faisceau. Accompagné de son péridesme, le faisceau se revêt extérieurement d'un prolongement de l'endoderme de la tige, qu'on peut suivre plus ou moins nettement jusque dans l'intérieur de la feuille. L'ensemble formé par le faisceau et son péridesme représente une fraction du cylindre central ou stèle de la tige : M. Van Tieghem lui donne le nom de *méristèle*. C'est donc la méristèle, pénétrant dans la feuille, qui représente à l'intérieur de cet organe le cylindre central de la tige. Isolé de la méristèle par la gaine endodermique qui entoure celle-ci, et se continuant d'autre part exactement par le tissu cortical de la tige, le parenchyme de la feuille, aussi bien dans sa région palissadique que dans sa région lacuneuse, doit être regardé comme l'équivalent de l'écorce.

On voit, en résumé, que la structure de la feuille peut être considérée, en quelque sorte, comme la monnaie de la structure de la tige. Mais, en réalité, le membre le plus essentiel d'une plante d'organisation supérieure est la feuille : la morphologie et la physiologie s'accordent à donner aux feuilles la valeur d'unités dont l'association forme la plante tout entière. Dans cette manière de voir, la tige ne représente plus que le support commun de toutes ces unités, et la racine est un organe supplémentaire qui répond aux nécessités de leur association. Comme l'existence de la tige est liée à celle des feuilles, de même sa structure est subordonnée à la leur, et il paraît, dès lors, plus juste de considérer la structure de la tige comme la résultante des structures propres aux feuilles qu'elle supporte. Au sein de son parenchyme cortical, la feuille contient une méristèle; c'est la fusion de toutes les méristèles provenant des feuilles successives qui compose la stèle à l'intérieur de la tige.

DIX-HUITIÈME LEÇON

Influence du milieu sur la structure de la plante.

Nous connaissons suffisamment l'organisation de l'appareil végétatif chez les plantes supérieures pour nous poser aujourd'hui une question qui ne touche à rien moins qu'au grand problème de l'origine des espèces. Le milieu dans lequel se développe un être vivant a-t-il une influence immédiate sur la structure et la forme de son corps ? Si cette influence existe, dans quelle mesure s'exerce-t-elle ?

Une même espèce végétale, ou tout au moins un même organe appartenant à une plante donnée, sont souvent susceptibles de se développer indifféremment dans les milieux les plus divers, la terre, l'eau, l'air, etc. Par cela même, les plantes se prêtent mieux que les animaux aux recherches qu'il est nécessaire de poursuivre pour trouver la réponse à la question que nous nous sommes posée.

Entrons de plain-pied dans l'étude de notre sujet.

Influence du milieu souterrain. — La racine est un organe presque toujours souterrain ; la tige est, au contraire, généralement aérienne. Ne peut-on se demander si, parmi les caractères qui distinguent ces deux organes, il n'en est pas qui tiennent précisément à la diversité ordinaire des milieux où ils se développent ?

Chacun sait que certaines plantes possèdent normalement des tiges souterraines (*fig.* 209). Ces tiges ont, en général, une direction horizontale, une forme arrondie (même quand les tiges aériennes de la même espèce présentent une forme anguleuse) ; elles sont dépourvues de chlorophylle ; les feuilles qu'elles portent sont extrêmement réduites : en un mot, leur

aspect général les rapproche des racines et justifie le nom de *rhizomes* qu'on leur donne fréquemment. Pour trouver la réponse que nous cherchons, nous pourrions être tentés d'observer simplement la structure des rhizomes et de la comparer à celle des tiges aériennes qui leur correspondent. En procédant ainsi, nous nous exposerions à de graves erreurs. Ne doit-on pas craindre, en effet, que les tiges qui évoluent en rhizomes à l'intérieur du sol et que le développement normal de l'espèce prédestine, en quelque sorte, à ce rôle n'aient dans leur structure quelque chose d'héréditaire qui échappe, en réalité, à l'influence du milieu?

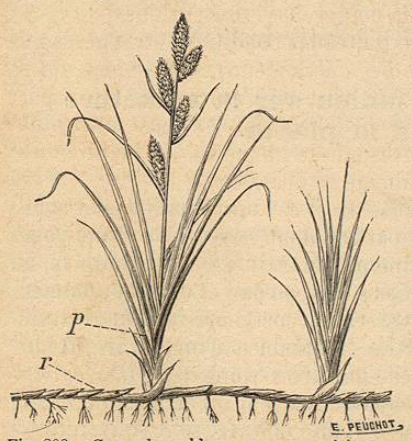

Fig. 209.—Carex des sables. — *p*, pousse aérienne; *r*, rhizome.

L'observation ne saurait donc suffire à la solution du problème. Il faut avoir recours à l'expérience.

