la Folie.** 1900.
- DURKHEIM (Émile)**, professeur à l'Université de Bordeaux. \* **Les règles de la méthode sociologique.** 1895.
- D'EICHTHAL (Eng.)**. **Les Problèmes sociaux et le Socialisme.** 1899.
- ESPINAS (A.)**, prof. à la Sorbonne. \* **La Philosophie expérimentale en Italie.**
- FAIVRE (E.)**. **De la Variabilité des espèces.**
- FERS (Ch.)**. **Sensation et Mouvement. Étude** de psycho-mécanique, avec fig. 2° éd. — **Dégénérescence et Criminalité**, avec figures. 2<sup>e</sup> édit.
- FERRI (E.)**. **Les Criminels** dans l'Art et la Littérature. 1897.
- FIEBENS-GEVAERT**. **Essai sur l'Art contemporain.** (Couronné par l'Acad. franç.). — **La Tristesse contemporaine**, essai sur les grands courants moraux et intellectuels du XIX<sup>e</sup> siècle. 3° édit. 1900.
- FLEURY (Maurice de)**. **L'Âme du criminel.** 1898.
- FONSEGRIVE**, professeur au lycée Buffon. **La Causalité efficiente.** 1893.
- FRANCK (Ad.)**, de l'Institut. • **Philosophie du droit pénal.** 5<sup>e</sup> édit. — **Des Rapports de la Religion et de l'État.** 2° édit. — **La Philosophie mystique en France au XVIII<sup>e</sup> siècle.**
- GAUCKLER**. **Le Beau et son histoire.**
- GREEF (de)**. **Les Lois sociologiques.** 2<sup>e</sup> édit.
- GLUAU**. \* **La Genèse de l'idée de temps.** 2° édit.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12, à 2 fr. 50 le vol.

HARTMANN (E. de). La Religion de l'avenir. 4<sup>e</sup> édit.

— Le Darwinisme, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine. 6<sup>e</sup> édit.

HERCKENRATH. (C.-R.-C.) Problèmes d'Esthétique et de Morale. 1897.

HERBERT SPENCER. \* Classification des sciences. 6<sup>e</sup> édit.

— L'Individu contre l'État. 5<sup>e</sup> édit.

JAELL (M<sup>me</sup>). \* La Musique et la psycho-physiologie. 1895.

JANET (Paul), de l'Institut. \* Philosophie de la Revolution française. 5<sup>e</sup> édit.

— \* Les Origines du socialisme contemporain. 3<sup>e</sup> édit. 1896.

— \* La Philosophie de Lamennais.

LACHELIER, de l'Institut. Du fondement de l'induction, suivi de psychologie et métaphysique. 3<sup>e</sup> édit. 1898.

LAMPÉRIÈRE (M<sup>me</sup> A.). Rôle social de la femme. son éducation. 1898.

LANESSAN (J.-L. de). La Morale des philosophes chinois. 1896.

LANGE, professeur à l'Université de Copenhague. Les émotions, étude psycho-physiologique, traduit par G. Dumas. 1895.

LAPIÉ, maître de conf. à l'Univ. de Rennes. La Justice par l'État. 1899.

LAUGEL (Auguste). L'Optique et les Arts.

— \* Les Problèmes de l'âme.

LE BLAIS. Matérialisme et Spiritualisme.

LE BON (D' Gustave). Lois **psychol.** de l'évolution des peuples. 3<sup>e</sup> édit.

— \* Psychologie des foules. 4<sup>e</sup> édit.

LÉCHALAS. \* Etude sur l'espace et le temps. 1895.

LE DANTEC, chargé du cour, d'Embryologie générale à la Sorbonne. Le Déterminisme **biologique** et la Personnalité consciente. 1897.

— L'Individualité et l'Erreur individualiste. 1898.

— Lamarckiens et Darwiniens. 1899.

LEFÈVRE, prof. l'Univ. de Lille. Obligation morale et idéalisme. 1895.

LEOPARDI. Opuscules et Pensées, traduit de l'italien par M. Aug. Dapples.

LEVALLOIS (Jules). Déisme et Christianisme.

LIARD, de l'Institut. \* Les Logiciens anglais contemporains. 3<sup>e</sup> édit.

— Des définitions géométriques et des définitions empiriques. 2<sup>e</sup> édit.

LICHTENBERGER (Henri), professeur à l'Université de Nancy. La philosophie de Nietzsche. 4<sup>e</sup> édit. 1901.

— Friedrich Nietzsche, aphorismes et fragments choisis. 1899.

LOMBROSO. L'Anthropologie criminelle et ses récents progrès. 3<sup>e</sup> édit. 1896.

— Nouvelles recherches d'anthropologie criminelle et de psychiatrie. 1892.

— Les Applications de l'anthropologie criminelle. 1892.

LUBBOCK (Sir John). \* Le Bonheur de vivre. 2 volumes. 5<sup>e</sup> édit.

— \* L'Emploi de la vie. 2<sup>e</sup> éd. 1897.

LYON (Georges), maître de conf. à l'École normale. \* La Philosophie de **Hobbes**.

MARGUERY (E.). L'**Œuvre** d'art et l'évolution. 1899.

MARIANO. La Philosophie contemporaine en Italie.

MARION, professeur à la Sorbonne. \* J. Locke, sa vie, son **œuvre**. 2<sup>e</sup> édit.

MAUS (I.), avocat à la Cour d'appel de Bruxelles. De la Justice pénale.

MILHAUD (G.), professeur à l'Université de Montpellier. Le Rationnel. 1898.

— Essai sur les conditions et les limites de la Certitude logique. 2<sup>e</sup> édit. 1898.

MOSSO. \* La Peur. **Étude** psycho-physiologique (avec Lignes). 1<sup>re</sup> édit.

— \* La fatigue intellectuelle et physique, trad. Langlois. 3<sup>e</sup> édit.

NORDAU (Max). \* Paradoxes psychologiques, trad. Dietrich. 3<sup>e</sup> édit. 1898.

— Paradoxes sociologiques, trad. Dietrich. 2<sup>e</sup> édit. 1898.

— Psycho-physiologie du Génie et du Talent. 2<sup>e</sup> édit. 1898.

NOVICOW (J.). L'Avenir de la Race blanche. 1897.

OSSIF-LOUBIÉ. Pensées de Tolstoï. 1898.

— La Philosophie de Tolstoï. 1899.

PAULHAN (Fr.). Les **Phénomènes** affectifs et les lois de leur apparition.

— \* Joseph de Maistre et sa philosophie. 1893.

PILLON (F.). La Philosophie de Ch.  **Secrétan**. 1898.

PILO (Mario). \* La psychologie du Beau et de l'Art, trad. Aug. Dietrich.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12, à 2 fr. 50 le vol.

**PIOGER** (D' Julien). Le Monde physique, essai de conception expérimentale. 1893.

**QUEYRAT**, prof. de l'Univ. \* L'imagination et ses variétés chez l'enfant. 2<sup>e</sup> édit. — \* L'abstraction, son rôle dans l'éducation intellectuelle. 1894.

— Les Caractères et l'éducation morale. 1896.

**REGNAUD** (P.), professeur à l'Université de Lyon. Logique évolutionniste. *L'Entendement dans ses rapports avec le langage*. 1897.

— Comment naissent les mythes. 1897.

**RÉMUSAT** Charles de), de l'Académie française. \* Philosophie religieuse.

**RENAUD** (Georges), professeur à l'Université de Lausanne. Le régime socialiste., son organisation politique et économique. 2<sup>e</sup> édit. 1898.

**RIBOT** (Th.), professeur au Collège de France, directeur de la *Revue philosophique*. La Philosophie de Schopenhauer. 6<sup>e</sup> édition.

— • Les Maladies de la mémoire. 13<sup>e</sup> édit.

— \* Les Maladies de la volonté. 14<sup>e</sup> édit.

— \* Les Maladies de la personnalité. 8<sup>e</sup> édit.

— \* La Psychologie de l'attention. 5<sup>e</sup> édit.

**RICHARD O.**, docteur ès lettres. \* Le Socialisme et la Science sociale. 2<sup>e</sup> édit.

**RICHET** (Ch.). Essai de psychologie générale (avec figures). 3<sup>e</sup> édit. 1898.

**ROBERTY** (E. de). L'Inconnaissable, sa métaphysique, sa psychologie.

— L'Agnosticisme. Essai sur quelques théories pessim. de la connaissance. 2<sup>e</sup> édit.

— La Recherche de l'Unité. 1893.

— Auguste Comte et Herbert Spencer. 2<sup>e</sup> édit.

— \* Le Bien et le Mal. 1896.

— Le Psychisme social. 1807.

— Les Fondements de l'Éthique. 1898.

**ROISEL**. De la Substance.

— L'Idée spiritualiste. 1897.

**SAIGÉY** L. Physique moderne. 2<sup>e</sup> édit.

**SAISSET** (Émile), de l'Institut. \* L'Âme et la Vie.

**SCHÖPHEL**. Philosophie de la raison pure.

**SCHOPENHAUER**. \* Le Libre arbitre, traduit par M. Salomon Reinach. 7<sup>e</sup> édit.

— \* Le Fondement de la morale, traduit par M. A. Burdeau. 6<sup>e</sup> édit.

— Pensées et Fragments, avec intr. par M. J. Bourdeau. 13<sup>e</sup> édit.

**SELDEN** (Camille). La Musique en Allemagne, étude sur Mendelssohn.

**SIGH ELE**. La Foule criminelle, essai de psychologie collective.

**STRICKER**. Le Langage et la Musique.

**STUART MILL**. "Auguste Comte et la Philosophie positive. 6<sup>e</sup> édit.

— \* L'Utilitarisme. 2<sup>e</sup> édit.

— Correspondance inédite avec Gustave d'Eichthal (1828-1852) — (1864-1871), avant propos et trad. par Eng. d'Eichthal. 1898.

**TAINÉ** (H.) de l'Académie française. \* Philosophie de l'art dans les Pays-Pas.

**TANON**. L'Évolution du droit et la Conscience sociale. 1900.

**TARDE**. La Criminalité comparée. 4<sup>e</sup> édition. 1898.

— \* Les Transformations du Droit. 2<sup>e</sup> édit. 1894.

— Les Lois sociales. 2<sup>e</sup> édit. 1898.

**TRAMIN** (K.), prof. au lycée Condorcet. \* Éducation et positivisme. 2<sup>e</sup> édit. Couronné par l'Institut.

**THOMAS** (P. Félix), docteur ès lettres. \* La suggestion, son rôle dans l'éducation intellectuelle. 2<sup>e</sup> édit. 1898.

— Morale et éducation, 1899.

**TISSIE** \* Les Rêves, avec préface du professeur Azam. 2<sup>e</sup> éd. 1898.

**VIANNA DE LIMA**. L'Homme selon le transformisme.

**WECHNIKOFF**. Savants, penseurs et artistes, publié par RAPHAEL PETRUCCI

**WUNDT**. Hypnotisme et suggestion. Étude critique, traduit par M. Keller.

**ZELLER**. Christian Baur et l'École de Tubingue, traduit par M. Ritter.

**ZIEGLER**. La Question sociale est une Question morale, trad. Palante. 2<sup>e</sup> édit.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8**BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE**

Volumes in-8.

r. à 5 fr., 7 fr. 60 et 10 fr.; Cart. angl., 1 fr. en plus par vol.; Demi-ref. en plus 2 fr. par vol.

- ADAM (Ch.), recteur de l'Académie de Dijon. \* La Philosophie en France (première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle). 7 fr. 50
- AGASSIZ.\* De l'Espèce et des Classifications. 5 fr.
- ARRÉAT.\* Psychologie du peintre. 5 fr.
- AUBRY (le D' P.). La contagion du meurtre. 1896. 3<sup>e</sup> édit. 5 fr.
- AIN (Alex.). La Logique inductive et déductive. Trad. Compayré. 2 vol. 3<sup>e</sup> éd. 20 fr.
- Les Sens et l'Intelligence. 1 vol. Trad. Gazelles. 3<sup>e</sup> édit. 10 fr.
  - Les Émotions et la Volonté. Trad. Le Monnier. 10 fr.
- ALDWIN (Mark), professeur à l'Université de Princeton (États-Unis). Le Développement **mental chez l'enfant et dans la race**. Trad. Nourry. 1897. 7 fr. 50
- BARTHELEMY-SAINTE-HILAIRE, de l'Institut. La Philosophie dans ses rapports avec les sciences et la religion. 5 fr.
- ARZELLOTTI, prof. à l'Univ. de Ruine. La Philosophie de H. Taine. Trad. Aug. Dietrich. 1900. 7 fr. 50
- BERGSON (II.), maître de conférences à l'École normale sup. Matière et mémoire, essai sur les relations du corps à l'esprit. 2<sup>e</sup> édit. 1900. 5 fr.
- Essai sur les données immédiates de la **conscience**. 2<sup>e</sup> édit. 1898. 3 fr. 75
- BERTRAND, prof. à l'Université de Lyon. L'Enseignement intégral. 1898. 5 fr.
- F— Les Études dans la démocratie. 1900. 5 fr.
- BOIRAC (Emile), recteur de l'Acad. de Grenoble. \* L'idée du Phénomène. 5 fr.
- BOUCLÉ, maître de conf. à l'Univ. de Montpellier. Les idées égalitaires. 1899. 3 fr. 75
- BOURREAU (L.). **Le Problème de la mort**. 2<sup>e</sup> édition. 1896. 5 fr.
- BOURDON, professeur à l'Université de Rennes. \*L'expression des émotions et des tendances dans le langage. 7 fr. 50
- BOUTROUX (Em.), de l'Institut. Etudes d'histoire de la philos. 1898. 7 fr. M)
- BROCHARD (V.), professeur à la Sorbonne. **De l'Erreur**. I vol. 2<sup>e</sup> édit. 1897. 5 fr.
- BRUNSCHWIG (E.), agrégé de phil., docteur es lettres. \* Spinoza. 3 fr. 75
- La modalité du jugement. 5 fr.
- GARRAU (Ludovic), professeur à la Sorbonne. La Philosophie **religieuse en Angleterre**, depuis Locke jusqu'à nos jours. 5 fr.
- CHABOT (Ch.), prof. à l'Univ. de Lynn. Nature et Moralité. 1897. 5 fr.
- LAY (R.). \* L'Alternative, *Contribution à la psychologie*. 2<sup>e</sup> édit. 10 fr.
- OLLINS (Howard). \*La Philosophie de Herbert Spencer, avec préface de M. Herbert Spencer, traduit par H. de Varigny. 2<sup>e</sup> édit. 1895. 10 fr.
- OMTE (Aug.). La Sociologie, résumé par E. RIGOLAGE. 1897. 7 fr. 50
- ONTA (R.). Théorie de l'ondulation universelle. 1894. 3 fr. 75
- OSTE. Les principes d'une Sociologie objective. 1899. 3 fr. 75
- RÉPIEUX-JAMIN. L'Écriture et le Caractère. 1<sup>e</sup> édit. 1897. 7 fr. 50
- DE LA GRASSERIE (II), lauréat de l'Institut. De la psychologie des religions. 1899. 5 fr.
- EWAUDE, docteur ès lettres. \*Condillac et la Psychol. anglaise **contemp.** 5 fr.
- UPRAT (G. L.), docteur ès lettres. L'Instabilité mentale. 1899. 5 fr.
- UPROIX (P.), professeur à l'Université de Genève. \* Kant et Fichte et le problème de l'éducation. 2<sup>e</sup> édit. 1897. (Ouvrage couronné par l'Académie française.) 5 fr.
- DURAND IDE Gens). Aperçus **de taxinomie** générale. 1898. 5 fr.
- Nouvelles recherches sur l'esthétique et la morale. I vol. in-8. 1899. 5 fr.
- URKHEIM, prof. à l'Univ. de Bordeaux. \* De la division du travail social. 1893. 7 fr. 50
- Le Suicide, *étude sociologique*. 1897. 7 fr. 50
- L'Année sociologique. Collaborateurs : MM. SIMMEL, BOUCLÉ, MAUSS, HUBERT, LAPIE, EM. LÉVY, RICHARD, A. MILHAUD, SIMIAUD, MUFFANG, FAUCONNET et PARODI.
- 1<sup>re</sup> année, 1896-1897. 2<sup>e</sup> année, 1897-1898. Chaque volume. 10 fr.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

