

et les *curvisériées*, qui sont plus ou moins déviées du point exact qu'elles devraient occuper pour se correspondre.

12° Les *rectisériées* forment des séries verticales, et leur angle de divergence est toujours une fraction rationnelle de la circonférence du cercle. Les *curvisériées* sont rigoureusement solitaires, et leur angle de divergence est irrationnel et incommensurable.

13° La ligne spirale qui passe par le point d'attache de toutes les feuilles constitue la spire primaire ou génératrice.

14° Indépendamment de la spire génératrice, il en existe plusieurs autres à droite et à gauche de l'axe, très-apparences quand les feuilles sont très-nombreuses et très-rapprochées les unes contre les autres : on les nomme *spires secondaires*.

15° Les spires secondaires ne passent jamais par la série complète des numéros de toutes les feuilles.

16° Entre les numéros de deux feuilles qui se suivent immédiatement dans une spire secondaire, il existe une différence égale au nombre de ces spires secondaires et parallèles qui existent de l'un des côtés de l'axe.

17° Quand on a reconnu le nombre des spires secondaires qui existent dans un assemblage de feuilles ou d'écaillés, on peut : 1° numéroter exactement chacune des feuilles ou écaillés et connaître ainsi la spire génératrice, qui n'est point apparente; 2° déterminer le nombre des feuilles ou des écaillés qui constituent le cycle, ce nombre étant égal à la somme des spires secondaires qui existent à droite et à gauche de l'axe; 3° connaître le nombre des tours de spire étendus entre les deux points extrêmes du cycle, ce nombre étant toujours égal au plus petit des deux nombres exprimant les spires secondaires de gauche et de droite. On arrive ainsi à former la fraction qui représente la disposition des feuilles ou des écaillés.

18° Les feuilles opposées ou verticillées alternent en général exactement dans deux verticilles qui se suivent.

19° Les feuilles opposées et verticillées se correspondent exactement de deux en deux verticilles.

20° Chacune d'elles peut devenir le point de départ d'une ligne spirale.

CHAPITRE XI.

STRUCTURE DES FEUILLES.

On doit à M. Adolphe Brongniart des recherches fort intéressantes sur la structure des feuilles et leurs fonctions (*Ann. sc. nat.*, dé-

cembre 1830). Nous en offrirons ici quelques-uns des résultats les plus saillants.

Les feuilles, comme nous l'avons dit précédemment, sont formées par trois organes principaux; savoir, par un faisceau vasculaire provenant de la tige, par du parenchyme, prolongement de l'enveloppe herbacée de l'écorce, et enfin par une portion d'épiderme qui les recouvre dans toute leur étendue. Étudions successivement ces trois parties :

I. Le parenchyme est communément vert, et c'est lui qui donne aux feuilles la coloration qui leur est si générale. Il est composé de plusieurs couches d'utricules plus ou moins arrondies, laissant souvent entre elles des espaces vides ou méats intercellulaires, communiquant tous entre eux et remplis d'air (Fig. CXXXVII). Assez souvent les utricules placées sous l'épiderme de la face supérieure sont sous la forme de petites cellules cylindriques perpendiculaires à l'épiderme. Celles, au contraire, qui touchent l'épiderme de la face inférieure sont très-irrégulières, souvent divisées en plusieurs branches qui s'unissent avec celles des autres cellules environnantes de même nature, et constituent une sorte de tissu réticulé, à larges mailles, sur lequel l'épiderme est appliqué. En général on a remarqué que les stomates correspondent à ces lacunes ou poches aériennes, dont l'abondance à la face inférieure de la feuille lui donne cette couleur plus pâle qui lui est propre.

La couleur verte du parenchyme des feuilles est due, comme celle du tissu cellulaire en général, aux granules verts qui existent dans l'intérieur des utricules. On sait que, quand les plantes sont longtemps soustraites à l'action directe de la lumière solaire, leurs feuilles

Fig. CXXXVII.