Pour éviter cette cause d'erreur, inhérente aux caractères héréditaires des organes soumis à l'expérience, on devra s'adresser à des espèces qui soient, à l'état naturel, entièrement dépourvues de rhizomes. De deux individus appartenant à l'espèce choisie, on fera développer le premier dans des conditions normales, de manière que sa tige reste aérienne; on dirigera, au contraire, le développement du second de telle sorte que sa tige reste souterraine : on coiffera, par exemple, le pot dans lequel il poussera d'un tuyau ouvert aux deux bouts et on y accumulera de la terre, à mesure que la tige s'allongera, de manière qu'elle demeure constamment enterrée. Quand le développement des deux plantes sera

suffisamment avancé, on comparera la structure de leurs tiges.

Pour qu'une telle expérience ait une rigueur vraiment scientifique, elle exige de nombreuses précautions.

Il importe d'abord que toutes les conditions étrangères au facteur dont on veut étudier l'action sur la tige soient aussi identiques que possible de part et d'autre : il faut, par exemple, que les graines qui fourniront les deux termes de comparaison soient semées sur le même sol et maintenues dans le même lieu, à la même température.

Quand l'expérience a pris fin, il est nécessaire que la comparaison porte sur des parties dont l'âge soit, autant que possible, exactement le même. On sait, en effet, combien la structure d'une tige se modifie avec l'âge et on sent combien il serait inexact de comparer une portion jeune d'une tige à une portion complètement différenciée d'une autre. Pour éviter toute erreur à cet égard, on comparera les régions moyennes de deux entre-nœuds occupant le même rang à partir du sommet de la tige.

Il faut enfin que les deux plantes soumises à la comparaison aient, autant que possible, la même origine. On choisira pour cela des graines aussi semblables que possible : ce seront, par exemple, des graines de même volume et de même aspect, recueillies sur une même plante mère. Mais pour comprendre que, même avec cette précaution, il y aura quelques chances d'erreur, il suffit d'observer que, dans un semis fait avec des graines de même origine, toutes les plantes qui se développent sont loin d'être absolument identiques : elles peuvent être inégalement fortes, soit en totalité, soit dans telle ou telle de leurs parties, et l'étude anatomique de leur organisation peut y révéler des différences notables. Pour éliminer, autant que possible, les erreurs que peuvent introduire dans la comparaison ces différences individuelles, on multipliera les semis de manière à obtenir un grand nombre de pieds, et c'est sur la moyenne des observations relevées que portera la comparaison.

C'est ainsi qu'a procédé M. Costantin, il y a déjà quelques

années. Ses expériences ont porté sur un assez grand nombre d'espèces, appartenant aux groupes les plus divers : la Fève, la Courge, la Pomme de terre, la Belle-de-nuit, la Capucine, le Ricin, etc. Elles lui ont fourni des résultats remarquables par leur concordance. En comparant la structure d'une région déterminée de la tige enterrée à la structure de la région correspondante dans la tige aérienne, il a vu se manifester des différences dont il est important de noter les principales.

Dans les tiges enterrées, les membranes des cellules épidermiques éprouvent, en général, une subérification plus ou moins complète, et cette subérification peut s'étendre de proche en proche aux assises voisines de l'écorce jusqu'à une profondeur plus ou moins grande.

L'épaisseur du parenchyme cortical augmente toujours, chez l'organe enterré, dans une proportion notable, et cette augmentation est due tout autant à l'accroissement du volume qu'à celui du nombre des cellules.

On voit quelquefois paraître, dans les tiges enterrées, à une certaine distance de l'épiderme, une puissante couche subéreuse, formée de plusieurs assises, qui tend à isoler les parties externes et mortifiées de la tige des parties internes, encore vivantes.

Certaines tiges aériennes contiennent, dans la partie externe de leur écorce, un tissu particulier, à membranes épaisses, mais cellulosiques, auquel on donne le nom de *collenchyme*, et qui paraît jouer dans l'organe un rôle de soutien. Or, on voit diminuer sensiblement ou même disparaître complètement ce tissu dans les tiges enterrées.

On sait aussi que les cellules endodermiques de la tige se distinguent généralement de celles de la racine par l'absence ou la disparition précoce des cadres plissés et subérifiés qui font adhérer ces dernières étroitement entre elles. Dans les tiges enterrées, ces plissements persistent longtemps avec la plus grande netteté.

Souvent aussi, nous le savons, le péricycle de la tige contient des fibres lignifiées qui peuvent former un anneau continu autour du cylindre central ou constituer simplement des cordons parallèles aux faisceaux libéro-ligneux. Ces fibres diminuent considérablement, elles peuvent même disparaître complètement dans les tiges enterrées.