- ESPINAS (A.), professeur à la Sorbonne. La philosophie sociale du XVIII<sup>e</sup> siècle et la Révolution française. 1898. 7 fr.
- FERRERO (G.). Les lois psychologiques du symbolisme. 1895. 5
- FERRI (Louis). La Psychologie de l'association, depuis Hobbes. 7 fr.
- FLINT, prof. à l'Univ. d'Edimbourg. \* La Philos. de l'histoire en Allemagne. 7 fr.
- FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon. \* Essai sur le libre arbitre. Couronné par l'Institut. 2<sup>e</sup> édit. 1895. 10
- FOUILLÉE (A.), de l'Institut. \* La Liberté et le Déterminisme. 5<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Critique des systèmes de morale contemporains. 1<sup>er</sup> édit. 7 fr.
- \* La Morale, l'Art, la Religion, d'après GUYAU. 4<sup>e</sup> édit. augm. 3 fr.
- L'Avenir de la Métaphysique fondée sur l'expérience. 2<sup>e</sup> édit. 1
- \* L'Évolutionnisme des idées-forces. 7 fr.
- \* La Psychologie des idées-forces. 2 vol. 2<sup>e</sup> édit. 15
- \* Tempérament et caractère. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Le Mouvement positiviste et la conception sociol. du monde. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Le Mouvement idée liste et la réaction contre la science posit. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Psychologie du peuple français. 7 fr.
- FRANCK (A.), de l'Institut. Philosophie du droit civil. 5
- FULLIQUET. Essai sur l'Obligation morale. 1898. 7 fr.
- GAROFALO, agrégé de l'Université de Naples. La Criminologie. 4<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- La superstition socialiste. 1895. 5
- GÉRARD-VARET, chargé de cours à l'Univ. de Dijon. L'Ignorance et l'Inflexion. 1899. 5
- GOBLOT (E.), docteur ès lettres, maître de conférences à la Faculté des lettres Toulouse. Essai sur la Classification des sciences. 1838. 5
- GODFERNAUX (A.), docteur ès lettres. \* Le sentiment et la pensée. 1894. 5
- GORY (G.), docteur ès lettres. L'Immanence de la raison dans la connaissance sensible. 1896. 5
- GREEF (de), prof. à la nouvelle Université libre de Bruxelles. Le transformisme social. Essai sur le progrès et le regres des sociétés. 1895. 7 fr.
- GURNEY, M VER S et PODMORE. Les Hallucinations télépathiques, traduit et abrégé, \* *Phantasms of The Living* par L. MARILLIER, préf. de CH. RICHEL. 3<sup>e</sup> éd. 7 fr.
- GUYAU (M.). \* La Morale anglaise contemporaine. 5<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Les Problèmes de l'esthétique contemporaine. 6<sup>e</sup> édit. 5
- Esquisse d'une morale sans obligation ni sanction. 5<sup>e</sup> édit. 5
- L'Irréligion de l'avenir, étude de sociologie. 7<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- \* L'Art au point de vue sociologique. 5<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- \* Education et Hérité, étude sociologique. 5<sup>e</sup> édit. 5
- HANNEQUIN, professeur à l'Université de Lyon. Essai sur l'hypothèse des atomes. 2<sup>e</sup> édition. 1899. 7 fr.
- HERBERT SPENCER. \* Les Premiers principes. Traduc. Gazelles. 8<sup>e</sup> éd. 10
- \* Principes de biologie. Traduct. Gazelles. 4<sup>e</sup> édit. 2 vol. 20
- \* Principes de psychologie. Trad. par MM. Ribot et Espinas. 2 vol. 20
- \* Principes de sociologie. 4 vol., traduits par MM. Gazelles et Gerschel : Tome I. 10 fr. — Tome II. 7 fr. 50. — Tome III. 15 fr. — Tome IV. 3 fr.
- \* Essais sur le progrès. Trad. A. Burdeau. 4<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Essais de politique. Trad. A. Burdeau. 4<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- Essais scientifiques. Trad. A. Burdeau. 3<sup>e</sup> édit. 7 fr.
- \* De l'Education physique, intellectuelle et morale. 10<sup>e</sup> édit. (Voy. p. 3, 21 et 32.) 5
- BIRTH (G.). \* Physiologie de l'Art. Trad. et introd. de M. L. Arréat. 5
- IZOULET (J.), professeur au Collège de France. \* La Cité moderne. 4<sup>e</sup> édition. 1897. 10
- JANET (Paul), de l'Institut. \* Les Causes finales. 3<sup>e</sup> édit. 10
- \* Histoire de la science politique dans ses rapports avec la morale. 2 vol. 3<sup>e</sup> édit., revue, remaniée et considérablement augmentée. 20
- \* Victor Cousin et son œuvre. 3<sup>e</sup> édition. 7 fr.
- Œuvres philosophiques de Leibniz. 2 vol. 1900. 20

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

- JANET (Pierre), chargé de cours à la Sorbonne. \* L'Automatisme psychologique, essai sur les formes inférieures de l'activité mentale. 3<sup>e</sup> édit. 7 fr. 50
- LALANDE (A.), agrégé de philosophie, docteur ès lettres. La dissolution opposée à l'évolution, dans les sciences physiques et morales. 1 vol. in-8. 1899. 7 fr. 50
- LANG (A.). \* Mythes, Cultes et Religion. Traduit par MM. Marillier et Durr, introduction de Marillier. 1896. 10 fr.
- LAVELEYE (de). \*De la Propriété et de ses formes primitives. 4<sup>e</sup> édit. 10 fr.
- \*Le Gouvernement dans la démocratie. 2 vol. 3<sup>e</sup> édit. 1896. 15 fr.
- LE BON (D' Gustave). Psychologie du socialisme. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr. 50
- LÉVY-BRUHL, maître de conférences à la Sorbonne. \*La Philosophie de Jacobi. 1894. 5 fr.
- Lettres inédites de J.-S. Mill à Auguste Comte, publiées avec les réponses de Ceinte et une introduction. 1899. 10 fr.
- La Philosophie d'Aug. Comte. 1900. 7 fr. 50
- LIARD, de l'Institut. \* Descartes. 5 fr.
- \* La Science positive et la Métaphysique. 4<sup>e</sup> édit. 7 fr. 50
- LICHTENBERGER (H.), professeur à l'Université de Nancy. Richard Wagner, poète et penseur. 2<sup>e</sup> édit. 1899. 10 fr.
- LOMBROSO. \* L'Homme criminel (criminel-né, fou-moral, épileptique), précédé d'une préface de M. le docteur LETOURNEAU. 3<sup>e</sup> éd. 2 vol. et atlas. 1895. 36 fr.
- LOMBROSO ET FERRERO. La Femme criminelle et la prostituée. 15 fr.
- LOMBROSO et LASCHI. Le Crime politique et les Révolutions. 2 vol. 15 fr.
- LYON (Georges), maître de conférences à l'École normale supérieure. \* L'Idéalisme en Angleterre au XVIII. siècle. 7 fr. 50
- MALAPERT (P.), docteur ès lettres, prof. au lycée Louis-le-Grand. Les Éléments du caractère et leurs lois de combinaison. 1897. 5 fr.
- MARION (H.), professeur à la Sorbonne. \*De la Solidarité morale. Essai de psychologie appliquée. 6<sup>e</sup> édit. 1897. 5 fr.
- MARTIN (Fr.), docteur ès lettres, prof. au lycée Saint-Louis. La perception extérieure et la science positive, essai de philosophie des sciences. 1894. 5 fr.
- MATTHEW ARNOLD. La Crise religieuse. 7 fr. 50
- MAI MULLER, prof. à l'Université d'Oxford. Nouvelles études de mythologie, trad. de l'anglais par L. Job, docteur ès lettres. 1898. 12 fr. 50
- NAVILLE (E.), correspond. de l'Institut. La physique moderne. 2<sup>e</sup> édit. 5 fr.
- \* La Logique de l'hypothèse. 2<sup>e</sup> édit. 5 fr.
- \* La définition de la philosophie. 1894. 5 fr.
- Le Libre arbitre. 2<sup>e</sup> é iii. 1898. 5 fr.
- Les philosophies négatives. 1899. 5 fr.
- NORDAU (Max). \*Dégénérescence, trad. de Aug. Dietrich. 5<sup>e</sup> éd. 1898. 2 vol. Tome I. 7 fr. 50. Tome II. 10 fr.
- Les Mensonges conventionnels de notre civilisation, 5<sup>e</sup> édit. 1899. 5 fr.
- NOVICOW. Les Lutttes entre Sociétés humaines. 2<sup>e</sup> édit. 10 fr.
- \* Les gaspillages des sociétés modernes. 2<sup>e</sup> édit. 1899. 5 fr.
- OLDENBERG, professeur à l'Université de Kiel. \*Le Bouddha, sa Vie, sa Doctrine, sa Communauté, trad. par P. Foucher. Préf. de Lucien Lévy. 7 fr. 50
- PAULHAN (Fr.). L'Activité mentale et les Éléments de l'esprit. 10 fr.
- Les types intellectuels : esprits logiques et esprits faux. 1896. 7 fr. 50
- YOT (J.), inspect. d'académie. \* L'Éducation de la volonté. 10<sup>e</sup> édit. 1900. 5 fr.
- De la croyance. 1896. 5 fr.
- PÉRÈS (Jean), prof. à l'Univ. de Grenoble. L'Art et le Réel. 1898. 3 fr. 75
- PÉREZ (Bernard), professeur au lycée de Toulouse. Les Trois premières années de l'enfant. 5<sup>e</sup> édit. 5 fr.
- L'Éducation morale dès le berceau. 3<sup>e</sup> édit. 1896. 5 fr.
- \* L'éducation intellectuelle dès le berceau. 1896. 5 fr.
- PIAT (C.). La Personne humaine. 1898. (Couronné par l'Institut). 7 fr. 50
- Destinée de l'homme. 1898. 5 fr.

## F. ALCAN

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

- PICAVET (E.), maître de conférences à l'École des hautes études. \* **Les Idéologues** : essai sur l'histoire des idées, des théories scientifiques, philosophiques, religieuses, etc., en France, depuis 1789. (Ouvr. couronné par l'Académie française.) 10 fr.
- PIDERIT. La Mimique et la Physiognomonie. Trad. par M. Girot. 5 fr.
- PILLON (F.). \* **L'Année philosophique**, 9 années : 1890, 1891, 1892, 1893 (épuisé). 1894, 1895, 1896, 1897 et 1898. 9 vol. Chaque volume séparément. 5 fr.
- PIOGER (J.). La Vie et la Pensée, essai de conception expérimentale. 1894. 5 fr.  
— La vie sociale, la morale et le progrès. 1894. 5 fr.
- PREYER, prof. à l'Université de Berlin. **Éléments** de physiologie. 5 fr.  
— \* **L'Âme** de l'enfant. Développement psychique des premières années. 10 fr.
- PROAL. \* **Le Crime et la Peine**. 3° éd. Couronné par l'Institut. 10 fr.  
— \* **La criminalité politique**. 1895. 5 fr.
- RAUH, professeur à l'Université de Toulouse. De la méthode dans la psychologie des sentiments. 1899. 5 fr.
- RÉCEJAC, docteur ès lettres. Essai sur les Fondements de la **Connaissance** mystique. 1897. 5 fr.
- RIBOT (Th.). \* **L'Hérédité psychologique**. 5° éd. 7 fr. 50  
— \* **La Psychologie anglaise contemporaine**. 4° éd. 7 fr. 50  
— \* **La Psychologie allemande contemporaine**. 4° éd. 7 fr. 50  
— **La psychologie des sentiments**. 3° éd. 1899. 7 fr. 50  
— **L'Évolution des idées générales**. 1897. 5 fr.
- RICARDOU (A.), docteur ès lettres. \* **De l'Idéal**. Couronné par l'Institut. 5 fr.
- ROBERTY (E. de). **L'Ancienne et la Nouvelle philosophie**. 7 fr. 50  
— \* **La Philosophie du siècle** (positivisme, criticisme, évolutionnisme). 5 fr.
- ROMANES. \* **L'Évolution mentale chez l'homme**. 7 fr. 50
- SAIGFY (E.). \* **Les Sciences au XVIII<sup>e</sup> siècle**. La Physique de Voltaire. 5 fr.
- SANZ Y ESCARTIN. **L'Individu et la réforme sociale**, trad. Dietrich. 7 fr. 50
- SCHOPENHAUER. **Aphor.** sur la sagesse dans la vie. Trad. Cantacuzène. 5 fr.  
— \* **De la Quadruple racine du principe de la raison suffisante**, suivi d'*uni*  
*Histoire de la doctrine de l'idéal et du réel*. Trad. par M. Cantacuzène. 5 fr.  
— \* **Le Monde comme volonté et comme représentation**. Traduit par M. A. Bue  
dean. 3° éd. 3 vol. Chacun séparément. 7 fr. 50
- SÉAILLES (G.), prof. à la Sorbonne. Essai sur le génie dans l'art. 2° éd. 5 fr.
- SERGI, prof. à l'Univ. de Rome. **La Psychologie physiologique**. 7 fr. 50
- SOLLIER. **Le Problème de la mémoire**. 1900. 3 fr. 71
- SOURIAU (Paul), prof. à l'Univ. de Nancy. **L'Esthétique du mouvement**. 5 fr.  
— \* **La suggestion dans l'art**. 5 fr.
- STUART MILL. \* **Mes Mémoires**. Histoire de ma vie et de mes idées. 3° éd. 5 fr.  
— \* **Système de logique déductive et inductive**. 4° éd. 2 vol. 20 fr.  
— \* **Essais sur la religion**. 2° éd. 5 fr.  
— **Lettres inédites à Aug. Comte et réponses d'Aug. Comte**, publiées et pré  
cédées d'une Introduction par L. LÉVY BRUHL. 1899. 10 fr.
- SULLY (James). **Le Pessimisme**. Trad. Bertrand. 2° éd. 7 fr. 50  
— **Études pur l'enfance**. Trad. A. Monod, préface de G. Compayré. 1898. 10 fr.
- TARDE (G.). \* **La logique sociale**. 2° éd. 1898. 7 fr. 50  
— \* **Les lois de l'imitation**. 3° éd. 1900. 7 fr. 50  
— **L'Opposition universelle. Essai d'une théorie des contraires**. 1897. 7 fr. 50
- THOMAS (P.-F.), docteur ès lettres. **L'Éducation des sentiments**. 1898, couronné  
par l'Institut. 5 fr.
- TROUVEREZ (Émile), professeur à l'Université de Toulouse. **Le Réalisme méta-**  
**physique** 1894. Couronné par l'Institut. 5 fr.
- VACHEROT (Et.), de l'Institut. \* **Essais de philosophie critique**. 7 fr. 50  
— **La Religion**. 7 fr. 50
- WUNDT. **Éléments** de psychologie physiologique. 2 vol. avec figures. 10 fr.

## COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES

## PHILOSOPHIE ANCIENNE

- ARISTOTE (Œuvres d')**, traduction de J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, de l'Institut.
- \*Rhétorique. 2 vol. in-8. 16 fr.
  - \*Politique. 1 vol. in-8... 10 fr.
  - **La Métaphysique d'Aristote.** 3 vol. in-8. .... 30 fr.
  - **De la Logique d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. 2 vol in-8 ..... 10 fr.
  - **Table alphabétique des matières de la traduction générale d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, 2 forts vol. in-8. 1892 ..... 30 fr.
  - **L'Esthétique d'Aristote**, par M. BÉNARD. 1 vol. in-8. 1889. 5 fr.
- SOCRATE.** \* **La Philosophie de Socrate**, par Alf. FOUILLÉE. 2 vol. in-8. (6 fr.
- **Le Procès de Socrate**, par G. SOREL. 1 vol. in-8 ..... 3 fr. 50
- PLATON. Études sur la Dialectique dans Platon et dans Hegel**, par Paul JANET. 1 vol. in-8. 6 fr.
- \*Platon. **sa philosophie**, sa vie et de ses œuvres, par CH. BÉNARD. 1 vol. in-8. 1893 ..... 10 fr.
  - **La Théorie platonicienne des Sciences**, par ÉLIE HALÉVY. In-8. 1895 ..... 5 fr.
- PLATON. œuvres**, traduction VICTOR COUSIN revue par J. BARTHÉLEMY-
- SAINT-HILAIRE** : Socrate et Platon ou le Platonisme — *Eutyphron* — Apologie de Socrate — Criton — Phédon. 1 vol. in-8. 1896. 7 fr. 50
- EPICURE** \* **La Morale d'Epicure** et ses rapports avec les doctrines contemporaines, par M. GUYAU. 1 volume in-8. 3<sup>e</sup> édit... 7 fr. 50
- BÉNARD. La Philosophie ancienne**, histoire de ses systèmes. *La Philosophie et la Sagesse orientales.* — *La Philosophie grecque avant Socrate.* — *Socrate et les socratiques.* — *Études sur les sophistes grecs.* 1 v. in-8 9 fr.
- FAVRE** (Mme Jules), née VELTEN. **La Morale des stoïciens.** In-18. 3 fr. 50
- **La Morale de Socrate** In-18. 3 fr. 50
  - **La Morale d'Aristote.** In-18. 3 fr. 50
- OGEREAU. Système philosophique des stoïciens.** In-8 5 fr.
- RODIÈR** (G.). \* **La Physique de Straton de Lampsaque.** In-8. 3 fr.
- TANNERY** (Paul). **Pour l'histoire de la science hellène** (de Thalès à Empédocle). 1 v. in-8. 1887... ..... 7 fr. 50
- MILHAUD** (G.). \* **Les origines de la science grecque.** 1 vol. in-8. 1893. .... 5 fr.