CXXXVII. Coupe perpendiculaire de la feuille du laurier-rose, montrant en a la cavité garnie de poils où sont réunis les stomates, et en ep, l'épiderme composé de trois à quatre couches de cellules, et entre les deux lames d'épiderme, le parenchyme.

et leurs autres parties vertes s'étiolent, c'est-à-dire qu'elles deviennent jaunes, pâles, par la disparition de la matière verte des granules de la chlorophylle. On sait de plus que le même phénomène produit aussi un autre changement : les sucs contenus dans ces parties perdent leur âcreté et leur amertume, et deviennent doux et sucrés.

Les feuilles épaisses et charnues des plantes grasses sont composées d'un tissu utriculaire plus serré, c'est-à-dire présentant moins de ces espaces vides ou lacunes aériennes qu'on voit si abondamment dans les feuilles minces et membraneuses. Cependant elles en offrent aussi qui correspondent également aux pores corticaux.

Ce qu'il y a de plus remarquable à noter dans la disposition des utricules composant le parenchyme de la feuille, c'est : 1° la différence de forme de celles qu'on trouve sous l'épiderme de la face supérieure, qui sont toujours plus ou moins allongées dans le sens perpendiculaire, tandis que celles de la face inférieure sont souvent très-irrégulières (voy. la figure); 2° les espaces vides plus ou moins grands que ces utricules laissent entre elles, espaces qui forment autant de cavités particulières contenant de l'air, et qui communiquent toutes ensemble avec une grande facilité.

De cette structure remarquable des feuilles il résulte que, dans le plus grand nombre des cas, la surface des utricules composant le parenchyme se trouve mise en contact avec l'air qui, par les stomates, pénètre sous l'épiderme. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce point, en traitant des fonctions des feuilles.

II. Les vaisseaux qui pénètrent dans la feuille se détachent de la tige sous la forme de faisceaux distincts, ordinairement en nombre impair. Ils pénètrent dans le pétiole lorsque celui-ci existe, et, en se ramifiant un peu plus haut, ils constituent les nervures et les veines, qu'on observe surtout à la face inférieure. Ces faisceaux vasculaires se composent, comme ceux de la tige, de trachées, de tubes ponctués, de tissu fibreux, de vaisseaux du latex et de tissu utriculaire. Les trachées sont ordinairement placées vers la face supérieure de la feuille et entourées de tissu cellulaire allongé; au-dessous d'elles sont les tubes ponctués, puis quelques vaisseaux laticifères, ramifiés et anastomosés, et environnés, ainsi que les tubes ponctués, par des tubes fibreux ou tissu du bois et du liber. Ces faisceaux vont en se divisant de plus en plus, et leurs dernières ramifications, en s'anastomosant entre elles, forment un réseau fin et délicat qui, dans les feuilles des végétaux dicotylédones, constitue une sorte de tissu comparable à une dentelle. Dans les plantes monocotylédones au contraire (sauf quelques exceptions que nous avons précédemment signalées, page 186), les nervures ou faisceaux vasculaires restent simples et marchent parallèles entre eux sans donner de branches latérales. Telle est la disposition la plus générale des vaisseaux dans les feuilles.

III. L'épiderme des feuilles n'est pas manifestement différent de celui qui recouvre les autres parties du végétal; il se compose de l'épiderme proprement dit et de la cuticule qui le recouvre; nous l'avons déjà décrit précédemment (pages 62 et suiv.).

Cette membrane celluleuse est généralement peu adhérente au tissu sous-jacent. Elle est transparente et diaphane, c'est-à-dire que les cellules qui la composent sont dépourvues de granulations vertes. Ces cellules sont très-intimement unies entre elles, généralement déprimées; ce qui sert à distinguer l'épiderme du tissu parenchymateux de la feuille, dont les utricules sont souvent cylindriques et perpendiculaires à la surface supérieure de la feuille, bien que cette forme-là ne soit pas générale. Les parois des cellules de l'épiderme sont en général épaisses et résistantes. Comme nous l'avons dit précédemment, l'épiderme se compose d'une à quatre couches de cellules, mais toujours très-adhérentes entre elles. Ainsi on en trouve de trois à quatre dans les feuilles du laurier-rose (voyez Fig. CXXXVII, p. 215).