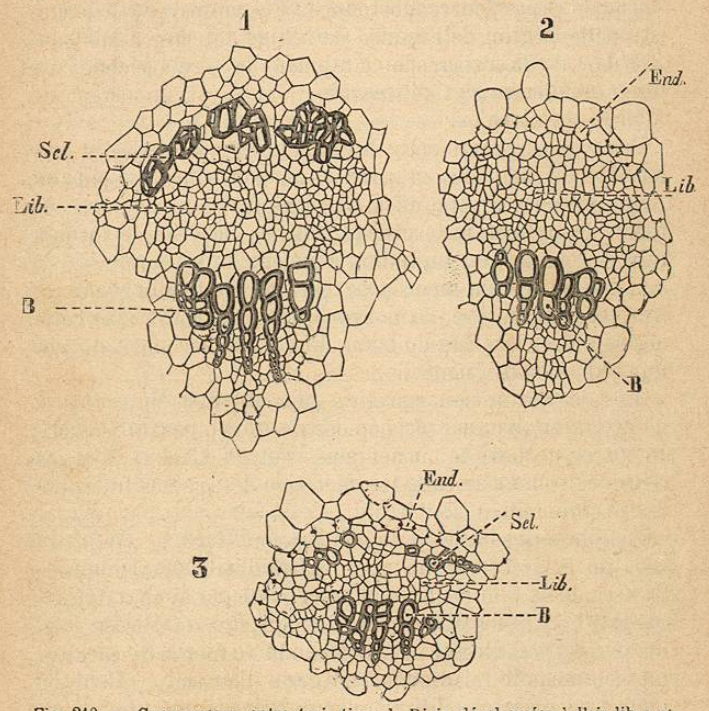

Fig. 210. — Comparaison entre trois tiges de Ricin développées à l'air libre et à la lumière (1), dans la terre (2), à l'air et à l'obscurité (3). (La figure représente seulement un faisceau libéro-ligneux et les régions voisines.) — B, bois; *Lib.*, liber; *Scl.*, sclérenchyme péricyclique; *End.*, endoderme. (D'après M. J. Costantin.)

Un retard sensible se manifeste dans l'activité de l'assise génératrice libéro-ligneuse chez les tiges enterrées.

En même temps, le nombre et le calibre des éléments du bois se réduisent notablement.

Enfin les dimensions de la moelle, plus considérables dans la tige aérienne que dans la racine, se réduisent beaucoup. Pour évaluer avec plus de rigueur cette réduction du parenchyme médullaire, on détermine, par des mesures micrométriques, le rapport qui existe entre le diamètre de la moelle et celui de l'écorce : on constate une diminution sensible de la valeur de ce rapport quand on passe d'une tige aérienne à une tige enterrée.

Pour résumer les diverses modifications que cette étude comparative permet d'attribuer à l'influence du milieu souterrain, on peut les grouper sous trois chefs principaux. Cette influence a pour effet de développer dans la tige les tissus de protection (accroissement de l'écorce, subérification de l'épiderme, formation supplémentaire d'une couche subéreuse). Elle a aussi pour effet de réduire l'appareil de soutien (diminution du collenchyme, du sclérenchyme et des éléments lignifiés du bois). Enfin, elle se manifeste par une réduction de la moelle.

Les résultats remarquables qu'a obtenus M. Costantin n'ont pas encore la précision idéale qu'on pourrait désirer en pareille matière. Ainsi que l'auteur l'a fort bien remarqué, soumettre une tige normalement aérienne à l'influence du milieu souterrain, c'est faire agir sur elle un ensemble assez complexe de facteurs différents : en forçant une tige à vivre sous terre, on la soustrait complètement à l'action de la lumière ; on intercepte en partie l'arrivée des gaz qui lui parviendraient librement si elle vivait dans l'air ; on lui assure extérieurement, par la terre où elle est plongée, un soutien qui lui manquerait dans l'air, etc... Pour démêler, parmi les modifications nombreuses que produit sur la tige l'action du milieu souterrain, la part propre à chacun de ces facteurs, il serait nécessaire de les isoler et de les faire agir séparément sur cet organe.

Tout le monde sait que les plantes développées à l'abri de la lumière, dans une cave par exemple, perdent leur coloration verte, allongent considérablement les entre-nœuds de leurs tiges, réduisent sensiblement les dimensions de

leurs feuilles : elles prennent, en un mot, les caractères spéciaux de l'*étiolement*.

On pouvait se demander si à ces modifications que subit la forme extérieure des organes chez les plantes étiolées ne correspondent pas des modifications de leur structure interne. Cette question, effleurée par Sachs, puis étudiée de plus près par Kraus, a fourni à M. Rauwenhoff la matière d'un important travail : cet auteur a montré que la tige d'une plante étiolée est caractérisée par une hypertrophie de l'écorce et surtout de la moelle, en même temps que par une réduction considérable de l'appareil vasculaire. Reprenant les observations de Rauwenhoff et faisant étioler à l'air des plantes appartenant aux espèces qu'il avait soumises à l'influence du milieu souterrain, M. Costantin a pu remarquer que la suppression de la lumière entraîne certaines des modifications qu'il avait déjà observées ; il en est d'autres, au contraire, que provoque l'action du milieu souterrain et qui ne semblent pas se manifester sous l'influence de l'étiolement. C'est ainsi que, dans une tige de Pomme de terre étiolée à l'air, la moelle reste épaisse et le collenchyme se réduit simplement sans disparaître complètement. Dans une tige de Ricin soumise aux mêmes conditions, on voit apparaître quelques-unes des fibres péricycliques que l'influence du milieu souterrain avait fait disparaître complètement. On voit donc, sans qu'il soit possible de donner beaucoup de précision à cette conclusion, que, parmi les effets dus à l'enterrement de la tige, il y a lieu de séparer ceux qui proviennent de l'étiolement et ceux qui ont des causes différentes : la réduction du bois et, dans une certaine mesure, celle de tout l'appareil de soutien, la persistance des plissements endodermiques, paraissent devoir être attribués à l'étiolement ; les autres effets relèveraient de causes différentes.