## PHILOSOPHIE MODERNE

- \* DESCARTES, par L. LIARD. 1 vol. in-8..... 5 fr.
  - **Essai sur l'Esthétique de Descartes**, par E. KRANTZ. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> éd. (897) ..... 6 fr.
- SPINOZA. Benedicti de Spinoza opera**, quotquot reperta sunt, recognoverunt J. Van Vloten et J.-P.-N. Land. 2 torts vol. in-8 sur papier de Hollande. 45 fr.
- Le même en 3 volumes élégamment reliés ..... 18 fr.
- **Inventaire des livres formant sa bibliothèque**, publié d'après un document inédit avec des notes biographiques et bibliographiques et une introduction par A.-J. SERVAAS VAN RVOIJEN. 1 v. in-4 sur papier de Hollande ..... 15 fr.
- SPINOZA. La Doctrine de Spinoza**, exposée à la lumière des faits scientifiques, par E. FERRIÈRE. 1 vol in-12 3 fr. 50
- GEULINCK** (Arnoldi). **Opera philosophica** recognovit J.-P.-N. LAND. 3 volumes, sur papier de Hollande, gr. in-8. Chaque vol... 17 fr. 75
- GASSENDI. La Philosophie de Gassendi**, par P.-F. THOMAS. In-8. 1889. 6 fr.
- LOCKE.** \* **Sa vie et ses œuvres**, liar MARION. In-18. 3<sup>e</sup> éd 2 fr 50
- MALEBRANCHE.** \* **La Philosophie de Malebranche**, par OLLÉ-LAPRUNE, de l'Institut. 2 v. in-8 16 fr.
- PASCAL. Études sur le scepticisme de Pascal**, par DROZ. 1 vol. in-8 6 fr.

VOLTAIRE. **Les Sciences au XVIII<sup>e</sup> siècle.** Voltaire physicien, par Em. SAIGREY. 1 vol. in-8. 5 fr.  
 FRANCK (Ad.), de l'Institut. **La Philosophie mystique en France au XVIII<sup>e</sup> siècle.** t volume in-18 2 fr. 50  
 DAMIRON. **Mémoires pour servir à l'histoire de is philosophie au XVIII<sup>e</sup> siècle.** 3 vol. in 8. 15 fr.

J.-J. ROUSSEAU. **Du Contrat social,** édition comprenant avec le texte définitif les versions primitives de l'ouvrage d'après les manuscrits de Genève et de Neuchâtel, avec introduction, par EDMOND DREYFUS-BRISAC. 1 fort volume grand in-8. 12 fr.  
 ERASME. **Stutitue huis des. Erasmi Rot. declamatio** Publié et annoté par J.-B. KAN, avec les figures de HÖLBEIN. 1 v. in-8. 6 fr. 75

PHILOSOPHIE ÉCOSSAISE

DUGALD STEWART. \***Éléments de la philosophie de l'esprit humain.** 3 vol. in-12 9 fr.  
 BACON. **Etude sur François Bacon,** par J. BARTHELEMY-SAINT-HILAIRE. In-18 2 fr. 50  
 — \* **Philosophie de François**

**flacon,** par CH. ADAM. (Couronné par l'Institut). In-8 .....7 fr. 50  
 BERKELEY. **œuvres choisies. Essai d'une nouvelle théorie de la vision. Dialogu s d'Hylas et de Philonoüs.** Trad. de l'angl. par MM. BEAULAYON (G.) et PA RODI (D.). In-8. 1895. 5 fr.

PHILOSOPHIE ALLEMANDE

KANT. **La Critique de la raison pratique,** traduction nouvelle avec introduction et notes, par M. PICA-VET. 1 vol. in-8. 6 fr.  
 — **!Éclaircissements sur la Critique de la Maison pure,** trad. TISSOT. 1 vol. in-8 .....6 fr.  
 — \* **Principes métaphysiques de la ..... ale, et Fondements de la métaphysique des mœurs,** traduit. TISSOT. In-8 ..... 8 fr.  
 — **Doctrine de la vertu,** traduction BARNI. 1 Vol in-8 .....8 fr.  
 — \* **Mélanges de logique,** traduction TISSOT. 1 v. in-8 .....6 fr.  
 — \* **Prolégomènes A toute métaphysique future** qui se présentera comme science, traduction TISSOT. 1 vol. in-8 6 fr.  
 — \* **Anthropologie**, suivie de divers fragments relatifs aux rapports du physique st du moral de l'homme, et du commerce des esprits d'un monde à l'autre, traduction TISSOT. 4 vol. in-8 6 fr.  
 — **Essai critique sur l'Esthétique de Kant,** par Y. HASCH. 1 vol. in-8. 1896 10 fr.  
 — **Sa morale,** par CRESSON. 1 vol. in-12 ..... 2 fr. 50  
 KANT et FICHTE **et le problème de l'éducation** par PAUL DUPROIX. 1 vol. in-8. 1897 5 fr.  
 SCHELLING. **Bruno, ou du principe divin.** 1 vol. in-8 ..... 3 fr. 50

REGEL. \***Logique.** 2 vol. in-8. 11 fr.  
 — \* **Philosophie de la nature.** 3 vol. in-8. .... 25 fr.  
 — \***Philosophie de l'esprit.** 2 vol. in-8 ..... 11 8 fr.  
 — \* **Philosophie de la religion.** 2 vol. in-8.. ..... 20 fr.  
 — **La Poétique,** trad. par M. Ch. BÉ-NARD. Extraits de Schiller, Goethe, Jean-Paul, etc., 2 v. in-8. 12 fr.  
 — **Esthétique.** 2 vol. in-8, trad. RENARD ..... 16 fr.  
 — **Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française,** par E. BEAUSSIRE. 1 vol. in-48 ..... 2 fr, 50  
 — **Introduction à la philosophie de Hegel,** par VERA. t vol. in-8. 2e édit ..... 6 fr. 50  
 — **La logique de Hegel,** par EUG. NOEL In-8. 1897 ..... 3 fr.  
 HERBART. **Principa es oeuvres pédagogiques,** trad. A. PINLOCHE. In-8. 1894..... 7 fr. 50  
 HUMBOLDT (G. de). **Essai sur les limites de l'action de l'État.** in-8 ..... 3 fr. 50  
 MAUXION (M.). **La métaphysique de Herbart et la critique de Kant.** 1 vol. in-8 ..... 7 fr. 50  
 RICHTER (Jean-Paul-Fr.) **Poétique Ou Introduction à l'Esthétique.** 2 vol. in-8. 1862 ..... 15 fr.  
 SCHILLER. **Son esthétique,** par FR. MONTARGIS. In-8 ..... 11 fr.

**PHILOSOPHIE ANGLAISE CONTEMPORAINE**

(Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 à 8.)

ARNOLD (Matt.). — BAIN (Alex). — CARRAIT (Lud.). — CLAY (R.). — COLLINS (H.). — CARUS. — FERRI (L.). — FLINT. — GUYAU. — GURNEY, MYERS et PODMOR. — HERBERT-SPENCER. — HUXLEY. — LIARD. — LANG, — LUBBOCK (Sir John). — LYON (Georges). — MARION. — MAUDSLEY. — STUART-MILL (JOHN). — ROMANES. — SULLY (James).

**PHILOSOPHIE ALLEMANDE CONTEMPORAINE**

(Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 à 8.)

BOUCLÉ — HARTMANN (E. de). — NORDAU (Max). — NIETZSCHE. — OLDENBERG. — PIDERIT. — PREYER. — RIBOT (Th.). — SCHMIDT (O.). — SCHÖEBEL. — SCHOPENHAUER. — SELDEN (C.). — STRICKER. — WUNDT. — ZELLER. — ZIEGLER.

**PHILOSOPHIE ITALIENNE CONTEMPORAINE**

(Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 à 8.)

EPINAS. — FERRERO. — FERRI (Enrico). — FERRI (L.). — GAROFALO. — LEOPARDI. — LOMBROSO. — LOMBROSO et FERRERO. — LOMBROSO et LASCHI. — MARIANO. — MOSSO. — PILO (Marco). — SERGI. — SIGHELE.

**LES GRANDS PHILOSOPHES**

Publiés sous la direction de M. l'Abbé C. PIAT

Sous ce titre, M. L'ARISE HAT, *agrégé* de philosophie, docteur ès lettres, professeur à l'École des Carmes, va publier, avec la collaboration de savants et de philosophes connus, une série d'études consacrées aux grands philosophes: *Socrate, Platon, Aristote, Philon, Plotin et Saint Augustin; Saint Anselme, Saint Bonaventure, Saint Thomas d'Aquin et Dunsscot, Malebranche, Pascal, Spinoza, Leibniz, Kant, Hé gel, Herbert-Spencer*, etc.

Chaque étude formera un volume in-8e carré de 300 pages environ, du prix de 5 francs.

PARAITRONT DANS LE COURANT DE L'ANNÉE 1900:

Avicenne, par le baron CARRA DE VAUX.

Saint Anselme, par M. DOMET DE VORGES, ancien ministre plénipotentiaire.

Socrate, par M. l'abbé C. PIAT.

Saint Augustin, par M. l'abbé JULES MARTIN.

Descartes, par M. le baron Denys COCHIN, député de Paris.

Saint Thomas d'Aquin, par Ms<sup>r</sup> MERCIER, directeur de l'Institut supérieur de philosophie de l'Université de Louvain, et par M. DE WULF, professeur au même Institut.

Malebranche, par M. Henri JOLY, ancien doyen de la Faculté des lettres de Dijon.

Saint Bonaventure, par M<sup>r</sup>. DADOLLE, recteur des Facultés libres de Lyon.

Maine de Biran, par M. Marius COUAILHAC, docteur ès lettres.

Rosmini, par M. BAZAILLAS, agrégé de l'Université, professeur au collège Stanislas.

Pascal, par M. HATZFELD, professeur honoraire au lycée Louis-le-Grand.

Kant, par M. RUYSSSEN, agrégé de l'Université, professeur au lycée de La Rochelle.

Spinoza, par M. G. FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon.

Dunsscot, par le R. P. DAVID FLEMING, *définiteur* général de l'ordre des Franciscains.

# BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE

DES

# SCIENCES SOCIALES

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

DICK MAY, Secrétaire général du Collège libre des Sciences sociales.

Depuis plusieurs années, le cercle des études sociales s'est élargi: elles sont sorties du domaine de l'observation pour entrer dans celui des applications pratiques et de l'histoire, qui s'adressent à un plus nombreux public.

Aussi ont-elles pris leur place dans le haut enseignement. La récente fondation du Collège libre des sciences sociales a montré la diversité et l'utilité des questions qui font partie de leur domaine; les nombreux auditeurs qui en suivent les cours et conférences prouvent par leur présence que cette nouvelle institution répond à un besoin de curiosité générale.

C'est à ce besoin que répond également la *Bibliothèque générale des sciences sociales*.

La *Bibliothèque générale des sciences sociales* est ouverte à tous les travaux intéressants, quelles que soient les opinions des sociologues qui lui apportent leur concours, et l'école à laquelle ils appartiennent.

## VOLUMES PUBLIÉS

L'individualisation de la peine, par R. SALEILLES, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Paris,

L'idéalisme social, par Eugène FOUR BIÈRE, député.

Ouvriers du temps passé (xv<sup>e</sup> et xvi<sup>e</sup> siècles), par H. HAUSER, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand.

Les transformations du pouvoir, par G. TARDE.

Morale sociale. Leçons professées au collège libre des sciences sociales, par MM. G. BELOT, MARCEL BERNES, BRUNSCHVIG, F. BUISSON, DARLU, DAURIAC, DELBET, GH. GIDE, M. KOVALEVSKY, MALAPERT, 1<sup>er</sup> R. P. MAUMUS, DE ROBERTY, G. SOREL, le PASTEUR WAGNER. Préface de M. ÉMILE BOUTROUX, de l'Institut.

Les enquêtes, pratique et théorie, par P. DU MAROUSSEM.

Chaque volume in-8" carré de 300 pages environ, cartonné à l'anglaise ..... 6 fr.

## EN PRÉPARATION

La méthode historique appliquée aux sciences sociales, par Charles SEIGNOBOS, maître de conférences à la Faculté des lettres de l'Université de Paris.

La formation de la démocratie socialiste en France, par Albert MÉTIS, agrégé de l'Université.

Le mouvement social catholique depuis l'encyclique *Rerum novarum*, par Max TURMANN.

La méthode géographique appliquée aux sciences sociales, par Jean BRUNES, professeur à l'Université de Fribourg (Suisse).

Les Bourses, par TH ALLER, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Paris.

La décomposition du Marxisme, par Ch. ANDLER, maître de conférences à l'École normale supérieure.

La statique sociale, par le D<sup>r</sup> DELBET, député, directeur du Collège libre des sciences sociales.

Le monisme économique (sociologie marxiste), par DE KELLÈS-KRAUZ.

L'organisation industrielle moderne. Ses caractères, son développement, par MAURICE DOFOURMENTELLE.

Précis d'économie sociale. *Le Play et la méthode d'observation*, par Alexis DELAIRE, secrétaire général de la Société d'économie sociale.

# BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-12 brochés à 3 fr. 50. - Volumes in-8 brochés de divers prix  
Cartonnage anglais, 50 cent. par vol. in-12; 1 fr. par vol. in-8.  
Demi-reliure, 1 fr. 50 par vol. in-12; 2 fr. par vol. in-8.

## EUROPE

- SYBEL** (H. de). \* Histoire de l'Europe pendant la Révolution française, traduit de l'allemand par Mlle **DOSQUET**. Ouvrage complet en 6 vol. in-8. 42 fr.  
**DEBIDOUR**, inspecteur général de l'Instruction publique. \* Histoire diplomatique de l'Europe, de 1815 à 1878. 2 vol. in-8. (Ouvrage couronné par l'Institut.)

## FRANCE

- AULARD**, professeur à la Sorbonne. \* Le Culte de la Raison et le Culte de l'Être suprême, étude historique (1793-1794). 1 vol. in-12. 3 fr. 50  
- \* Études et leçons sur la Révolution française. 2 vol. in-12. Chacun. 3 fr. 50  
**DESPOIS** (Eug.). \* Le Vandalisme révolutionnaire. Fondations littéraires, scientifiques et artistiques de la Convention. 4<sup>e</sup> édition, précédée d'une notice sur l'auteur par M. Charles **BIGOT**. 1 vol. in-12. 3 fr. 50  
**DEBIDOUR**, inspecteur général de l'Instruction publique. Histoire des rapports de l'Église et de l'État en France (1789-1870). 1 fort vol. in-8. 1898. (Couronné par l'Institut.) 12 fr.  
**ISAMBERT** (G.). \* La vie à Paris pendant une année de la Révolution (1791-1792). 1 vol. in-12. 1896. 3 n. 50  
**MARCELLIN PELLET**, ancien député. Variétés révolutionnaires. 3 vol. in-12, précédés d'une préface de A. **RANC**. Chaque vol. séparé. 3 fr. 50  
**BONDOIS** (P.), agrégé de l'Université. \* Napoléon et la société de son temps (1793-1821). 1 vol. in-8. 7 fr.  
**CARNOT** (H.), sénateur. \* La Révolution française, résumé historique. 1 volume in-12. Nouvelle édition. 3 fr. 50  
**WEILL** (C.). Histoire du parti républicain, de 1814 à 1870. 1 vol. in-8. 1900. 7 fr.  
**BLANC** (Louis). \* Histoire de Dix ans (1830-1840). 5 vol. in-8. 25 fr.  
- 25 pl. en taille-douce. Illustrations pour *l'Histoire de Dix ans*. 6 fr.  
**ÉLIAS REGNAULT**. Histoire de Huit ans (1840-1848). 3 vol. in-8. 15 fr.  
- 14 planches en taille-douce. Illustrations pour *l'Histoire de Huit ans*: 4 fr.  
**GAFFAREL** (P.), professeur à l'Université de Dijon. \* Les Colonies françaises. 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édition revue et augmentée. 5 fr.  
**LAUGEL** (A.). \* La France politique et sociale. 1 vol. in-8. 5 fr.  
**SPULLER** (E.), ancien ministre de l'Instruction publique. \* Figures disparues, portraits contemporains, littéraires et politiques. 3 vol. in-12 Chacun. 3 fr. 50  
- Histoire parlementaire de la deuxième République. É volume in-12. 2<sup>e</sup> édit. 3 fr. 50  
- Hommes et choses de la Révolution. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr 50  
**TAXILE DELORD**. \* Histoire du second Empire (1848-1870). 6 v. in-8. 42 fr.  
**VALLAUX** (C.). Les campagnes des armées françaises (1792-1815). 1 vol. in-12, avec 17 cartes dans le texte. 3 fr. 50  
**ZEVORT** (E.), recteur de l'Académie de Caen. Histoire de la troisième République:  
Tome I. \* La présidence de M. Thiers 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.  
Tome II. \* La présidence du Maréchal. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.  
Tome III. La présidence de Jules Grévy. 1 vol. in-8. 7 fr.  
Tome IV. La présidence de Sadi Carnot. 1 vol. in-8. (Sous presse.) 7 fr.