L'épiderme des feuilles présente un nombre très-considérable de stomates. Ces organes existent indifféremment aux deux faces de la feuille dans les plantes herbacées; dans les arbres, c'est en général à la face inférieure qu'on les observe en plus grand nombre, tandis qu'au contraire, dans les feuilles étalées à la surface des eaux, on ne les trouve qu'à la face en contact avec l'air; position qui indique aussi que ces organes ne servent pas à l'absorption de l'eau, comme beaucoup d'auteurs l'ont annoncé. Tantôt les stomates sont épars et sans ordre, d'autres fois ils sont disposés par séries ou lignes longitudinales, comme dans certaines Monocotylédones.

Ces deux lames d'épiderme recouvrent la partie formée par les fibres vasculaires et le parenchyme, et que le professeur De Candolle propose de nommer *mésophylle*. Cet organe est quelquefois très-mince, ainsi qu'on l'observe pour les feuilles qui sont planes et membraneuses; mais, dans toutes les feuilles épaisses et charnues, dans les plantes grasses, par exemple, le mésophylle est très-développé, et donne la forme à la feuille.

Dans les feuilles qui ont une coloration différente de la verte, comme celles du *Dracæna terminalis*, par exemple, où elles sont d'un pourpre intense, cette coloration est due à un liquide contenu dans les utricules de l'épiderme. Sous cet épiderme, dont la teinte est purpurine, se trouve un tissu utriculaire rempli de granulations vertes, mais dont la couleur est masquée par celle de l'épiderme.

Nous venons de décrire la structure des feuilles, telle qu'on l'observe dans l'immense majorité des végétaux, dans ceux dont les feuilles sont étalées dans l'atmosphère. Mais certaines plantes vivent dans l'eau, et leurs feuilles offrent une organisation tout à fait différente de ce qu'elle est dans les plantes aériennes, ainsi que M. Bron-

gnant l'a fort bien démontré. Déjà, dans les plantes dont les feuilles sont étalées à la surface de l'eau, comme les *Nymphaea*, certains *Polygonum*, etc., l'épiderme de la face supérieure porte seul des stomates; la face inférieure, constamment en contact avec l'eau, en est dépourvue. Dans les *Potamogeton*, les *Zanichellia*, etc., dont les feuilles sont submergées, l'épiderme disparaît et le parenchyme est uniquement recouvert par la cuticule, qui ne présente aucune ouverture appréciable, et qui est d'une excessive ténuité. Les faisceaux vasculaires n'existent pas; ils sont remplacés par quelques séries d'utricules allongées qui en tiennent lieu. Ainsi les feuilles submergées offrent une organisation excessivement simple: elles se composent uniquement de tissu utriculaire, qui montre un grand nombre de lacunes, ou de poches aériennes, sans communication directe avec l'extérieur.

Indiquons ici sommairement les principales fonctions des feuilles. Les feuilles sont, avec les racines, les organes essentiels de la nutrition des végétaux, et leurs fonctions sont très-nombreuses et très-diverses: 1° elles absorbent dans l'atmosphère les substances nutritives qui y sont répandues à l'état de gaz ou de vapeurs; 2° elles sont des organes d'assimilation, et exercent une action puissante sur ces substances, qu'elles altèrent et décomposent pour les faire concourir à la nutrition du végétal; 3° elles absorbent l'air ou l'acide carbonique qui y est mêlé, pour s'assimiler les principes qui peuvent leur servir d'aliment, etc.; 4° elles rejettent au dehors les principes ou matières inutiles à leur alimentation, tantôt sous la forme de gaz (respiration), tantôt sous la forme de vapeurs (transpiration), tantôt sous la forme de corps solides (excrétions végétales). Enfin elles sont les organes dans lesquels l'irritabilité est la plus manifeste, et ceux par conséquent qui exécutent les mouvements les plus marqués.