Ce n'est qu'après s'être ainsi aidé des lumières de l'expérience qu'on peut faire appel aux résultats de l'observation. C'est ce qu'a fait M. Costantin en comparant, chez un grand nombre de plantes appartenant aux familles les plus diverses

de la classe des Dicotylédones, la structure des rhizomes à celle des tiges aériennes. Parmi les résultats que lui a fournis cette comparaison, un grand nombre ont offert une ressemblance frappante avec les résultats de l'expérience, et l'auteur a pu déterminer, d'une manière générale, la nature des modifications qu'imprime le milieu souterrain à la structure de la tige.

L'étude précédente devait trouver son complément naturel dans celle des modifications qu'apporte le milieu aérien à la structure de la racine.

Si la nature nous offre des exemples nombreux de tiges souterraines, elle nous montre aussi des cas remarquables de racines latérales qui, nées sur les flancs de la tige, accomplissent tout leur développement dans l'air. C'est ainsi qu'un grand nombre d'espèces appartenant à la famille des Orchidées, telles que la Vanille, se fixent par leurs parties aériennes à d'autres plantes qui leur servent de supports et développent des racines adventives qui pendent verticalement dans l'air. Ces racines se distinguent généralement des racines souterraines par un ensemble de caractères spéciaux. Les assises les plus externes de l'écorce, composées de grandes cellules à parois subérifiées et à contenu gazeux, forment à la racine une sorte d'étui protecteur qu'on nomme le *voile*. Un grand nombre d'assises appartenant soit à la partie profonde de l'écorce, soit au péricycle, soit même à la moelle, subissent une lignification plus ou moins complète, ainsi qu'on peut l'observer, par exemple, dans les racines aériennes des *Vanda*.

M. Costantin a forcé une racine aérienne de *Vanda* à se développer sous terre et a vu disparaître, ou tout au moins s'atténuer, quelques-uns des caractères qu'elle devait à son existence aérienne : si le voile a persisté, la lignification de l'écorce, de l'endoderme et du cylindre central a diminué dans une proportion notable.

Renversant les conditions de l'expérience, l'auteur est parvenu à faire développer dans l'air humide des racines dont l'existence est normalement souterraine, par exemple

des racines de Fève, de Pois, de Capucine, etc. : il a vu, dans le milieu aérien, l'écorce s'amincir, le système ligneux se développer, l'appareil de soutien prendre une importance plus grande.

De cette double série de recherches nous pouvons conclure, avec M. Costantin, que, parmi les caractères distinctifs de la tige et de la racine, il en est, comme les dimensions relatives de l'écorce et de la moelle ou le développement de l'appareil de soutien, qui peuvent être légitimement attribués à l'influence immédiate du milieu dans lequel se développent ces deux organes.

Influence du milieu aquatique. — Après l'influence du milieu souterrain sur la structure de la plante, on pouvait étudier celle qu'exerce le milieu aquatique.

C'est un fait d'observation courante que les organes développés dans l'eau (feuilles, tiges ou racines) présentent un ensemble de caractères dont la constance porte l'observateur à supposer qu'ils doivent être attribués à l'influence du milieu.

Chacun a pu remarquer, par exemple, l'allure spéciale qu'adoptent les feuilles aquatiques. Celles qui flottent à la surface de l'eau, comme les feuilles des Nénuphars, ont une forme généralement arrondie (*fig.* 211). Les feuilles submergées ont fréquemment un limbe rubané, comme cela s'observe chez les *Hippuris*. Souvent aussi, il est très découpé, comme on le voit chez les *Myriophyllum*; parfois même, il est percé à jour par de nombreuses ouvertures qui occupent les mailles du réseau formé par les nervures : il est, comme on dit, *fenêtré* (*Ouvirandra fenestralis*). D'une manière générale, le parenchyme tend à se réduire dans les limbes submergés. Certaines espèces, qu'on peut qualifier d'*amphibies*, possèdent

Fig. 211. — Feuilles flottantes.