- WAHL, inspecteur général honoraire de l'Instruction aux colonies. \* L'Algérie. 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édit. refondue. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 5 fr.
- LANESSAN (J.-L. de). • L'Indo-Chine française. Étude économique, politique et administrative sur la Cochinchine, le Cambodge, l'Annam et le Tonkin. (Ouvrage couronné par la Société de géographie commerciale de Paris, médaille Duplex.) 1 vol. in-8, avec 5 cartes en couleurs hors texte. 15 fr.
- \* La colonisation française en Indo-Chine. 1 vol. in-12, avec une carte de l'Indo-Chine. 1895. 3 fr. 50
- LAPIE (P.), agrégé de l'Université. Les Civilisations tunisiennes (Musulmans, Israélites, Européens). 1 v. in-12. 1898. (Couronné par l'Académie française.) 3 fr. 50
- WEILL (Georges), agrégé de l'Université, docteur ès lettres. L'École saint-simonienne, son histoire, son influence jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50

## ANGLETERRE

- LAUGEL (Aug.). \* Lord Palmerston et lord Russell. 1 vol. in-12. 3 fr. 50
- SIR CORNEWAL LEWIS. \* Histoire gouvernementale de l'Angleterre, depuis 1770 jusqu'à 1830. Traduit de l'anglais. 1 vol. in-8. 7 fr.
- REYNALD (H.), doyen de la Faculté des lettres d'Aix. \* Histoire de l'Angleterre, depuis la reine Anne jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 2<sup>e</sup> éd. 3 fr. 50
- MÉTIN (Albert). Le Socialisme en Angleterre. 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50

## ALLEMAGNE

- VÉRON (Eug.). \* Histoire de la Prusse, depuis la mort de Frédéric II jusqu'à la bataille de Sadowa. 1 vol. in-12. 6<sup>e</sup> édit., augmentée d'un chapitre nouveau contenant le résumé des événements jusqu'à nos jours, par P. BONDOIS, professeur agrégé d'histoire au lycée Buffon. 3 fr. 50
- \* Histoire de l'Allemagne, depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3<sup>e</sup> éd., mise au courant des événements par P. BONDOIS. 3 fr. 50
- ANDLER (Ch.), maître de conférences à l'École normale. Les origines du socialisme d'état en Allemagne. 1 vol. in-8. 1897. 7 fr.
- GUILLAND (A.), professeur d'histoire à l'École polytechnique suisse. L'Allemagne nouvelle et ses historiens. NIEBUHR, RANKE, MOMMSEN, SYBEL, TREITSCHKE. 1 vol. in-8. 1890. 5 fr.

## AUTRICHE-HONGRIE

- ASSELIN (L.). \* Histoire de l'Autriche, depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3. édit. 3 fr. 50
- BOURLIER (J.). \* Les Tchèques et la Bohême contemporaine, avec préface de M. FLOURENS, ancien ministre des Affaires étrangères. 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50
- AUERBACH, professeur à la Faculté des lettres de Nancy. Les races et les nationalités en Autriche-Hongrie. 1 vol. in-8, avec une carte hors texte. 1898. 3 fr.
- SAYOUS (Ed.), professeur à la Faculté des lettres de Toulouse. Histoire des Hongrois et de leur littérature politique, de 1790 à 1815. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

## ITALIE

- SORIN (Élie). \* Histoire de l'Italie, depuis 1815 jusqu'à la mort de Victor-Emmanuel. 1 vol. in-12. 1888. 3 fr. 50
- GAFFAREL (P.), professeur à la Faculté des lettres de Dijon. \* Bonaparte et les Républiques italiennes (1796-1799). 1895. 1 vol. in-8. 5 fr.

## ESPAGNE

- REYNALD (H.). \* Histoire de l'Espagne, depuis la mort de Charles III jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

## ROUMANIE

- DAME (Fr.). La Roumanie contemporaine, 1 vol. in-8. 1900. 5 fr.

## RUSSIE

**CRÉHANGE (M.)**, agrégé de l'Université. \* Histoire **contemporaine de la Russie**, depuis la mort de Paul 1<sup>o</sup> jusqu'à l'avènement de Nicolas 11 (1801-1894). 1 vol. in-12. 2<sup>o</sup> édit. 1895. **3 fr. 50**

## SUISSE

**DAENDLIKER**. \* **Histoire du peuple suisse**. Trad. de l'allemand par M<sup>me</sup> Jules **FAVRE** et précédé d'une Introduction de Jules **FAVRE**. 1 vol. in-8. 5 fr.

## GRÈCE &amp; TURQUIE

**BÉRARD (V.)**, docteur ès lettres. \* **La Turquie et l'Hellénisme contemporain**. (Ouvrage cour. par l'Acad. française). 1v. in-12. 2<sup>o</sup> éd. 1895. 3 fr. 50

**RODOCANACHI (E.)**. **Bonaparte et les îles Ioniennes**, épisode des conquêtes de la République et du premier Empire (1797-1816). 1 volume in-8. 1899. **5 fr.**

## AMÉRIQUE

**DEBERLE (Alf.)**. \* **Histoire de l'Amérique du Sud**, depuis sa conquête jusqu'à nos jours. 1 vol. in-12. 3<sup>e</sup> édit., revue par A. **MILHAUD**, agrégé de l'Université. **3 fr. 50**

**BARN (Jules)**. \* **Histoire des idées morales et politiques en France au XVIII<sup>e</sup> siècle**. 2 vol. in-12. Chaque volume. 3 fr. 50

- \* **Les Moralistes français au XVIII<sup>e</sup> siècle**. 1 vol. in-12 faisant suite aux deux précédents. 3 fr. 50

**BEAUSSIRE (Émile)**, de l'Institut. **La Guerre étrangère et la Guerre civile**. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

**BOURDEAU (J.)**. \* **Le Socialisme allemand et le Nihilisme russe**. 1 vol. in-12. 2<sup>e</sup> édit. 1894. 3 fr. 50

**D'EICHTHAL (Eug.)**. **Souveraineté du peuple et gouvernement**. 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50

**DEPASSE (Hector)**. **Transformations sociales**. 1894. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

- **Du Travail et de ses conditions** (Chambres et Conseils du travail). 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50

**DRIAULT (E.)**. **La question d'Orient**, préface de G. **MONOD**, de l'Institut. 1 vol. in-8. 1898. 7 fr.

**GUÉROULT (G.)**. \* **Le Centenaire de 1789, évolution polit., philos., artist. et scient.** de l'Europe depuis cent ans. 1 vol. in-12. 1889. 3 fr. 50

**LAVELEYE (E. de)**, correspondant de l'Institut. **Le Socialisme contemporain**. 1 vol. in-12. 10<sup>e</sup> édit. augmentée. 3 fr. 50

**LICHTENBERGER (A.)**. **Le Socialisme utopique, étude sur quelques précurseurs du Socialisme**. 1 vol. in-12. 1898. 3 fr. 50

- **Le Socialisme et la Révolution française**. 1 vol. in-8. 5 fr.

**MATTER (P.)**. **La dissolution des assemblées parlementaires**, étude de droit public et d'histoire. 1 vol. in-8. 1898. 5 fr.

**REINACH (Joseph)**. **Pages républicaines**. 1894. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

**SCHEFER (C.)**. **Bernadotte roi (1810-1818-1844)**. 1 vol. in-8. 1899. 5 fr.

**SPULLER (E.)**.- **Éducation de la démocratie**. 1 vol. in-12. 1892. 3 fr. 50

- **L'Évolution politique et sociale de l'Église**. 1 vol. in-12. 1893. 3 fr. 50

## BIBLIOTHEQUE HISTORIQUE ET POLITIQUE

**DESCHANEL (E.)**, sénateur, professeur au Collège de France. \* **Le Peuple et la Bourgeoisie**. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 5 fr.

**DU CASSE**. **Les Rois frères de Napoléon III**. 1 vol. in-8. 10 fr.

**LOUIS BLANC**. **Discours politiques (1848-1881)**. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

**PHILIPPSON**. **La Contre-révolution religieuse au XVI<sup>e</sup> siècle**. 1 vol. in-8. **10 fr.**

**HENRARD (P.)**. **Henri IV et la princesse de Condé**. 1 vol. in-8. 6 fr.

**NOVICOW**. **La Politique Internationale**. 1 fort vol. in-8. 7 fr.

**REINACH (Joseph)**. \* **La France et l'Italie devant l'histoire**.

4 vol. in-8. 1893. 5 fr.

**LORIA (A.)**. **Les Bases économiques de la constitution sociale**.

1 vol. in-8. 1893. 7 fr. 50

## BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

De l'authenticité des **épigrammes de Simonide**, par AM. HAUVETTE, professeur adjoint. 1 vol. in-8. **5 fr.**

\* **Antinomies linguistiques**, par M. le Prof VICTOR HENRY, 1 v. in-8. 2 fr.

**Mélange d'histoire du moyen âge**, par MM. le Prof. A. LUCHAIRE, DUPONT, FERRIER et POUPARDIN. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

**Études linguistiques sur In Basse-Auvergne, phonétique historique du patois de Vinzelles (Puy-de-Dôme)**, par ALBERT DAUZAT, préface de M. le Prof. ANT. THOMAS. 1 vol. in 8. **6 fr.**

**De la flexion dans Lucrèce**. par M. le Prof. A. CARTAULT, 1 V. in-8. 4 fr.  
Le treize vendémiaire an IV, par HENRY ZIVY. 1 vol. in-8, avec 2 pl. hors texte. 4 fr.

**Essai de restitution des plus anciens Mémoires de la Chambre des Comptes de Paris**, par MM. J. PETIT, archiviste aux Archives nationales, GAVRILOVITCH, MAURY et TÉODORU, préface de M. 'H.-V. LANGLOIS, chargé de cours. 1 vol. in-8 avec un fac-similé en phototypie. 9 fr.

**Étude sur quelques manuscrits de Home et de Paris**, par M. le Prof. A. I UCHAIRE, membre de l'Institut 1 vol, in-8. 6 fr.

## TRAVAUX DE L'UNIVERSITÉ DE LILLE

PAUL FABRE. La **polyptique du chanoine Benoit** — Etude sur un manuscrit de la bibliothèque de Cambrai. 3 fr. 50

MÉDÉRIC DUFOUR. **Sur la constitution rythmique et métrique du drame grec**. 1<sup>re</sup> série, 4 fr.; 2<sup>e</sup> série, 2 fr. 50; 3<sup>e</sup> série, 2 fr. 50.

A. PINLOGHE \* **Principales marres do Herbart**. 7 fr. 50

A. PENJON. **Pensée et réalité**, de A. SPIR, trad. de l'allemand. in-8. 10 fr.

## ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

**Lettres intimes de J.-M. Alberoni adressées au comte J. Barca**, minis<sup>tr</sup>e des finances du duc de Parme, par Emile BOURGEOIS, maître de conférences à l'École normale. 1 vol. in-8. 10 fr.

**Saint Ambroise et la morale chrétienne au IV<sup>e</sup> siècle**, par Raymond THAMIN, professeur au lycée Condorcet. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

**La république des Provinces-Unies, In France et les Pays-Bas espagnols, de 1030 à 1650**, par M. le Prof. A. WADDINGTON. TOME I (1630-42). 1 vol in-8. 6 fr. — Tome II (1642-50). 1 vol. in-8. 6 fr.

**Leivarais**, essai de géographie régionale, par BURDIN. 1 vol. in-8. 6 fr.

## PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES

\* **HISTOIRE ILLUSTRÉE DU SECOND EMPIRE**, par Taxile DELORD. 6 vol. in-8 colombier avec 500 gravures de FERAT, Fr. REGANEY, etc.

Chaque vol. broché, 8 fr. — Cart. doré, tr. dorées. 11 fr. 50

**HISTOIRE POPULAIRE DE LA FRANCE**, depuis les origines jusqu'en 1815. — 4 vol. in-8 colombier avec 1323 gravures. Chaque vol. broché, 7 fr. 50. — Cart. toile, tr. dorées. **11 fr.**

## \* De Saint-Louis à Tripoli

*Par le Lue Tchad*

Par le Lieutenant-Colonel MONT EIL

1 beau volume in 8 colombier, précédé d'une préface de M. de Vogüé, de l'Académie française, illustrations de Rion. 1895. 20 fr

*Ouvrage couronné par l'Académie française (Prix Montyon)*

# RECUEIL DES INSTRUCTIONS

DONNÉES

## AUX AMBASSADEURS ET MINISTRES DE FRANCE

DEPUIS LES TRAITÉS DE WESTPHALIE JUSQU'À LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

Publié sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques  
au Ministère des Affaires étrangères.

Beaux vol. in-8 rais., imprimés sur pap. de Hollande, avec Instruction et notes.

- I. — AUTRICHE, par M. Albert SOREL, de l'Académie française. *Épuisé.*  
 II. — SUEDE, par M. A. GEFFROY, de l'Institut..... 20 fr.  
 III. — PORTUGAL, par le vicomte DR CAIX DE SAINT-AYMOUR..... 20 fr.  
 IV et V. — POLOGNE, par M. Louis FARCES 2 vol..... 30 fr.  
 VI. — ROME, par M. G. HANOTAUX, de l'Académie française..... 20 fr.  
 VII. — BAVIÈRE. PALATINAT ET DEUX-PONTS, par M. André LEBON 25 fr.  
 VIII et IX. — RUSSIE, par M. Alfred RAMBAUD, de l'Institut. 2 vol  
 Le 1<sup>er</sup> vol. 20 fr. Le second vol .....25 fr.  
 X. — NAPLES ET PARME, par M. Joseph REINACH..... 20 fr.  
 XI. — ESPAGNE (1649-1750), par MM. MOREL-FATIO et LÉONARDON  
 (tome I) .....20 fr.  
 XII et XIII bis. — ESPAGNE (1750-1789) (t. II et III), par les mêmes.... 40 fr.  
 XIII. — DANEMARK, par A. GEFFROY, de l'Institut .....14 fr.  
 XIV et XV. — SAVOIE-MANTOUE, par M. HORRIC de BEUCAIRE. 2 vol 40 fr.

## \*INVENTAIRE ANALYTIQUE

DES

## ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

PUBLIÉ

Sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques

- I. — Correspondance politique de MM. de CANTILLON et de MARILLAC, ambassadeurs de France en Angleterre (1538-1540), par M. JEAN KAULEK, avec la collaboration de MM. Louis Farges et Gernain Lefèvre-Pontalis. 1 vol. in-8 raisin 15 fr.  
 II. — Papiers de BARTHÉLEMY, ambassadeur de France en Angleterre, de 1792 à 1797 (année 1792), par M. Jean KAULEK. 1 vol. in-8 raisin .....15 fr.  
 III. — Papiers de BARTHÉLEMY (janvier-août 1793), par M. JEAN KAULEK. 1 vol. in-8 raisin .....15 fr.  
 IV. — Correspondance politique de ODET DE SELVE, ambassadeur de France en Angleterre (1546 - 1549), par M. G. LEFÈVRE-PONTALIS. 1 vol. in-8 raisin .....15 fr.  
 V. — Papiers de BARTHÉLEMY (septembre 1793 à mars 1794), par M. Jean KAULEK. 1 vol. in-8 raisin .....18 fr.  
 VI. — Papiers de BARTHÉLEMY (avril 1794 à février 1795), par M. JEAN KAULEK. 1 vol. in-8 raisin .....20 fr.  
 VII. — Papiers de BARTHÉLEMY (mars 1795 à septembre 1796). *Négociations de la paix de Bâle*, par M. Jean KAULEK. 1 v. in-8 raisin. 20 fr.  
 VIII. — Correspondance politique de GUILLAUME PELLICIER, ambassadeur de France à Venise (1510 1512), par M. Alexandre FAUSSERAT-BADEL. 1 vol. in-8 raisin ..... 40 fr.

**Correspondance des Deys d'Alger avec la Cour de France (1759-1843)**, recueillie par Eng. PLANTET, attaché au ministère des Affaires étrangères. 2 vol. in-8 raisin avec 2 planches en taille-pouce hors texte. 30 fr.

**Correspondance des Deys de Tunis et des Consuls de France avec la Cour (1577-1830)**, recue (lie par Eug. PLANTET, publiée sous les auspices de la Commission des Affaires étrangères. TOME I (1577-1700). In-8 raisin. *Épuisé.*  
 — TOME II (1700-1770). 1 fort vol. in-8 raisin, 20 fr. — TOME III (1770-1830). 1 fort vol, in-8 raisin .....20 fr.

# REVUE PHILOSOPHIQUE DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Dirigée par **TH. RIBOT**, Professeur au Collège de France.

(25<sup>e</sup> année, 1900.)

Paraît tous les mois, par livraisons de 7 feuilles grand in-8, et forme chaque année deux volumes de 680 pages chacun.

**Prix d'abonnement :**

Un an, pour Paris, 80 fr. — Pour les départements et l'étranger, 33 fr.

La livraison ..... 3 fr.

Les années écoulées, chacune 30 francs, et la livraison, 3 fr.

*Première table des matières* (1876-1887). 1 vol. in-8. .... 3 fr.

*Deuxième table des matières* (1888-1895). 1 vol. in-8 ..... 3 fr.

La REVUE PHILOSOPHIQUE n'est l'organe d'aucune secte, d'aucune école en particulier.

Tous les articles de fond sont signés et chaque auteur est responsable de son article. Sans professer un culte exclusif pour l'expérience, la direction, bien persuadée que rien de solide ne s'est fondé sans cet appui, lui fait la plus large part et n'accepte aucun travail qui la dédaigne.

Elle ne néglige aucune partie de la philosophie, tout en s'attachant cependant à celles qui, par leur caractère de précision relative, offrent moins de prise aux désaccords et sont plus propres à rallier toutes les écoles. La psychologie, avec ses auxiliaires indispensables, l'anthropologie et la physiologie du système nerveux, la pathologie mentale, la psychologie des races inférieures, et des animaux, les recherches expérimentales des laboratoires; — la logique; — les théories générales fondées sur les découvertes scientifiques; — l'esthétique; — les hypothèses métaphysiques, tels sont les principaux sujets dont elle entretient le public.

Plusieurs fois par an paraissent des *Revue générales* qui embrassent dans un travail d'ensemble les travaux récents sur une question déterminée: sociologie, morale, psychologie, linguistique, philosophie religieuse, philosophie mathématique, psycho-physique, etc.