Nous reviendrons sur ces fonctions en traitant prochainement des phénomènes de la nutrition et des mouvements dans les végétaux.

CHAPITRE XII.

DÉFOLIATION, OU CHUTE DES FEUILLES.

Dans nos climats, il arrive chaque année une époque où la plupart des végétaux se dépouillent de leurs feuilles. C'est ordinairement à la fin de l'été ou au commencement de l'automne que les arbres perdent leur feuillage.

Cependant ce phénomène n'a pas lieu à la même époque pour toutes les plantes. On remarque en général que les arbres dont les feuilles

se développent de bonne heure sont aussi ceux qui les perdent les premiers, comme on l'observe pour le tilleul, le marronnier d'Inde, etc. Le sureau fait exception à cette règle; ses feuilles paraissent dès le premier printemps, et ne tombent que très-tard. Le frêne ordinaire présente une autre particularité; ses feuilles se montrent très-tard, et tombent dès la fin de l'été.

Les feuilles pétiolées, surtout celles qui sont articulées avec la tige, s'en détachent plus tôt que celles qui sont sessiles, et à plus forte raison que celles qui sont amplexicaules. En général, dans les plantes herbacées, annuelles ou vivaces, les feuilles meurent avec la tige, sans s'en détacher.

Mais il est des arbres et des arbrisseaux qui restent en tout temps ornés de leur feuillage. Ce sont en général les espèces résineuses, telles que les pins, les sapins, ou certains végétaux dont les feuilles sont roides et coriaces, comme les myrtes, les alaternes, les lauriers-roses, etc. On leur donne le nom d'*arbres verts*.

Dans les régions tropicales de l'un et l'autre continent, où la température descend ou se maintient rarement au-dessous de $10^{\circ} + 0$, la plupart des arbres et des arbrisseaux sont munis de feuilles plus ou moins roides et coriaces, qu'ils conservent toute l'année. Cependant, transportés dans nos climats plus froids, ces végétaux y sont soumis aux influences qui agissent sur nos arbres indigènes, et, même abrités dans nos serres, ils y perdent souvent leur feuillage.

Quoique la chute des feuilles ait généralement lieu aux approches de l'hiver, on ne doit cependant pas regarder le froid comme la principale cause de ce phénomène. Elle doit être bien plus naturellement attribuée à la cessation de la végétation, au manque de nourriture que les feuilles éprouvent à cette époque de l'année, où le cours de la sève est interrompu. Les vaisseaux de la feuille se resserrent, se dessèchent, et bientôt cet organe se détache du rameau sur lequel il s'était développé.

M. John Murray (*Edimb. philos. Journ.*, p. 823, 1823) pense que la chute des feuilles est due à la contraction et à l'oblitération des vaisseaux du pétiole, qui proviennent de la perte de calorique qu'éprouve cette partie par l'irradiation, dont l'action est beaucoup plus marquée en automne que dans les autres saisons. Il s'appuie sur ce que ce sont en général les feuilles supérieures des arbres qui se détachent les premières, parce qu'elles sont plus exposées aux effets de cette irradiation du calorique.

Selon M. Vaucher, les fibres de la tige ne se continuent pas avec celles du pétiole; il y a toujours à la base de celui-ci une solution de continuité entre les fibres, mais qui n'est souvent pas visible à l'extérieur. Ces fibres sont simplement juxta-posées bout à bout avec celles de la tige ou des rameaux, et c'est le parenchyme et l'épiderme qui unissent la feuille à la tige. Quand ce parenchyme vient à se dessé-