à la fois des feuilles aquatiques et des feuilles aériennes. C'est ainsi que, chez *Ranunculus aquatilis*, les feuilles qui dépassent le niveau de l'eau ont un limbe échancré sur ses bords, mais largement développé toutefois, tandis que les feuilles submergées, dont le limbe est extrêmement découpé, se réduisent presque à leurs nervures qui forment une sorte de chevelure flottant au gré des courants (*fig.* 212). L'exemple le plus remarquable de ce polymorphisme foliaire chez les plantes aquatiques nous est fourni par la Sagittaire (*Sagittaria sagittæfolia*); cette plante possède à la fois trois formes de feuilles : les unes, généralement aériennes, s'épanouissent en forme de fer de flèche; d'autres, aux contours assez régulièrement arrondis, s'étalent ordinairement à la surface de l'eau; enfin,

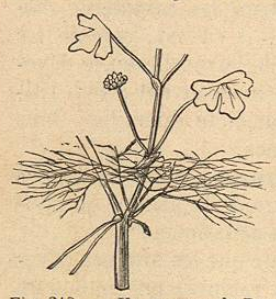

Fig. 212. — Un rameau de Renoncule aquatique avec ses deux sortes de feuilles.

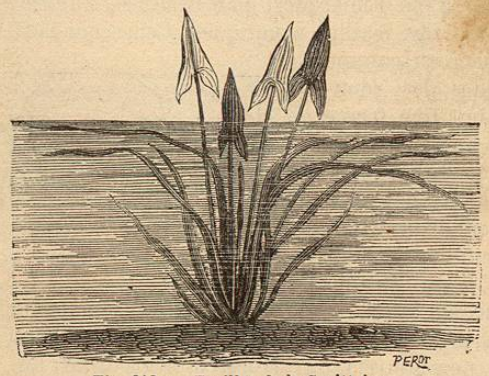

Fig. 213. — Feuilles de la Sagittaire.

certaines feuilles restent submergées et se développent en longs rubans (*fig.* 213).

Toutes ces observations semblent manifester de la ma-

nière la plus nette l'influence qu'exerce le milieu aquatique sur la forme des organes foliaires. L'étude de la structure des feuilles aquatiques paraît confirmer ces résultats.

Le parenchyme des feuilles aquatiques est généralement homogène et entièrement lacuneux : il est parcouru par un système complexe d'espaces aérifères qui lui donne une consistance en quelque sorte spongieuse. Il peut, d'ailleurs, se réduire, comme cela arrive surtout dans les feuilles rubanées, à un fort petit nombre d'assises : c'est ainsi que, dans les *Elodea*, il ne comprend que deux assises, appliquées étroitement l'une contre l'autre et qui ne sont pas autre chose que les deux faces de l'épiderme. L'épiderme, dépourvu de stomates et faiblement cutinisé, renferme des corps chlorophylliens aussi bien que le mésophylle. L'appareil conducteur se réduit considérablement : certains vaisseaux peuvent se résorber après leur formation et faire place à des lacunes qui s'ajoutent à celles qui proviennent des espaces intercellulaires.

Si concordantes qu'elles fussent, de telles observations ne pouvaient suffire pour définir avec précision l'influence du

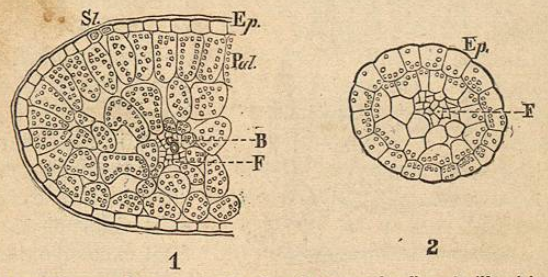

Fig. 214. — *Ranunculus aquatilis*. Sections transversales d'une feuille aérienne (1) et d'une feuille aquatique (2) (d'après M. J. Costantin). — *Ep.*, épiderme; *St.*, stomates; *Pal.*, tissu en palissade; F, faisceau; B, bois.

milieu : à l'observation devait s'ajouter l'expérience. C'est pour répondre à cette nécessité que M. Costantin s'est proposé de modifier artificiellement les conditions dans lesquelles se développent normalement les feuilles. Si l'on

cherche à changer brusquement le milieu dans lequel vit une feuille dont le développement est déjà très avancé, ce changement est généralement funeste à l'organe, qui meurt rapidement. Mais si l'expérience porte sur une feuille dont le développement est peu avancé, il semble qu'elle soit plus apte à se plier à de nouvelles conditions d'existence : sa consistance, sa coloration, ses dimensions se modifient; si l'expérience l'a saisie au début même de son développement, quand elle est à peine ébauchée dans le bourgeon, sa forme même peut être atteinte. Quant à sa structure, elle subit des transformations profondes (*fig.* 214 et 215). Chez une feuille que l'expérimentateur a forcée à se développer dans l'eau, les membranes de séparation des cellules épidermiques perdent la forme sinueuse qu'elles possèdent fréquemment à l'air libre et deviennent rectilignes; la cutinisation de l'épiderme s'affaiblit; les poils, s'il y en avait à l'air, disparaissent dans l'eau; le nombre des stomates diminue, et la chlorophylle, qui était exclusivement localisée dans les cellules stomatiques de la feuille aérienne, se répand uniformément dans toutes les cellules épidermiques; le tissu en palissade diminue d'épaisseur, le nombre des lacunes augmente, les cellules parenchymateuses s'appauvrissent en chlorophylle; on voit enfin se réduire notablement les éléments vasculaires et fibreux.