La REVUE désirent être, avant tout, un organe d'information, a publié depuis sa fondation le compte rendu de plus de quinze cents ouvrages. Pour faciliter l'étude et les recherches, ces comptes rendus sont groupés sous des rubriques spéciales: anthropologie criminelle, esthétique, métaphysique, théorie de la connaissance, histoire de la philosophie, etc., etc. Ces comptes rendus sont, autant que possible, impersonnels, notre but étant de faire connaître le mouvement philosophique contemporain dans toutes ses directions, non de lui imposer une doctrine.

En un mot par la variété de ses articles et par l'abondance de ses renseignements elle donne un tableau complet du mouvement philosophique et scientifique en Europe.

Aussi a-t-elle sa place marquée dans les bibliothèques des professeurs et de ceux qui se destinent à l'enseignement de la philosophie et des sciences ou qui s'intéressent au développement du mouvement scientifique.

## REVUE HISTORIQUE

Dirigée par **G. MONO**

Hombre de l'Institut, maître de conférences à l'École normale

Président de la section historique et philologique à l'École des hautes études

(25<sup>e</sup> année, 1900.)

Paraît tous les deux mois, par livraisons grand in-8<sup>o</sup> de 15 feuilles et forme par an trois volumes de 500 pages chacun.

CHAQUE LIVRAISON CONTIENT :

I. Plusieurs *articles de fond*, comprenant chacun, s'il est possible, un travail complet. — II. *Des Mélanges et Variétés*, composés de documents inédits d'une étendue restreinte et de courtes notices sur des points d'histoire curieux ou mal connus. — III. Un *Bulletin historique* de la France et de l'étranger, fournissant des renseignements aussi complets que possible sur tout ce qui touche aux études historiques. — IV. Une *Analyse des publications périodiques* de la France et de l'étranger, au point de vue des études historiques. — V. Des *Comptes rendus critiques* des livres d'histoire nouveaux.

**Prix d'abonnement :**

Un an, pour Paris, 30 fr. — Pour les départements et l'étranger, 33 fr.

La livraison ..... 6 fr.

Les années écoulées, chacune 30 francs, le fascicule, 6 francs.

Les fascicules de la 1<sup>re</sup> année, 9 francs.

*Tables générales des matières.*

L — 1876 A 1880... 3 fr. ;	pour les abonnés. 1 fr. 50
II. — 1881 A 1885... 3 fr. ;	— 1 fr. 50
III. — 1886 A 1890... 5 fr. ;	— 2 fr. 50
IV. — 1891 A 1895... 3 fr. ;	— 1 fr. 50

ANNALES  
DES  
SCIENCES POLITIQUES  
RECUEIL BIMESTRIEL

Publié avec la collaboration des professeurs et des anciens élèves  
de l'École libre des sciences politiques

(Quinzième année, 1900)

COMITÉ DE RÉDACTION:

M. Émile BOUTMY, de l'Institut, directeur de l'École; M. ALF. DE FOVILLE, de l'Institut, directeur de la Monnaie; M. R. STOURM, ancien inspecteur des Finances et administrateur des Contributions indirectes; M. Alexandre RIBOT, député, ancien ministre; M. Gabriel AUX; M. L. RENAULT, professeur à la Faculté de droit; M. Albert SOREL, de l'Académie française; M. A. VANDAL, de l'Académie française; M. Aug. ARNAUNÉ, Directeur au ministère des Finances; M. Émile BOURGEOIS, maître de conférences à l'École normale supérieure; Directeurs des groupes de travail, professeurs à l'École.

Rédacteur en chef: M. A. VIALATE.

Les sujets traités dans les *Annales* embrassent les matières suivantes: *Economie, politique, finances, statistique, histoire constitutionnelle, droits international, public et privé, droit administratif, législations civile et commerciale privées, histoire législative et parlementaire, histoire diplomatique, géographie économique, ethnographie, etc.*

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Un an (du 15 janvier): Paris, 18 fr.; départements et étranger, 19 fr.

La livraison, 3 fr. 50.

Les trois premières années (1886-1887-1888) se rendent chacune 16 francs, les livraisons, chacune 5 francs, la quatrième année (1889) et les suivantes se rendent chacune 18 francs, et les livraisons. chacune 3 Pr. 50.

Revue mensuelle de l'École d'Anthropologie de Paris

(10<sup>e</sup> année, 1900)

PUBLIÉE PAR LES PROFESSEURS:

MM CAPITAN (Anthropologie pathologique), Mathias DUVAL (Anthropogénie et Embryologie), Georges HERVÉ (Ethnologie), J.-V. LABORDE (Anthropologie biologique), André LEFÈVRE (Ethnographie et Linguistique), Ch. LETOURNEAU (Histoire des civilisations), MANOUVRIER (Anthropologie physiologique), MAHOUDÉAU (Anthropologie zoologique), SCHRADER (Anthropologie géographique), H. THULIÉ, directeur de l'École.

Cette revue paraît tous les mois depuis le 15 janvier 1891, chaque numéro formant une brochure in-8 raisin de 31 pages, et contenant une leçon d'un des professeurs de l'École, avec figures intercalées dans le texte et des analyses et comptes rendus des faits, des livres et des revues périodiques qui doivent intéresser les personnes s'occupant d'anthropologie.

ABONNEMENT: France et Étranger, 10 fr. — Le Numéro, 1 fr.

ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES

Dirigées par le D. DARIEX

(10<sup>e</sup> année, 1900)

Les ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES ont pour but de rapporter, avec force preuves à l'appui, toutes les observations sérieuses qui leur seront adressées, relatives aux faits soi-disant occultes: 1° de télépathie, de lucidité, de pressentiment; 2° de mouvements d'objets, d'apparitions objectives. En dehors de ces chapitres de faits sont publiées des théories se bornant à la discussion des bonnes conditions pour observer et expérimenter; des analyses, bibliographies, critiques, etc.

Les ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES paraissent tous les deux mois par numéros de quatre feuilles in-8 carré (81 pages), depuis le 15 janvier 1891.

ABONNEMENT: Pour tous pays, 12 fr. — Le Numéro, 2 fr. 50.

# BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Publiée sous la direction de M. Émile **ALGLAVE**

La *Bibliothèque scientifique internationale* est une œuvre dirigée par les auteurs mêmes, en vue des intérêts de la science, pour la populariser sous toutes ses formes, et faire connaître immédiatement dans le monde entier les idées originales, les directions nouvelles, les découvertes importantes qui se font chaque jour dans tous les pays. Chaque savant expose les idées qu'il a introduites dans la science et condense pour ainsi dire ses doctrines les plus originales.

La *Bibliothèque scientifique internationale* ne comprend pas seulement des ouvrages consacrés aux sciences physiques et naturelles; elle aborde aussi les sciences morales, comme la philosophie, l'histoire, la politique et l'économie sociale, la haute législation, etc.; mais les livres traitant des sujets de ce genre se rattachent encore aux sciences naturelles, en leur empruntant les méthodes d'observation et d'expérience qui les ont rendues si fécondes depuis deux siècles.

Cette collection paraît à la fois en français et en anglais: à Paris, chez Félix Alcan; à Londres, chez C. Kegan, Paul et CM; à New-York, chez Appleton.

Les titres marqués d'un astérisque\* sont adoptés par le *Ministère de l'Instruction publique de France* pour les bibliothèques des lycées et des collèges.

## LISTE DES OUVRAGES PAR ORDRE D'APPARITION

93 VOLUMES IN-8, CARTONNÉS A L'ANGLAISE. CHAQUE VOLUME: 6 FRANCS.

- 1, J. TYNDALL. \* **Les Glaciers ou les Transformations de l'eau**, avec figures. 4 vol. in-8 6<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- 2 BAGEHOT \* **Les principes scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de la sélection naturelle et de l'hérédité. 4 - 01 in 8 6<sup>e</sup> édition. **6 fr.**
- 3 MAREY. \* **La Machine animale**, locomotion terrestre et aérienne, avec de nombreuses 11g. 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édit. augmentée. 6 fr.
- 4 BAIN. \* **L'Esprit et le Corps. 1 vol.** in 8. 6<sup>e</sup> édition. 6 fr.
5. PETTIGREW. \* **La Locomotion chez les animaux**, marche, natation. 1 vol. in-8, avec figures. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
6. HERBERT SPENCER. \* **La Science sociale. 4 v.** in-8. 12<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- 7 S ; HMIDT (O.). \* **La Descendance de l'homme et le Darwinisme.** 4 vol. in-8, 'ver dg. 6<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- 8 MAUDSLEY. \* **Le Crime et la Folie. 4 vol.** in-8. 6<sup>e</sup> édit. 11 fr.
9. VAN BENEDEEN. \* **ces Commensaux et les Parasites dans le règne animal. 4 vol.** in-8, avec figures 3<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- 10 BALFOUR STEWART. \* **La Conservation de l'énergie**, suivi d'une Etude sur *la nature de la force*, par M. P. de SAINT-ROBERT, avec figures. 4 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édition. 6 fr.
4. DRAPER. **Les Conflits de la science et de la religion. 1 vol.** in-8. 9<sup>e</sup> édition. 6 fr.
12. L. DUMONT. \* **Théorie scientifique de la sensibilité. 1 vol.** in-8. 4<sup>e</sup> édition. 6 fr.
43. SCHUTZENBERGER. \* **Les Fermentations: 1 vol.** In-8, avec fig. 6<sup>e</sup> édit. 6 fr.
44. WHITNEY \* **La Vie du I..... I vol.** in-8. 4<sup>e</sup> édit. 6 fr.
15. COOK et BERKELEY. \* **Les Champignons. 1 vol.** in-8, avec figures. 4<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- 16\_ BERNSTEIN. \* **Les sens. 1 vol.** in-8, avec 91 11g. 5<sup>e</sup> édit. 6 fr.
17. BERTHELOT. \* **La synthèse chimique. 1 vol.** in-8. 8<sup>e</sup> édit. 6 fr.

18. NIEWENGLOWSKI (H.). \* **La photographie et la photochimie.** 1 vol. in-8, avec gravures et une planche hors texte. 6 fr.
19. LUYB \* **Le Cerveau et ses fonctions**, avec ligures. 1 vol. in-8. 7<sup>e</sup> édition. 6 fr.
20. STANLEY JEVONS. \* **La Monnaie et le Mécanisme de l'échange.** 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> édition. 6 fr.
21. FUCHS. \* **Les Volcan. et les Tremblements de terre.** f vol. in-8, avec figures et une carte en couleur. 5<sup>e</sup> édition. 6 fr.
22. GÉNÉRAL BRIALMONT. \* **Lee Camps retranché. et leur raie dans la défense des Flat.,** avec fig. dans le texte et 2 planches hors texte. 3<sup>e</sup> édit. *Épuisé.*
23. DE QUATREPAGE. \* **L'Espèce humaine.** f v. in-8. 12<sup>e</sup> édit. 6 fr.
24. BLASERNA et HELMHOLTZ. \* **Le Son et la Musique.** f vol. in-8, avec ligures. 5<sup>e</sup> édition. 6 fr.
15. ROSENTHAL. \* **Le. Nerf. et les Muscle..** f vol. in-8, avec 75 figures. 3<sup>e</sup> édition. *Épuisé.*
16. BRUCKE et HELMHOLTZ. \* **Principes scientifiques des beaux-arts.** 1 vol. in-8, avec 39 figures. 4<sup>e</sup> édition. 6 fr.
27. WURTZ. \* **La Théorie atomique.** 1 vol. in-8. 8<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- 28-29. SECCHI (le pers). \* **Les Étoiles,** 2 vol. in-8, avec 63 figures dans le texte et 17 pl. en noir et en couleur hors texte. 3<sup>e</sup> édit. 12 fr.
30. JOLY. \* **L'Homme avant les métaux.** 1 v. in-8, avec ng. 4<sup>e</sup> éd. *Épuisé.*
31. A. BAIN. \* **La Science de l'éducation.** 1 vol. in-8. 9<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- 32.33. THURSTON (R.). \* **Histoire de la machine à vapeur,** précédée d'une Introduction par M. HIRSCH. 2 vol. in-8, avec (40 figures dans le texte et 16 planches hors texte. 3<sup>e</sup> édition. 12 fr.
- 34 HARTMANN (R.). \* **Les Peuples de l'Afrique.** f vol. in-8, avec figures. 2<sup>e</sup> édition *Épuisé.*
35. HERBERT SPENCER. \* **Les Hases de la morale évolutionniste.** 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- 36 HUXLEY. \* **L'Écrevisse,** introduction à l'étude de la zoologie. f vol. in-8, avec figures 2<sup>e</sup> édition. 6 fr.
37. DE ROBERTY. \* **De la Sociologie.** 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édition. 6 fr.
38. ROOD. \* **Théorie scientifique des couleurs.** 1 vol, in-8, avec ligures et une planche en couleur hors texte. 2<sup>e</sup> édition. 6 fr.
39. DE SA PORTA et MARION. \* **L'Évolution du règne végétal** (les Cryptogames). 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
- 40-41. CHARLTON BASTIAN. \* **Le Cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animas.** 2 vol. in-8, avec figures. 2<sup>e</sup> éd. 12 fr.
- 42 JAMES SULLY. \* **Lee Illusion. dos sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8, avec ligures. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
43. YOUNG. \* **Le Soleil.** 1 vol. in-8, avec figures. *Épuisé.*
44. DL CANDOLLE. \* **L'Origine des plantes cultivées.** 4<sup>e</sup> édition. s vol. in-8. 6 fr.
- 45-46. SIR JOHN LUBBOCK. \* **Fournils, abeilles et guêpes.** Études expérimentales sur l'organisation et les mœurs des sociétés d'insectes hyménoptères. 2 vol. in-8, avec 65 figures dans le texte et 13 planches hors texte, dont 5 coloriées. (2 fr.
47. PERRIER (Eden.). **La Philosophie zoologique avant Darwin.** 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- A8. STALLO. \* **La Matière et la Physique moderne.** 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> éd., précédé d'une Introduction par CH. FRIEDEL. 6 fr.
19. MANTEGAZZA. **La Physionomie et l'Expression des sentiment.,** 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édit., avec huit planches hors texte. 6 fr.
- 5). DE MEYER. \* **Les Organes de la parole et leur emploi puer la formation des sons du langage.** 1 vol. in-8, avec 51 figures, précédé d'une Introd. par M. O. CLAVEAU. 6 fr.
51. DE LAMESSAN. \* **Introduction à l'Étude de la botanique** (le Sapin.) 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit., avec 143 figures dans le texte. 6 fr.

- 52-53. DE SAPORTA et MARION. \* **L'Évolution** du règne végétal (les Phanogames). 2 vol. in-8, avec 136 figures. 12 fr.
54. TROUËSSART. \* **Les Microbes**, les Ferments et les Moisissures, 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit., avec 107 figures dans le texte. 6 fr.
65. HARTMANN (R.). \* **Les Singes anthropoïdes, et leur organisation comparée** à celle de l'homme. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
56. SCHMIDT (O.). \* **Les Mammifères** dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques. 1 vol. in-8, avec 51 figures. 6 fr.
67. BINET et FÉRÉ. **Le Magnétisme animal**. 1 vol. in-8. 4<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- 58-59. ROMANES. \* **L'intelligence des animaux**. 2 v. in-8. 3<sup>e</sup> édit. 12 fr.
60. F. LAGRANGE. **Physiologie des exercices du corps**. 1 vol. in-8. 7<sup>e</sup> édition. 6 fr.
61. DREYFUS. \* **Évolution des secondes** et des sociétés. 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édit. 6 fr.
62. DAUBRÉE. \* **Les Régions invisibles du globe** et des espaces célestes. 1 vol. in-8, avec 85 fig. dans le texte. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- 63-64. SIB JOHN LUBBOCK. \* **L'Homme préhistorique**. 2 vol. in-8, avec 228 figures dans le texte. 4<sup>e</sup> édit. 12 fr.
65. RICHET (CH.). **La Chaleur animale**. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
66. FALSAN (A.). \* **La Période glaciaire** principalement en France et en suisse. 1 vol. in-8, avec 105 figures et 2 cartes. *Épuisé*.
67. BEAUNIS (H.). **Les sensations Internes**. 1 vol. in-8. 6 fr.
68. CARTAILHAC (E.). **La France préhistorique**, d'après les sépultures et les monuments. 1 vol. in-8, avec 162 figures. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
69. BERTHELOT. \* **La Révolution chimique, Lavoisier**. 1 vol. in-8. 6 fr.
70. SIR JOHN LUBBOCK. \* **Les sens et l'instinct** chez les animaux, principalement chez les insectes. 1 vol. in-8, avec 150 figures. 6 fr.
71. STARCKÉ. \* **La Famille primitive**. 1 vol. in-8. 6 fr.
72. ARLOING. \* **Les Virus**. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
73. TOPINARD. \* **L'Homme dans la Nature**. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
74. BINET (Alf.). \* **Les Altérations de la personnalité**. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
75. DE QUATREFAGES (A.). **Darwin et ses précurseurs français**. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édition refondue. 6 fr.
76. LEFÈVRE (A.). \* **Les Races et les langues**. 1 vol. in-8. 6 fr.
- 77-78. DE QUATREFAGES. \* **Les Emules de Darwin**. 2 vol. in-8, avec préfaces de MM. E. PERRIER et HAMY. 12 fr.
79. BRUNACHE (P.). \* **Le Centre de l'Afrique**. Autour du Tchad. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
80. ANGOT (A.). \* **Les Aurores polaires**. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
81. JACCARD. **Le pétrole, le bitume et l'asphalte** au point de vue géologique. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
82. MEUNIER (Stan.). **La Géologie comparée**. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
83. LE DANTEC. **Théorie nouvelle de la vie**. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
84. DE LANESSAN. **Principes de colonisation**. 1 vol. in-8. 6 fr.
85. DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. **L'évolution régressive** en biologie et en sociologie. 1 vol. in-8, avec gravures. 6 fr.
86. MORTILLET (G. de). **Formation de la Nation française**. 1 vol. in-8, avec 150 gravures et 18 cartes. 6 fr.
87. ROCH (G.). **La Culture des Mers** (pisciculture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures. 6 fr.
88. COSTANTIN (J.). **Les végétaux et les Milieux cosmiques** (adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 gravures. 6 fr.
89. LE D'ANTIC. **L'évolution individuelle et l'hérédité**. 1 vol. in-8. 6 fr.
90. GUIGNET et GARNIER. **La Céramique ancienne et moderne**. 1 vol. avec grav. 6 fr.
91. GELLÉ (E.-M.). **L'audition et ses organes**. 1 v. in-8, avec grav. 6 fr.
92. MEUNIER (St.). **La Géologie expérimentale**. 1 v. in-8, avec grav. 6 fr.
93. COSTANTIN. **La Nature tropicale**. 1 vol. in-8, avec grav. 6 fr.