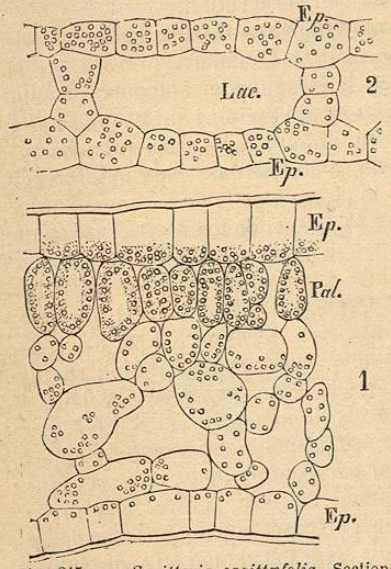

Fig. 215. — *Sagittaria sagittæfolia.* Sections transversales du limbe d'une feuille rubanée aquatique (2) et d'une feuille rubanée qui a poussé dans l'air (1) (d'après M. J. Costantin). — *Ep.*, épiderme; *Pal.*, tissu en palissade; *Lac.*, lacune.

Les expériences de M. Costantin n'ont pas seulement porté sur des plantes amphibies, comme la Sagittaire, qui se prêtent plus aisément que d'autres à ces changements de milieu; M. Costantin a pu obtenir dans l'eau le développement complet d'espèces franchement terrestres, comme la Luzerne, et a vu se manifester chez elles les modifications que nous venons d'énumérer.

Ici encore, comme on le voit, les résultats de l'expérience sont venus confirmer ceux de l'observation.

Influence de l'humidité atmosphérique. — S'il y a quelque intérêt à connaître l'influence exercée par le contact direct de l'eau sur la structure des plantes, on peut se demander si l'état hygrométrique de l'air n'a pas aussi quelque action sur la forme ou la structure des organes qui s'y développent. C'est une question qui avait déjà préoccupé M. Wiesner, l'éminent physiologiste de Vienne, et qui a été reprise récemment par M. Lothelier à propos d'une étude des piquants des plantes.

On sait que chez certaines espèces, vivant ordinairement dans les lieux secs, les organes les plus divers peuvent acquérir une grande rigidité et se terminer en pointe, constituer en un mot des piquants : cette transformation atteint les rameaux chez les Ajoncs (*Ulex Europæus*), les feuilles chez l'Epine-Vinette (*Berberis vulgaris*), etc. M. Lothelier a eu l'idée de cultiver deux échantillons entièrement comparables d'une de ces espèces, par exemple deux boutures provenant d'un même pied, l'une à l'air sec, l'autre dans un air saturé d'humidité : l'une était disposée sous une cloche où de petits flacons, régulièrement étagés et remplis d'acide sulfurique concentré, absorbaient toute la vapeur d'eau; sous la cloche qui recouvrait l'autre, de petits flacons remplis d'eau assuraient la saturation de l'air. Toutes les autres conditions, telles que la température, l'éclairement, la nature du sol, étaient aussi identiques que possible de part et d'autre. Bientôt se manifestaient des différences profondes entre les

deux pieds soumis à l'expérience : les piquants diminuaient de nombre et de puissance dans l'échantillon développé à l'air saturé et les organes qui les formaient tendaient à reprendre leur constitution normale de rameaux ou de feuilles; les feuilles ordinaires augmentaient sensiblement de surface, mais en même temps diminuaient d'épaisseur; les assises de cellules en palissade diminuaient de nombre, quand elles

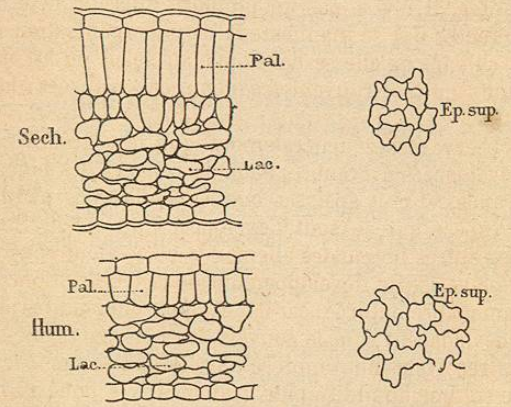

Fig. 216. — Epine-Vinette (*Berberis vulgaris*). Comparaison entre deux feuilles développées, l'une dans une atmosphère sèche (première ligne), l'autre dans une atmosphère humide (deuxième ligne) (d'après M. Lothelier). A gauche, coupe du limbe; à droite, fragments de l'épiderme supérieur, vus de face. — Pal., tissu en palissade; Lac., tissu lacuneux.

ne disparaissaient pas complètement; les lacunes se développaient davantage; en même temps se réduisaient la cutinisation de l'épiderme et la lignification des éléments de conduction et de soutien (*fig.* 216). On peut conclure, d'une manière générale, avec M. Lothelier, que l'humidité de l'air diminue, dans une proportion notable, la différenciation de l'appareil végétatif.