## LISTE PAR ORDRE DE MATIÈRES

DES 93 VOLUMES PUBLIÉS

## DE LA BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Chaque volume in-8, cartonné à l'anglaise ..... 6 francs.

## SCIENCES SOCIALES

- Introduction à la science sociale, par HERBERT SPENCER. 1 vol. in-8. 12' édit. 6 fr.
- Les Bases de la morale évolutionniste, par HERBERT SPENCER. 1 vol. in-8. 4° édit. 6 fr.
- Les Conflits de la science et de la religion, par DRAPER, professeur à l'Université de New-York. 1 vol. in-8. 8' édit. 6 fr.
- \* Le Crime et la Folie, par H. MAUDSLEY, professeur de médecine légale à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 5° édit. 6 fr.
- La Monnaie et le Mécanisme de l'échange, par W. STANLEY JEVONS, professeur à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 5° édit. 6 fr.
- \* La Sociologie, par DE ROBERTY. 1 vol. in-8. 3° édit. 6 fr.
- La Science de l'éducation, par Alex. BAIN, professeur à l'Université d'Aberdeen (Écosse). 1 vol. in-8. 9° édit. 6 fr.
- Lois scientifiques du développement des nations dans leurs rapports avec les principes de l'hérédité et de la sélection naturelle, par W. BA-GEHOT. 1 vol. in-8. 6° édit. 6 fr.
- La Vie du langage, par D. WHITNEY, professeur de philologie comparée à Yale-College de Boston (États-Unis). 1 vol. in-8. 3° édit. 6 fr.
- La Famille primitive, par J. STARCKE, professeur à l'Université de Copenhague. 1 vol. in-8. 6 fr.

## PHYSIOLOGIE

- \* Les Illusions des sens et de l'esprit, par James SULLY. 1 V. in-8. 2° édit. 6 fr.
- La Locomotion chez les animaux (marche, natation et vol), par J.-B. PET-TIGREW, professeur au Collège royal de chirurgie d'Édimbourg (Écosse). 1 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte. 2° édit. 6 fr.
- La Machine animale, par E.-J. MAREY, membre de l'Institut, prof. au Collège de France. 1 vol. in-8, avec 117 figures. G° édit. 6 fr.
- Les Sens, par BERNSTEIN, professeur de physiologie à l'Université de Halle (Prusse). 1 vol. in-8, avec 91 figures dans le texte. 4° édit. 6 fr.
- Les Organes de la parole, par H. DE MEYER, professeur à l'Université de Zurich, traduit de l'allemand et précédé d'une introduction sur l'Enseignement de la parole aux sourds-muets, par O. CLAVEAU, inspecteur général des établissements de bienfaisance. 1 vol. in-8, avec 51 grav. 6 fr.
- La Physionomie et l'Expression des sentiments, par P. MANTEGAZZA, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Florence. 1 vol. in-8, avec figures et 8 planches hors texte. 3° édit. 6 fr.
- Physiologie des exercices du corps, par le docteur F. LAGRANGE. 1 vol. in-8. 7° édit. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 6 fr.
- La Chaleur animale, par CH. RICHTER, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte. 6 fr.
- Les Sensations internes, par H. BEAUNIS. 1 vol. in-8. 6 fr.
- Les Virus, par M. ARLOING, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, directeur de l'école vétérinaire. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
- Théorie nouvelle de la vie, par F. LE DANTEC, docteur ès sciences. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
- L'évolution individuelle et l'hérédité, par le même. 1 vol. in-8. 6 fr.
- L'audition et ses organes, par le Doct<sup>r</sup> É.-M. GELLE, membre de la Société de biologie. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.

## PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE

- Le Cerveau et ses fonctions, par J. LUYSS, membre de l'Académie de médecine, médecin de la Charité. 1 vol. in-8, avec fig. 7° édit. 6 fr.
- Le Cerveau et la Pensée chez l'homme et les animaux, par CHARLTON BASTIAN, professeur à l'Université de Londres. 2 vol. in-8, avec 184 fig. dans le texte. 2° édit. 12 fr.
- Le Crime et la Folie, par H. MAUDSLEY, professeur à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 6° édit. 6 fr.
- L'Esprit et le Corps, considérés au point de vue de leurs relations, suivi d'études sur les Erreurs généralement répandues au sujet de l'esprit, par Alex. BAIN, prof. à l'Université d'Aberdeen (Écosse). 1 v. in-8. 6° éd. 6 fr.
- \* Théorie scientifique de la sensibilité : le Plaisir et la Peine, par Léon DUMONT. 1 vol. in-8. 3° édit. 6 fr.

- La Matière et la Physique moderne, par **STALLO**, précédé d'une préface par M. Ch. **FRIEDEL**, de l'Institut. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- Le Magnétisme animal, par Alf. **BINET** et Ch. **FÉRÉ**. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte. 4<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- L'Intelligence des animaux, par **ROMANES**. 2 v. in-8. 2<sup>e</sup> éd. précédée d'une préface de M. E. **PERRIER**, prof. au Muséum d'histoire naturelle. 12 fr.
- L'Évolution des mondes et des sociétés, par C. **DREYFUS**. In-8. 6 fr.
- L'Évolution régressive en biologie et en sociologie, par **DEMOOR**, **MAS-SAR** et **VANDERVELDE**, prof. des Univ. de **BRUXELLES**. 1 v. in-8, avec gray. 6 fr.
- Les Altérations de la personnalité, par Alf. **BINET**, directeur du laboratoire de psychologie à la Sorbonne. In-8, avec gravures, 6 fr.

## ANTHROPOLOGIE

- L'Espèce humaine, par A. **DE QUATREFAGES**, de l'Institut, professeur au **Muséum** d'histoire naturelle de Paris. 1 vol. in-8 12<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- \* Ch. Darwin et ses précurseurs français, par A. **DE QUATREFAGES**. 1 v. 2<sup>e</sup> édition. 6 fr.
- Les Émules de Darwin, par A. **DE QUATREFAGES**, avec une préface de M. **EDM. PERRIER**, de l'Institut, et une notice sur la vie et les travaux de l'auteur par E.-T. **HAMY**, de l'Institut. 2 vol. in-8. 12 fr.
- L'Homme avant les métaux, par N. **JOLY**, correspondant de l'Institut. 1 vol in-8, avec 150 gravures. 4<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- Les Peuples de l'Afrique, par R. **HARTMANN**, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 93 figures dans le texte. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- Les Singes anthropoïdes et leur organisation comparée à celle de l'homme, par R. **HARTMANN**, prof. à l'Univ. de Berlin. 1 vol. in-8, avec 63 fig. 6 fr.
- L'Homme préhistorique, par **SIR JOHN LUBBOCK**, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. in-8, avec 228 gravures dans le texte. 3<sup>e</sup> édit. 12 fr.
- La France préhistorique, par E. **CARTAILHAC**. In-8, avec 150 gr. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- L'Homme dans la Nature, par **TOPINARD**, ancien secrétaire général de la Société d'Anthropologie de Paris. 1 vol. in-8, avec 101 gravures. 6 fr.
- Les Races et les Langues, par André **LEFEVRE**, professeur à l'École d'Anthropologie de Paris. 1 vol. in-8. 6 fr.
- Le centre de l'Afrique. Autour du Tchad, par P. **BRUNACHE**, administrateur à Ain-Fezza (Algérie). 1 vol. in-8 avec gravures. 6 fr.
- Formation de la Nation française, par G. de **MORTILLET**, professeur à l'École d'Anthropologie. In-8, avec 150 gray. et 18 cartes. 6 fr.

## ZOOLOGIE

- La Descendance de l'homme et le Darwinisme, par O. **SCHMIDT**, professeur à l'Université de Strasbourg. 1 vol. in-8, avec figures. 6<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- \* Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques, par O. **SCHMIDT**. 1 vol. in-8, avec 51 figures dans le texte. 6 fr.
- Fourmis, Abeilles et Guêpes, par **SIR JOHN ARROGE**, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. in-8, avec figures dans le texte, et 13 planches hors texte dont 5 coloriées. 12 fr.
- Les Sens et l'instinct chez les animaux, et principalement chez les insectes, par **SIR JOHN LUBBOCK**. 1 vol. in-8 avec gray. 6 fr.
- \* **L'Écrouvissé**, introduction à l'étude de la zoologie, par Th.-H. **HUXLEY**, membre de la Société royale de Londres. 1 vol. in-a, avec 82 gray. 6 fr.
- \* Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal, par P.-J. **VAN BENEDEN**, professeur à l'Université de Louvain (Belgique). 1 vol. in-8, avec 82 figures dans le texte. 3<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- La Philosophie zoologique avant Darwin, par **EDMOND PERRIER**, de l'Institut, prof. au **Muséum**. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- Darwin et ses précurseurs français, par A. de **QUATREFAGES**, de l'Institut. 1 vol in-8 2<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- La Culture des mers en Europe (Pisciculture, piscifaculture, ostréiculture), par G. **ROCHÉ**, insp. gén. des pêches maritimes. In-8, avec 81 gray. 6 fr.

## BOTANIQUE — GÉOLOGIE

- Les Champignons, par **COOKE** et **BERKELEY**. 1 v. in-8, avec 110 fig. 4<sup>e</sup> éd. 6 fr.
- L'Évolution du règne végétal, par G. **DE SAPORTA** et **MARION**, prof. à la Faculté des sciences de Marseille:
- \* I. *Les Cryptogames* 1 vol. in-8, avec 85 figures dans le texte. 6 fr..
- \* II. *Les Phanérogames*. 2 vol. in-8, avec 136 fig. dans le texte. 12 fr.
- Les Volcans et les Tremblements de terre, par **FUCHS**, prof. à l'Univ. de Heidelberg. 1 vol. in-8, avec 36 fig. 5<sup>e</sup> éd. et une carte en couleur. 6 fr.

## F. ALCAN.

- \* La Période glaciaire, principalement en France et en Suisse, par A. FALSAN. 1 vol. in-8, avec : 105 gravures et 2 cartes hors texte. *Epuisé.*
- \* Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes, par A. DAUBRÉE, de l'Institut 1 vol. in-8. 2<sup>o</sup> édit., avec 89 gravures. 6 fr.
- \* Le Pétrole, le Bitume et l'Asphalte, par M. JACCARD, professeur à l'Académie de (Suisse). 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
- \* L'Origine des plantes cultivées, par A. DE CANDOLLE, correspondant de l'Institut. 1 vol. in-8. 4<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- \* Introduction à l'étude de la botanique (*le Sapin*), par J. DE LANESSAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8. 2<sup>o</sup> édit., avec figures dans le texte. 6 fr.
- Microbes, Ferments et Moisissures, par le docteur L. TROUSSART. 1 vol. in-8, avec 108 figures dans le texte. 2<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- \* La Géologie comparée, par STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
- Les Végétaux et les milieux cosmiques (adaptation, évolution), par J. COSTANTIN, maître de conférences à l'École normale supérieure. 1 vol. in-8 avec 171 gravures. 6 fr.
- La Géologie expérimentale, par STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
- La Nature tropicale, par J. COSTANTIN, maître de conférences à l'École normale supérieure. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.

## CHIMIE

- \* Les Fermentations, par P. SCHUTZENBERGER, memb. de l'Institut. 1 v. in-8, avec fig. 6<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- La Synthèse chimique, par M. BERTHELOT, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. 1 vol. in-8. 8<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- La Théorie atomique, par Ad. WURTZ, membre de l'Institut. 1 vol. in-8. 8<sup>o</sup> édit., précédée d'une introduction sur *la Vie et les Travaux de l'auteur*, par M. Ch. FRIEDEL, de l'Institut. 6 fr.
- La Révolution chimique (*Lavoisier*), par M. BERTHELOT. 1 vol. in-8. 6 fr.
- \* La Photographie et la Photochimie, par H. NIEWENGLOWSKI. 1 vol. avec gravures et une planche hors texte. 6 fr.

## ASTRONOMIE — MÉCANIQUE

- Histoire de la Machine A vapeur, de la Locomotive et des Bateaux A vapeur, par R. HUBERTON, professeur à l'Institut technique de Hoboken, près de New-York, revue, annotée et augmentée d'une introduction par M. HIRSCH, professeur à l'École des ponts et chaussées de Paris. 2 vol. in-8, avec 160 figures et 16 planches hors texte. 3<sup>o</sup> édit. 12 fr.
- Les Étoiles, notions d'astronomie sidérale, par le P. A. SECCHI, directeur de l'Observatoire du Collège Romain. 2 vol. in-8, avec 68 figures dans le texte et 16 planelles en noir et en couleurs. 2<sup>o</sup> édit. 12 fr.
- \* Les Aurores polaires, par A. ANGOT, membre du Bureau central météorologique de France. 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.

## PHYSIQUE

- La Conservation de l'énergie, par BALFOUR STEWART, prof. de physique au collège Owens de Manchester (Angleterre). 1 vol. in-8 avec fig. 6<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- Les Glaciers et les Transformations de l'eau, par J. TYNDALL, suivie d'une étude sur le même sujet, par HELMHOLTZ, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec fig. et 8 planches hors texte. 5<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- \* La Matière et la Physique moderne, par STALLO, précédé d'une préface par Ch. FRIEDEL, membre de l'Institut. 1 vol. in-8. 3<sup>o</sup> édit. 6 fr.

## THEORIE DES BEAUX-ARTS

- Le Son et la Musique, par P. BLASERNA, prof. à l'Université de Rome, prof. à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 41 fig. 5<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- \* Principes scientifiques des Beaux-Arts, par E. BRUCKE, professeur à l'Université de Vienne. 1 vol. in-8, avec fig. 4<sup>o</sup> édit. 6 fr.
- \* Théorie scientifique des couleurs et leurs applications aux arts et à l'industrie par O. N. BOON, professeur à Colombia-College de New-York. 1 vol. in-8, avec 130 figures et une planche en couleurs. 6 fr.
- La Céramique ancienne et moderne, par MM. BEIGNET, directeur des teintures à la Manufacture des Gobelins, et GARNIER, directeur du Musée de la Manufacture de Sèvres. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.

## RÉCENTES PUBLICATIONS

HISTORIQUES, PHILOSOPHIQUES ET SCIENTIFIQUES  
qui ne se trouvent pas dans les collections précédentes.

- MAUX. **Esquisse d'une philosophie** de l'être. In-8. 4 fr.  
— Les **Problèmes religieux au XIX<sup>e</sup> siècle**. 1 vol. in-8. 7 fr. 50  
- **Philosophie morale et politique**, in-8. 1893. 7 fr. 50  
- **Théorie de l'âme humaine**. 1 vol. in-8. 1895. 10 fr. (Voy. p. 2.)
- ALTMAYER (J.-J.). **Les Précurseurs de la réforme aux Pays-Bas**.  
2 forts volumes in-8. 12 fr.
- AMIABLE (Louis). **Une loge maçonnique d'avant 1189**. (La loge des  
Neuf-Sœurs.) 1 vol. in-8. 1897. 6 fr.
- ANSIAUX (M.). **Heures de travail et salaires, étude sur l'amélioration  
directe de la condition des ouvriers industriels**. 1 vol. in-8. 1896. 5 fr.
- ARNAUNÉ (A.). **La monnaie, le crédit et le change**. in-8. 7 fr.
- ARREAT. **lino Éducation Intellectuelle**. 1 vol. iii-18. 2 fr. 50  
— **Journal d'un philosophe**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50 (Voy. p. 2 et 5.)
- AZAM. **Hypnotisme et double conscience**. 1 vol. in-8. 9 fr.
- BAETS (Abbé M. de). **Les Bases de la morale et du droit**. In-8. 6 fr.
- BAISSAC (J.). **Les Origines de la religion**. 2 vol. in-8. 12 fr.
- BALFOUR STEWART et TAIT. **L'Univers invisible**. 1 vol. in-8. 7 fr.
- BARBÉ (É.). **Le nabab René Macler**. Histoire diplomatique des projets de  
la France sur le Bengale et le Pendjab (1772-1808). 1894. 1 vol. in-8. 5 fr.
- BARNI. **Les Martyrs de la libre pensée**. 1 vol. in-18. 2<sup>e</sup> édit. 3 fr. 50  
(Voy. KANT, p. 10, 15 et 31.)
- BARTHÉLEMY-SAINTE-HILAIRE. (Voy. pages 5 et 9, ARISTOTE.)  
- \* **Victor Cousin**, sa vie, sa correspondance. 3 vol. in-8. 1895. 30 fr.
- BAUTAIN (Abbé). **La Philosophie morale**. 2 vol. in-8. 12 fr.
- BEAUNIS (H.). **Impressions de campagne** (1870-1871). In-18. 3 fr. 50
- BERTAULD (P.-A.). **Positivisme et philosophie scientifique**. 1 vol.  
in-12. 1899. 2 fr. 50
- BLANQUI. **Critique sociale**. 2 vol. in-18. 7 fr.
- BLONDEAU (C.). **L'absolu et sa loi constitutive**. 1 vol. in-8. 1897. 6 fr.
- BOILLEY (P.). **La Législation Internationale du travail**. In-12. 3 fr. 50  
- **Les trois socialismes** : anarchisme, collectivisme, réformisme. 3 fr. 50  
- **De la production industrielle, association du capital, du tra-  
vail et du talent**. 1 vol. in-12. 1899. 2 fr. 50
- BOURDEAU (Louis). **Théorie des sciences**. 2 vol. in-8. 20 fr.  
- **La Conquête du monde animal**. In-8. 5 fr.  
— **La Conquête du monde végétal**. In-8. 1893. 5 fr.  
— **L'Histoire et les historiens**. 1 vol. in-8. 7 fr. 50  
- \* **Histoire de l'alimentation**. 1894. 1 vol. in-8. 5 fr. (V. p. 5.)
- BOURDET (Eng.). **principes d'éducation positive**. In-18. 3 fr. 50  
- **Vocabulaire de la philosophie positive**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- BOUTROUX (Em.). \* **De l'idée de loi naturelle dans la science et la  
philosophie**. 1 vol. in-8. 1895. 2 fr. 50. (V. p. 2 et 5.)
- BOUSREZ (L.). **L'Anjou aux âges de la Pierre et du Bronze**.  
1 vol. gr. in-8, avec pl. h. texte. 1897. 3 fr. 50
- BRASSEUR. **La question sociale**. 1 vol. in-8. 1900. 7 fr. 50
- BROOKS ADAMS. **La loi de la civilisation et de la décadence**, et  
loi historique. 1 vol. in-8, trad. Aug. DIETRICH. 1899. 7 fr. 50
- BUNGE (N.-Ch.). **Esquisses de littérature politico-économique**.  
1 vol. in-8. 1898. 7 fr. 50
- CARDON (G.). \* **Les Fondateurs de l'Université de Douai**. In-8. 10 fr.
- CASTELAR (Emilio). **La politique européenne**. 3 vol. in-8. 1896, 1898,  
1899 Chacun. 3 fr.
- CLAMAGERAN. **La Réaction économique et la démocratie**. In-18. 1 fr. 25  
- **La tulle contre le mal**. 1 vol. in-18. 1897. 3 fr. 50

- COIGNET (Mme). \* **Victor Considérant**, sa vie et son oeuvre. in-8. 2 fr.
- COLLIGNON (A.). \* **Diderot**, sa vie et sa correspondance. In-12. 1895. 3 fr. 50
- COMBARIEU (J.). \* **Les rapports de la musique et de la poésie considérés** au point de vue de l'expression. 1893. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
- COSTE (Ad.). **Hygiène sociale contre le paupérisme**. In-8. 6 fr.
- **Nouvel exposé d'économie politique et de physiologie sociale**. In-18. 3 fr. 50 (Voy. p. 2 et 32.)
- COEURAT (Louis). \* **De l'infini mathématique**. In-8. 1896. 12 fr.
- DAURIAQ. **Croyance et réalité**. 4 vol. in-18. 1889. 3 fr. 50
- **Le Réalisme de Reid**. In-8. 1 fr. (V. p. 2.)
- DAUZAT (A.), docteur en droit. **Du Rôle des chambres en matière de traités internationaux**. 1 vol. grand in-8. 1899. 5 fr. (V. p. 16.)
- DELBŒUF. **De la loi psychophysique**. In-18. 3 fr. 50 (V. p. 2.)
- DENEUS. **De la réserve héréditaire des enfants**. In-8. 5 fr.
- DENIS (Abbé Ch.). **Esquisse d'une apologie du Christianisme dans les limites de la nature et de la révélation**. Ivoi. in-12. 1898. 4 fr.
- DERAISMES (Mile Maria). **Œuvres complètes**:
- Tome I. **France et progrès**. — **Conférences sur la noblesse**. 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50. — Tome II. **Eve dans l'humanité**. — **Les droits de l'enfant**. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50. — Tome III. **Nos principes et nos mœurs**. — **L'ancien devant le nouveau**. 1 vol. in-12. 1896. — Tome IV. **Lettre au clergé français. Polémique religieuse**. 1 vol. in-12. 1898. 3 fr. 50
- DESCHAMPS. **La Philosophie de l'écriture**. 1 vol. in-8. 1892. 3 fr.
- DESDOUTS. **La philosophie de l'Inconscient**. 1893. 1 vol. in-8. 3 fr.
- DROZ (Numa). **Etudes et portraits politiques**. 1<sup>er</sup> vol. in-8. 1895. 7 fr. 50
- **Essais économiques**. 1 vol. in-8. 1896. 7 fr. 50
- **La démocratie fédérative et le socialisme d'État**. In-12. 1 fr.
- DUBUC (P.). \* **Essai sur la méthode en métaphysique**. 1 vol. in-8. 5 fr.
- DU CASSE. **Le 5<sup>e</sup> corps de l'armée d'Italie en 1859**. Br. 2 fr.
- DUGAS (L.). \* **L'amitié antique**, d'après les mœurs et les théories des philosophes. 1 vol. in-8. 1895. 7 fr. 50 (V. p. 2.)
- DUNAN. \* **Mur les formes à priori de la sensibilité**. 1 vol. in-8. 5 fr.
- **Les Arguments de Zénon d'Élée contre le mouvement**. 1 br. in-8. 4 fr. 50 (V. p. 2.)
- DUVERGIER DE HAURANNE (Mme E.). **Histoire populaire de la Révolution française**. 1 vol. in-18. 4<sup>e</sup> édit. 3 fr. 50
- Éléments de science sociale**. 1 vol. in-18. 4<sup>e</sup> édit. 3 fr. 50
- ESPINAS (A.). **Les Origines de la technologie**. 1 vol. in-8. 1897. 5 fr.
- FEDERICI. **Les Lois du progrès**. 2 vol. in-8. Chacun. 6 fr.
- FERRÈRE (F.). **La situation religieuse de l'Afrique romaine** depuis la fin du ive siècle jusqu'à l'invasion des Vandales. 1 v. in-8. 1898. 7 fr. 50
- FERRIERE (Em.). **Los Apôtres, essai d'histoire religieuse**. 1 vol. in-12. 4 fr. 50
- **L'Ante est la fonction du cerveau**. 2 volumes in-18. 7 fr.
- **Le Paganisme des Hébreux jusqu'à la captivité de Babylone**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- **La Matière et l'énergie**. 1 vol. in-18. 4 fr. 50
- **L'Âme et la vie**. 1 vol. in-18. 4 fr. 50
- **Les Mythes de la Bible**. 1 vol. in-18. 1893. 3 fr. 50
- **La cause première d'après les données expérimentales**. 1 vol. in-18. 1896. 3 fr. 50
- **Étymologie de 400 prénoms usitée en France**. 1 vol. in-18. 1898. 1 fr. 50 (Voy. p. 9 et 32.)
- FLEURY (Maurice de). **Introduction A la médecine de l'Esprit**. 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> éd. 1898. 7 fr. 50 (V. p. 2.)
- FLOURNOY. **Des phénomènes de synopsis**. In-8. 1893. 6 fr.
- FRÉDÉRICQ (P.), professeur à l'Université de Gand. **L'Enseignement supérieur de l'histoire**, notes et impressions de voyage. Allemagne, France, Écosse, Angleterre, Hollande, Belgique. 1 vol. grand in-8. 1899. 7 fr.

- GAYTE** (Claude). **Essai sur la croyance.** 1 vol. in-8. 3 fr.
- GOBLET D'ALVIELL A.** **L'Idée de Dieu**, d'après l'anthr. et l'histoire. In-8. 6 fr.
- GOURD.** **Le Phénomène.** 1 vol. in-8. **7 fr. 50**
- GREEF** (Guillaume de). **Introduction à la Sociologie.** 2 vol. in-8. 10 fr.
- **L'évolution des croyances et des doctrines politiques.** 1 vol. in-12. 1895. 4 fr. (V. p. 6.)
- GRIMAUZ** (Ed.). \* **Lavoisier** (1748-1794), d'après sa correspondance et divers documents inédits. 1 vol. gr. in-8, avec gravures. 3<sup>e</sup> éd. 1898. 15 fr.
- GRIVEAU** (M.). **Les Éléments du beau.** In-18. 4 fr. 50
- GUILLY.** **La Nature et la Morale.** 1 vol. in-18. 2<sup>e</sup> éd. 2 fr. 50
- GUYAU.** **Vers d'un philosophe.** In-18. 3<sup>e</sup> éd. 3 fr. 50 (Voy. p. 2, 6 et 9.)
- GYEL** (le Dr E.). **L'être subconscient.** 1 vol. in-8. 1899. 4 fr.
- HAURIOU** (M.). **La science sociale traditionnelle.** 1 v. in-8. 1896. 7 fr. 50
- HALLEUX** (J.). **Les principes du positivisme** contemporain, exposé et critique. (Ouvrag. récompensé par l'Institut.) 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50
- HARRACA** (J.-M.). **Contributions à l'étude de l'hérédité et des principes de la formation des races.** 1 vol. in-18. 1898. 2 fr.
- HIRTH** (G.). **La Vue plastique, fonction de l'écorce cérébrale.** In-8. Trad. de l'alle. par L. ARREÂT, avec grav. et 34 pl. 8 fr. (Voy. p. 6.)
- **Les localisations cérébrales en psychologie. Pourquoi sommes-nous distraits?** 1 vol. in-8. 1895. 2 fr.
- HOCQUART** (E.). **L'Art de juger le caractère des hommes sur leur écriture.** préface de J. CRÉPIEUX-JAMIN. Br. in-8. 1898. 1 fr.
- HORION.** **Essai de Synthèse évolutionniste**, in-8. 1899. 7 fr.
- ICARD** (S.). **Paradoxes ou vérités.** 1 vol. in-12. 1895. 3 fr. 50
- JANET** (Pierre) et **PROF. RAYMOND.** **Névroses et idées fixes.** 2 vol. grand in-8, avec gravures. 1898-1899. Tome I, 12 fr.; tome II. 14 fr
- JOYAU.** **De l'Invention dans les arts et dans les sciences.** 1 v. in-8. 5 fr.
- **Essai sur la liberté morale.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- KAUFMAN.** **Étude de la cause finale et son importance au temps présent.** Trad. de l'alle. par Deiber. In-12. 1898. 2 fr. 50
- KINGSFORD** (A.) et **MAITLAND** (E.). **La Voie parfaite ou le Christ éso-térique**, précédé d'une préface d'Edouard SCHURE. 1 vol. in-8. 1892. 6 fr.
- KUFFERATH** (Maurice). **musiciens et philosophes.** (Tolstoï, Schopenhauer, Nietz-che, Richard Wagner). 1 vol. in-12. 1899. 3 fr. 50
- KUMS** (A.). **Les choses naturelles dans Homère.** 1 vol. in-8. 1897. 5 fr.
- **Supplément.** 1 fr. 25
- LABORDE.** **Les Domines et les Actes de l'insurrection de Paris** devant la psychologie morbide. 1 vol. in-18. 2 fr. 50
- LAVELEYE** (Em. de). **De l'avenir des peuples catholiques.** In-8. 25 c.
- **L'Afrique centrale.** 1 vol. in-42. 3 fr.
- **Essais et Études.** Première série (1861-1875). 1 vol. in-8. 7 fr. 50. — Deuxième série. (1875-1882). 1 vol. in-8. 7 fr. 50. - Troisième série (1892-1894). 1 vol. in-8. 7 fr. 50 (Voy. p. 7 et 15.)
- LÉGER** (C.). **La liberté intégrale**, esquisse d'une théorie des lois républicaines. 1 vol. in-12. 1896. — fr. 50
- LETAINTURIER** (J.). **Le socialisme devant le bon sens.** in-18. 1 fr. 50
- LEVY** (Albert). \*Psychologie du caractère. In-8. 1896. 5 fr.
- LICHTENBERGER** (A.): **Le socialisme au XVIII<sup>e</sup> siècle.** Études sur les idées socialistes dans les écrivains français au XVIII<sup>e</sup> siècle, avant la Révolution. 1 vol. in-8. 1895. — fr. 50 (Voy. p. 15.)
- MABILLEAU** (L.). \* **Histoire de la philosophie atomistique.** 1 vol. in-8. 1895. (Ouvrag. couronné par l'Institut.) 12 fr.
- MALCOLM MAC COLL.** **Le Sultan et les grandes puissances**, essai historique, traduit. de Jean LONGUET, préface d'Urbain (AMER. I vol. in-8. 1899. 5 fr.
- MANACÉINE** (Marie de). **L'anarchie passive et Tolstoï.** In-18. 2 fr.
- MAINDRON** (Ernest). \*L'Académie des sciences (Histoire de l'Académie;

- fondation de l'institut national; Bonaparte, membre de l'Institut). 1 beau vol. in-8 cavalier, avec 53 gravures dans le texte, portraits, plans, etc. 8 planches hors texte et 2 autographes. **12 fr.**
- MARSAUCHE (L.). La Confédération helvétique d'après la constitution**, préface de M. Frédéric Passy. 1 vol. in-18. 1891. 3 fr. 50
- MERCIER (Mgr). Les origines de la psych. contemp.** In-12. 1898. 5 fr.
- **La Définition philosophique de la vie.** Broch. in-8. É899. 1 fr. 50
- MISNER (Ch.). Principes sociologiques.** 1 vol. in-8. 2e éd. 1897. 5 fr.
- MONCAUM. Origine de la pensée et de la parole.** In-8. 1899. 5 fr.
- MONTIER (Amand). Robert Lindet**, député à l'Assemblée législative et à la Convention, membre du Comité de Salut public, ministre des finances, préface d'E. CHARAVAY. 1 fort vol. grand in-8. 1899. 10 fr.
- MORIAUD (P.). La question de la liberté et la conduite humaine.** 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50
- MOSSO (A.). L'éducation physique de la jeunesse.** 1 vol. in-12, cart., préface du commandant Legros. 1895. 4 fr.
- NAUDIER (F.). Le socialisme et la révolution sociale.** In-18. 3 fr. 50
- NETTER (A.). La Parole intérieure et l'âme.** 1 vol. in-18. 2 fr. 50
- NIZET. L'Hypnotisme**, étude critique. 1 vol. in-12. 1842. 2 fr. 50
- NODET (V.). Les agnoscies, la cécité psychique.** In-8. 1899. 4 fr.
- NOTOVITCH. La Liberté de la volonté.** In-18. 3 fr. 50
- NOVICOW (J.). La Question d'Alsace-Lorraine.** In-8. 1 fr. (V. p. 3, 7 et 15.)
- NYS (Ernest). Les Théories pont. et le droit Inters.** In-8. 4 fr.
- PARIS (comte). Les Associations ouvrières en Angleterre** (Traditions). 4 vol. in-18. 7<sup>e</sup> édit. 1 fr. - Édition sur papier fort. 2 fr. 50
- PAULHAN (Fr.). Le Nouveau mysticisme.** 1 vol. in-18. 1891. 2 fr. 50 (Voy. p. 4, 7 et 32.)
- PELLETAN (Eugène). \*La Naissance d'une ville** (Royan). In-18. 2 fr.
- **Jarousseau, le pasteur du désert.** 1 vol. in-18. 2 fr.
- **\* Un Roi philosophe : Frédéric le Grand.** In-18. 3 fr. 50
- **Droits de l'homme.** 1 vol. in-12. 3 fr. 60
- **Profession de foi du XIX<sup>e</sup> siècle.** In-12. 3 fr. 50 (V. p. 31.)
- PÉREZ (Bernard). Thierry Tiedmann. Mes deux chats.** In-12. 2 f.
- **Jacotot et sa Méthode d'émancipation Intellect.** In-18. 3 fr.
- **Dictionnaire abrégé de philosophie.** 4893 in-12. 1 fr. 50 (V. p. 7.)
- PHILBERT (Louis). Le Rire.** In-8. (Cour. par l'Académie française.) 7 fr. 50
- PHILIPPE (J.). Lucrèce dans la théologie chrétienne** du 13<sup>e</sup> au 18<sup>e</sup> siècle. 1 vol. in-8. 1896. 2 fr. 50
- PLAT (C.). L'Intellect actif ou Du rôle de l'activité mentale dans la formation des idées.** 1 vol. in-8. 3 fr. (V. p. 7.)
- PICARD (Ch.). sémites et Aryens** (1893). In-18. 1 fr. 50
- PICARD (E.). Le Droit pur. les permanences juridiques abstraites** 1 vol. in-8, 1899. **7 fr. 50**
- PICAVET (F.). La Mettrie et la crit. sellent.** 1889. In-8. 4 fr. (V. p. 8.)
- PICTET (Raoul). Étude critique du matérialisme et du spiritualisme par la physique expérimentale.** 1 vol. gr. in-8. 1896. 10 fr.
- POEY. Le Positivisme.** 1 fort vol. in-12. 4 fr. 50
- **M. Littré et Auguste Comte.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- PORT. La Légende de Cathelineau.** In-8. 5 fr.
- POULLET. La Campagne de l'Est** (1870-1871). In-8, avec cartes. 7 fr.
- \* **Pour et contre l'enseignement philosophique**, par MM. **VANDEREM (Fernand), RIBOT (Th.), BOUTROUX (F.), MARION (H.), JANET (P.)** et **FOUILLÉE (A.)** de l'Institut; **MONOD (G.), LYON (Georges), MARILLIER (L.), CLAMADIEU (abbé), BOURDEAU (J.), LACAZE (G.), TAINE (H.)**. 1894. In-18. 2 fr.
- PRIAI BERT. La vie, mode de mouvement.** In-8, 1897. 5 fr.
- PAINS (Ad.). L'organisation de la liberté et le devoir social.** 1 vo. in-8. 1895. **4 fr.**
- PUJO (Maurice). \* Le règne de la grâce. L'idéalisme intégral.** 1894. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