Influence de la lumière. — Les expériences de MM. Costantin et Lothelier ont porté sur le milieu pondérable, terre ou eau; mais il est aussi quelques facteurs im-

pondérables dont on peut se proposer de mesurer l'influence sur la forme et sur la structure des plantes.

Parmi ces facteurs, le plus important à considérer est la radiation lumineuse. Déjà les recherches de Kraus, de Rauwenhoff, de Costantin, sur la structure des plantes étiolées, avaient entamé cette question; mais, s'il est curieux de connaître l'influence de l'obscurité complète sur la structure des plantes, il n'y a pas un moindre intérêt à déterminer les différences qui se manifestent dans l'organisation d'une plante, suivant qu'elle se développe au soleil ou à l'ombre, conditions qui se trouvent fréquemment réalisées dans la nature.

On observe assez généralement que les feuilles qui se sont développées à l'ombre, sous le couvert des bois, sont plus grandes et plus épaisses que les feuilles des plantes de même espèce qui se sont développées au soleil. Stahl et quelques autres botanistes allemands en avaient conclu que l'ombre favorise le développement de la feuille. Conclusion évidemment prématurée; car il faut remarquer que les plantes qui se développent sous le couvert des bois, en même temps qu'elles reçoivent une lumière plus faible, peuvent trouver dans le sol une humidité plus grande. Il y a donc au moins deux facteurs différents, l'éclairement et l'humidité du sol, qui peuvent concourir à produire l'effet observé dans la nature. Ici encore éclate l'insuffisance de l'observation et se manifeste la nécessité de l'expérience pour déterminer exactement la part qui revient à l'éclairement. Telles sont les considérations qui ont conduit M. L. Dufour à étudier expérimentalement, en dehors de toute autre modification, l'influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles.

Deux plants ou deux graines, aussi identiques que possible, d'une même espèce végétale étaient confiés au même sol et gratifiés du même arrosement; ils étaient placés, en un mot, dans les mêmes conditions, à une seule différence près : l'un était exposé librement chaque jour à l'action directe du soleil, tandis que l'autre y était soustrait par un bâti en bois

ou en carton qui ne laissait parvenir jusqu'à la plante que la lumière diffuse. Or, la plante développée à la lumière était toujours plus volumineuse que la plante développée à l'ombre ; ses tiges étaient plus fortes, ses feuilles plus larges et plus épaisses, sa floraison plus riche et plus hâtive. On pouvait donc affirmer que Stahl s'était trompé dans sa conclusion ; il restait à vérifier que la cause de son erreur était bien l'action de l'humidité du sol. C'est ce que M. Dufour a fait en soumettant à des arrosements inégaux deux plantes de même espèce placées dans des conditions absolument égales d'ailleurs, en y comprenant les conditions d'éclairement : il s'est assuré ainsi que l'arrosement du sol favorise le développement des feuilles.

La comparaison anatomique des feuilles qui s'étaient déve-

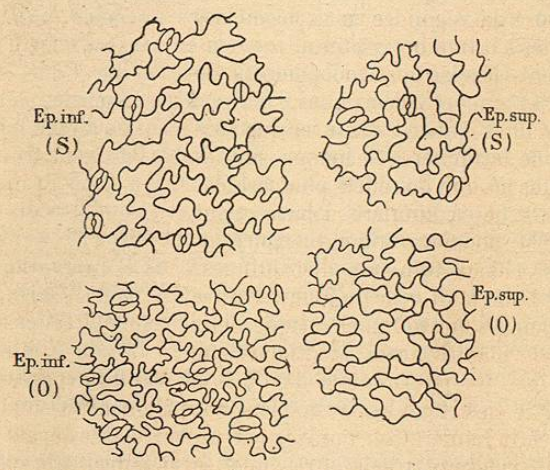

Fig. 217. — *Circæa Lutetiana.* — Comparaison entre les épidermes supérieur et inférieur d'une feuille développée au soleil (S) et ceux d'une feuille développée à l'ombre (O). (D'après M. L. Dufour.)

loppées au soleil avec celles qui s'étaient développées à l'ombre (*fig.* 217 et 218) a montré, de plus, que l'action de l'éclaire-

ment direct a pour effet d'augmenter le nombre des stomates, d'accroître l'épaisseur totale des cellules épidermiques, l'épaisseur spéciale et la cutinisation de leurs parois externes; elle augmente aussi le nombre et l'épaisseur des assises palissadiques, le nombre et le calibre des vaisseaux ligneux, le nombre et l'épaisseur des fibres, et, d une manière plus générale, des éléments de soutien. En somme, toutes conditions égales d'ailleurs, les tissus de la feuille sont d'autant plus différenciés que l'éclairement a été plus intense.

Supposant cette dernière condition poussée à l'extrême, on pouvait se demander comment se développerait une plante soumise à un éclairement continu. C'est à cette question que M. Gaston Bonnier s'est proposé de répondre en exposant des plantes à la lumière continue que fournissent, pendant des mois entiers, de puissants foyers électriques.

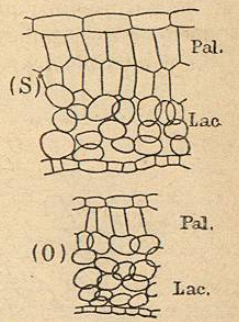

Fig. 218.—*Circæa Lutetiana.* — Comparaison entre le limbe d'une feuille développée au soleil (S) et celui d'une feuille développée à l'ombre (O). (D'après M. L. Dufour.)

Il fallait d'abord s'assurer que l'action de la lumière électrique sur les plantes produit des effets comparables à ceux de la lumière solaire. Pour cela, M. Bonnier a soumis concurremment à deux lumières discontinues, dont l'une était celle du jour et l'autre provenait d'une source électrique, deux lots de plantes aussi identiques que possible. Il a pu s'assurer ainsi que les plantes exposées à la lumière électrique se développent normalement, à condition que cette lumière soit tamisée par un verre assez épais pour absorber les radiations ultra-violettes, nuisibles à la vie des plantes. Deux lots équivalents d'une même espèce ont alors été exposés à la lumière électrique continue d'une part, discontinue de l'autre.

Après quelques mois de culture, M. Bonnier a pu constater que la lumière continue donne des feuilles plus larges,

plus épaisses, d'un vert plus intense, mais dont les tissus

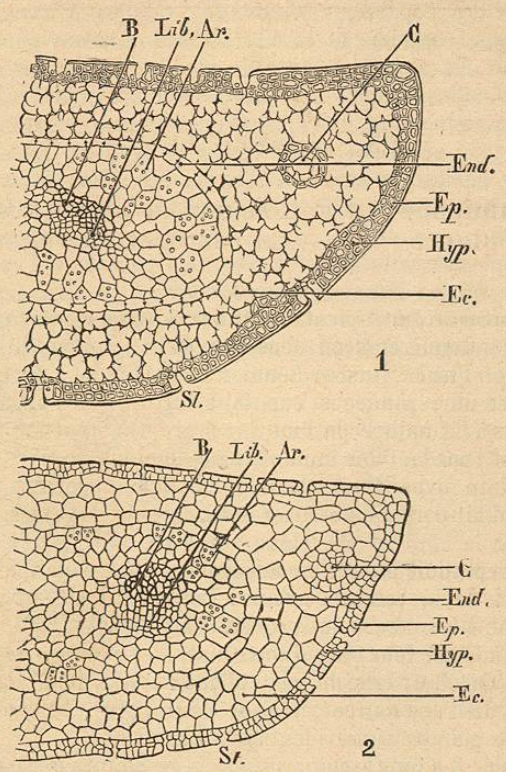

Fig. 219. — Pin d'Autriche. — Comparaison entre la structure d'une feuille développée à la lumière discontinue (1) et celle d'une feuille développée à la lumière continue (2). (D'après M. G. Bonnier.) — *Ep.*, épiderme; *St.*, stomate; *Hyp.*, hypoderme; *Ec.*, écorce; *End.*, endoderme; *Ar.*, tissu aréolé; B, bois; *Lib.*, liber; C, canal sécréteur.

présentent une différenciation beaucoup moindre que ceux des feuilles développées à la lumière discontinue (*fig.* 219).

DIX-NEUVIÈME LEÇON

Influence du milieu sur la structure de la plante (*fin*). — La respiration végétale.

Influence du climat sur la structure des plantes. — Notre dernière leçon nous a montré comment il a été possible d'isoler quelques-uns des facteurs susceptibles d'exercer une influence sur la structure des plantes et d'analyser la nature de l'influence propre à chacun d'eux. Il nous reste à voir comment ces notions trouvent leur application dans l'étude des modifications apportées par le climat à la morphologie externe ou interne des espèces végétales.

L'observation prouve qu'à chaque climat correspond un ensemble de caractères spéciaux de la végétation. Sans quitter les régions tempérées, les plantes des plaines se distinguent nettement, par leur faciès ordinaire, des plantes de montagnes. Qu'elles viennent de la plaine ou de la montagne, les plantes des régions tempérées se distinguent, à leur tour, de celles qui vivent dans les régions arctiques.

Or, qu'est-ce que le climat, sinon la résultante d'un certain nombre de facteurs de l'ordre de ceux que nous avons étudiés dans notre dernière leçon ? En quoi, par exemple, le climat arctique se distingue-t-il de celui de nos plaines, sinon par des différences dans les quantités de chaleur, de lumière, d'humidité atmosphérique, que reçoivent les plantes pendant la durée totale de l'année ?

Il est donc à supposer que l'observation, aidée, s'il est possible, de l'expérience, permettra de retrouver, dans la