- RATAZZI (Rn. **Emilio Castelar**, sa vie, son oeuvre, son rôle politique. (Notes, impressions et souvenirs). In-8, avec *illustr.*, *portr.* 1899. 3 fr.
- RIBOT (Paul). **spiritualisme et Matérialisme**. 2<sup>o</sup> éd. 1 vol. in-8. 6 fr.
- BUTE (Marie-Letizia de). **Lettres d'une voyageuse**. Vienne, Budapest, Constantinople. 1 vol. in-8. 1896. 3 fr.
- SANDERVAL (O. de). **De l'Absolu**. La loi de vie. I vol. in-8 2<sup>o</sup> éd. 5 fr.
- **Kabel. Le Soudain français**. In-8, avec gravures et cartes. 8 fr.
- SAUSSURE (L. de). **Psychologie de la colonisation française**. 1 vol. in-12. 1899. 3 fr. 50
- SECRETAN (Ch.). **Études sociales**. 1889. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- **Les Droits de l'humanité**. 1 vol. in-18. 1891. 3 fr. 50
- **La Croissance et la civilisation**. 1 vol. in-18. 2<sup>o</sup> édit. 1891. 3 fr. 50
- **Mon Utopie**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- **Le Principe de la morale**. 1 vol. in-8. 2<sup>o</sup> éd. 7 fr. 50
- **Essais de philosophie et de littérature**. 1 vol. in-12. 1896. 3 fr. 50
- SECRETAN (H.). **La Société et la morale**. 1 vol. in-12. 1897. 3 fr. 50
- SEE (Paul). **La question monétaire**. Br. gr. in-8. 1898. 2 fr.
- SILVA WHITE (Arthur). **Le développement de l'Afrique**. 1894. 1 fort vol. in-8 avec 15 cartes en couleurs hors texte. 10 fr.
- SOLOWEITSCHIK (Leonty). [En prolétariat méconnu, étude sur la situation sociale et économique des juifs. 1 vol. in-8. 1898. 2 fr. 50
- SOREL (Albert) **Le Traité de Paris du 30 novembre 1871**. In-8. 1 fr. 50
- SPIR (A.). **Esquisses de philosophie critique**. 1 vol. in-18. 2 fr. 50
- **Nouvelles études de philosophie critique**. In-8. 1899. 3 fr. 50
- STOCQUART (Emile). **Le contrat de travail**. In-12. 1895. 3 fr.
- STRADA (J.). **La loi de l'histoire**. 1 vol. in-8. 1894. 5 fr.
- **Jésus et l'ère de la science**. 1 vol. in-8. 1896. 5 fr.
- **Ultimum organuni, constit. scient. de la mét. générale**. 2 v. in-12. 7 fr.
- **La Méthode générale**. 1 vol. in-12. 2 fr.
- **La religion de la science et de l'esprit pur**, constitution scientifique de la religion. 2 vol. in-8. 1897. Chacun séparément. 7 fr.
- TERQUEM (A.). **Science romaine à l'époque d'Auguste**. in-8. 3 fr.
- THURY. **Le chalutage moderne**, causes et remèdes. 1 v. in-12. 1895. 2 fr. 50
- TISSOT. **Principes de morale**. 1 vol. in-8. 6 fr. (*Voy. KANT, p. 10.*)
- ULLMO (L.). **Le Problème social**. 1897. 1 vol. in-8. 3 fr.
- VACHEROT. **La Science et la Métaphysique**. 3 vol. in-18. 10 fr. 50
- VAN BIERYLIET (J.-J.). **Psychologie humaine**. 1 vol. in-8. 8 fr.
- **La Mémoire**. Br. in-8. 1893. 2 fr.
- VIALATE (A.). **Joseph Chamberlain**. 1 vol. in-12, préface de E. BOUTMY, de l'Institut. 1899. 2 fr. 50
- VIALLET (C.-Paul). **Je pense, donc je suis**. Introduction à la méthode cartésienne. 1 vol. in-12. 1896. 2 fr. 50
- VIGOUREUX (Ch.). **L'Avenir de l'Europe au double point de vue de la politique de sentiment et de la politique d'intérêt**. 1892. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- WEIL (Denis). **Le Droit d'association et le Droit de réunion** devant les chambres et les tribunaux. 1893. 1 vol. in-12. 3 fr. 50
- **Les Elections législatives**. Histoire de la législation et des mœurs. 1 vol. in-18. 1895. 3 fr. 50
- WUARIN (L.). **Le Contribuable**. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
- WULF (M. de). **Histoire de la philosophie scolastique dans les Pays-Bas et la principauté de Liège jusqu'à la Dévot. franc.** In-8. 5 fr.
- **Sur l'esthétique de saint Thomas d'Aquin**. In-8. 1 fr. 50
- **La Philosophie médiévale**, précédée d'un *Aperçu sur la philosophie ancienne*. 1 vol. in-8. 1899. 7 fr. 50
- ZIESING (Th.). **Érasme ou Solignac**. Étude sur la lettre de François Rabelais. 1 vol. gr. in-8, 4 fr.
- ZOLLA (D.). **Les questions agricoles d'hier et d'aujourd'hui**. 1894, 1895. 2 vol. in-12. Chacun. 3 fr. 50

# BIBLIOTHÈQUE UTILE

122 VOLUMES PARUS

Le volume de 192 pages, broché, 60 centimes.

Cartonné à l'anglaise, 1 fr.

La plupart des livres de cette collection ont été adoptés par le *Ministre de l'Instruction publique* pour les Bibliothèques des Lycées et Collèges de garçons et de jeunes filles, celles des Écoles normales, les Bibliothèques populaires et scolaires.

Les livres adoptés par la Commission consultative des Bibliothèques des Lycées sont marqués d'un astérisque.

## HISTOIRE DE FRANCE

**Les Mérovingiens**, par RUCHEZ.

**Les Carolingiens**, par BUCHEZ.

**Les Luites religieuses des premiers siècles**, par J. BASTIDE. 4<sup>e</sup> édit.

**Les Guerres de la Réforme**, par J. BASTIDE. 4<sup>e</sup> édit.

**La France au moyen âge**, par F. MORIN.

**Jeanne d'Arc**, par Fréd. LOGE.

**Décadence de la monarchie française**, par Eug. PELLETAN, sénateur. A<sup>e</sup> édit.

**La Révolution française**, par H. CARNOT (2 volumes).

**La Défense nationale en 1793**, par P. GAFFAREL, professeur à la Faculté des lettres de Dijon.

**Napoléon I<sup>er</sup>**, par Jules BARNI. 3<sup>e</sup> édit.

**Histoire de la Restauration**, par Fréd. Lomé. 3<sup>e</sup> édit.

**Histoire de Louis-Philippe**, par Edgar ZEVORT, recteur de l'Académie de Caen. 2<sup>e</sup> édit.

**Moeurs et Institutions de la France**, par P. BONDOIS, prof au lycée Buffon, 2 vol.

**Léon Gambetta**, par J. REINACH.

**Histoire de l'armée française**, par L. GÈRE.

**Histoire de la marine française**, par DONEAUD, prof. à l'École navale, 2<sup>e</sup> édit.

**Histoire de la conquête de l'Algérie**, par QUESNEL.

**Les Origines de la guerre de 1870**, par Ch. DE LARIVIÈRE.

**Histoire de la littérature française**, par Georges MEUNIER, agrégé de l'Université.

**Histoire de l'Art ancien et moderne**, par le même (avec grav.).

## PAYS ÉTRANGERS

**L'Espagne et le Portugal**, par E. RAYMOND. 2<sup>e</sup> édition.

**Histoire de l'Empire ottoman**, par L. COLLAS. 2<sup>e</sup> édition.

**Les Révolutions d'Angleterre**, par Eug. DESPOIS. 3<sup>e</sup> édition.

**Histoire de la maison d'Autriche**, par Ch. ROLLAND. 2<sup>e</sup> édition.

**L'Europe contemporaine (1789-1879)**, par P. BONDOIS, prof. au lycée Buffon.

**Histoire contemporaine de la Prusse**, par Alft DONEAUD.

**Histoire contemporaine de l'Italie**, par Félix HENNEGUY.

**Histoire contemporaine de l'Angleterre**, par A. REGNARD.

## HISTOIRE ANCIENNE

**La Grèce ancienne**, par L. COMBES.

**L'Aide occid. et l'Égypte**, par A. OTT.

**L'Inde et la Chine**, par A. OTT.

**Histoire romaine**, par CREIGHTON.

**L'Antiquité romaine**, par WILKINS.

**L'Antiquité grecque**, par MAHAFFY.

## GÉOGRAPHIE

**Torrents, fleuves et canaux de la France**, par H. BLERZY.

**Les Colonies anglaises**, par H. BLERZY.

**Les lies du Pacifique**, par le capitaine de vaisseau JUAN (avec une carte).

**Les Peuples de l'Afrique et de l'Amérique**, par GIRARD DE RIALLE.

**Les Peuples de l'Asie et de l'Europe**, par GIRARD DE RIALLE.

**L'Indo-Chine française**, par FAQUE.

**Géographie physique**, par GEIKIE.

**Continents et Océans**, par GROVE (avec figures).

**Les Frontières de la France**, par P. GAFFAREL, prof. à la Faculté de Dijon.

**L'Afrique française**, par A. JOYEUX.

**Madagascar**, par A. MILHAUD, prof. agrégé d'histoire et de géographie (avec carte).

**Les grands ports de commerce**, par D. BELLET.

## COSMOGRAPHIE

**Les Entretiens de Fontenelle sur la pluralité des inondes**, mis au courant de la science, par BOILLOT.

**Le Soleil et les Étoiles**, par Is P. SECCHI, BRIO?, WOLF et DELAUNAY. 2<sup>e</sup> édition (avec figures).

**Les Phénomènes célestes**, par ZURCHER et MARGOLLÉ.

**A travers le ciel**, par AMIGUES, professeur du lycée de Toulon.

**Origines et Fin des mondes**, par Ch. RICHARD. 3<sup>e</sup> édition.

**Notions d'astronomie**, par L. CATALAN. 4<sup>e</sup> édition (avec figures).

## SCIENCES APPLIQUÉES

**Le Génie de la science et de l'industrie**, par B. GASTINEAU.

**Causeries sur la mécanique**, par BROTHIER 2<sup>e</sup> édit.

**Médecine populaire**, par le Dr TURCS. 7<sup>e</sup> édit., revue par le Dr L. LARRIVÉ.

**La Médecine des accidents**, par le D<sup>r</sup> BROQUÈRE

**Les Maladies épidémiques** (Hygiène et Prévention), par le Dr L. MONIN.

**Hygiène générale**, par le Dr CRUVEILHIER.

**La tuberculose, son traitement hygiénique**, par P. MERKLEN, interne des hôpitaux

**Petit Dictionnaire des falsifications**, par DUFOUR, pharmacien de 1<sup>er</sup> classe.

**L'Hygiène de la cuisine**, par le D<sup>r</sup> LAUMONIER.

## SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

**Télescope et Microscope**, par ZURCHER et MARGOLLÉ.

**Les Phénomènes de l'atmosphère**, par ZURCHER. 7<sup>e</sup> édit.

**Histoire de l'air**, par ALBERT-LEVY.

**Histoire de la terre**, par BROTHIER.

**Principaux faits de la chimie**, par

ROUANT, [prof. au](#) lycée Charlemagne.

**Les Phénomènes de la mer**, par E. MARGOLLÉ. 5<sup>e</sup> édit.

**L'Homme préhistorique**, par ZABOROWSKI. 2<sup>e</sup> édit.

**Les Mondes disparus**, du même.

**Les grands singes**, du même.

**Histoire de l'eau**, par ROUANT, [prof. au](#)

lycée Charlemagne (avec grav.).

## PHILOSOPHIE

**La Vie éternelle**, par ENFANTIN. 2<sup>e</sup> éd.

**Voltaire et Rousseau**, par F. NOEL. 3<sup>e</sup> éd.

**Histoire populaire de in philosophie**, (avec figure)), par L. BROTHIER. 3<sup>e</sup> édit.

**La Philosophie zoologique**, par Victor MEUNIER. 3<sup>e</sup> édit.

## ENSEIGNEMENT. — ÉCONOMIE DOMESTIQUE

**De l'Éducation**, par H. SPENCER. 8<sup>e</sup> édit.

**La Statistique humaine de la France**, par Jacques BERTILLON.

**Le Journal**, par HATIN.

**De l'Enseignement professionnel**, par CORBON. 3. édit.

**Les Délassements du travail**, par Maurice CRISTAL. 2<sup>e</sup> édit.

**Le Budget du foyer**, par H. LENEVEUX.

**Paris municipal**, par H. LENEVEUX.

**Histoire du travail manuel en France**, par H. LENEVEUX.

**L'art et les Artistes en France**, par Laurent PICHAT, sénateur. A' édit.

**Premiers principes des beaux-arts**, par J. COLLIER (avec gravures).

**La Loi civile en France**, par Mo-RIN, 3<sup>e</sup> édit.

**Les Mines de la France et de ses colonies**, par P. MAIGNE.

**Les Matières premières et leur emploi** par le Dr H. GENEVOIX, pharmacien de 1<sup>er</sup> cl.

**Les Procédés industriels**, du même

**La Photographie**, par H. GOSSIN.

**La Machine à vapeur**, du même (avec figures)

**La Navigation aérienne**, par G. DALLET

**L'Agriculture française**, par A. LABBALÉTRIER, prof. d'agriculture (avec figures).

**La Culture des plantes d'appartement**, par A. LABBALÉTRIER (avec figures).

**La Viticulture nouvelle**, par A. BERGET.

**Les Chemins de fer**. p. 6. MAYER (av. fig.).

**Les grands ports maritimes de commerce**, par D. BELLET (avec figures).

## Introduction A l'étude des sciences

**physiques**, par MORAND. 5e édit.

**Le Darwinisme**, par E. FERRIÈRE.

**Géologie**, par GEIKIE (avec figures).

**Les Migrations des animaux et le Pigeon voyageur**, par ZABOROWSKI. 4<sup>e</sup> Cd.

**Premières Notions sur les sciences**, par Th. HUXLEY.

**La Chasse et in Peche des animaux marins**, par JOUAN.

**Zoologie générale**, par H. BEAUREGARD.

**Botanique générale**, par E. CÉRARDIN, (avec figures).

**Lit Vie dans les mers**, par H. COUPIN.

**Les Insectes nuisibles**, par A. ACLOQUE.

**Lit Vie dans les mers**, par H. COUPIN.

**Les Insectes nuisibles**, par A. ACLOQUE.

**L'Origine du langage**. par ZABOROWSKI.

**Physiologie de l'esprit**, par PAULHAN (avec figure)).

**L'Homme est-il libre?** par G. RENARD.

**La philosophie positive**, par le docteur ROBINET. 2e édition.

## ÉCONOMIE DOMESTIQUE

**Économie politique**. rar STANLEY JEVONS.

**Le Patriotisme a l'école**, par JOURDY, colonel d'artillerie.

**Histoire du libre-échange en Angleterre**, par MONGRED EN.

**Économie rural. e<sup>re</sup> agricole**, par PETIT.

**La Richesse et le Honneur**, par %d. COSTS.

**Alcoolisme ou épargne**, le dilemme social, par Ad. COSTE.

**L'Alcool et la lutte contre l'alcoolisme**, par les L)' SÉRIE X et MATHIEU.

**les plantes d'appariement, de renêtres et de balcons**, par A. LABBALÉTRIER.

**L'Assistance publique en France**, par le Dr L. LARRIVÉ.

**Ln pratique des vins**, par A. BERGET.

## DROIT

**La Justice criminelle en France**, par G. JOURDAN. 3<sup>e</sup> édit.