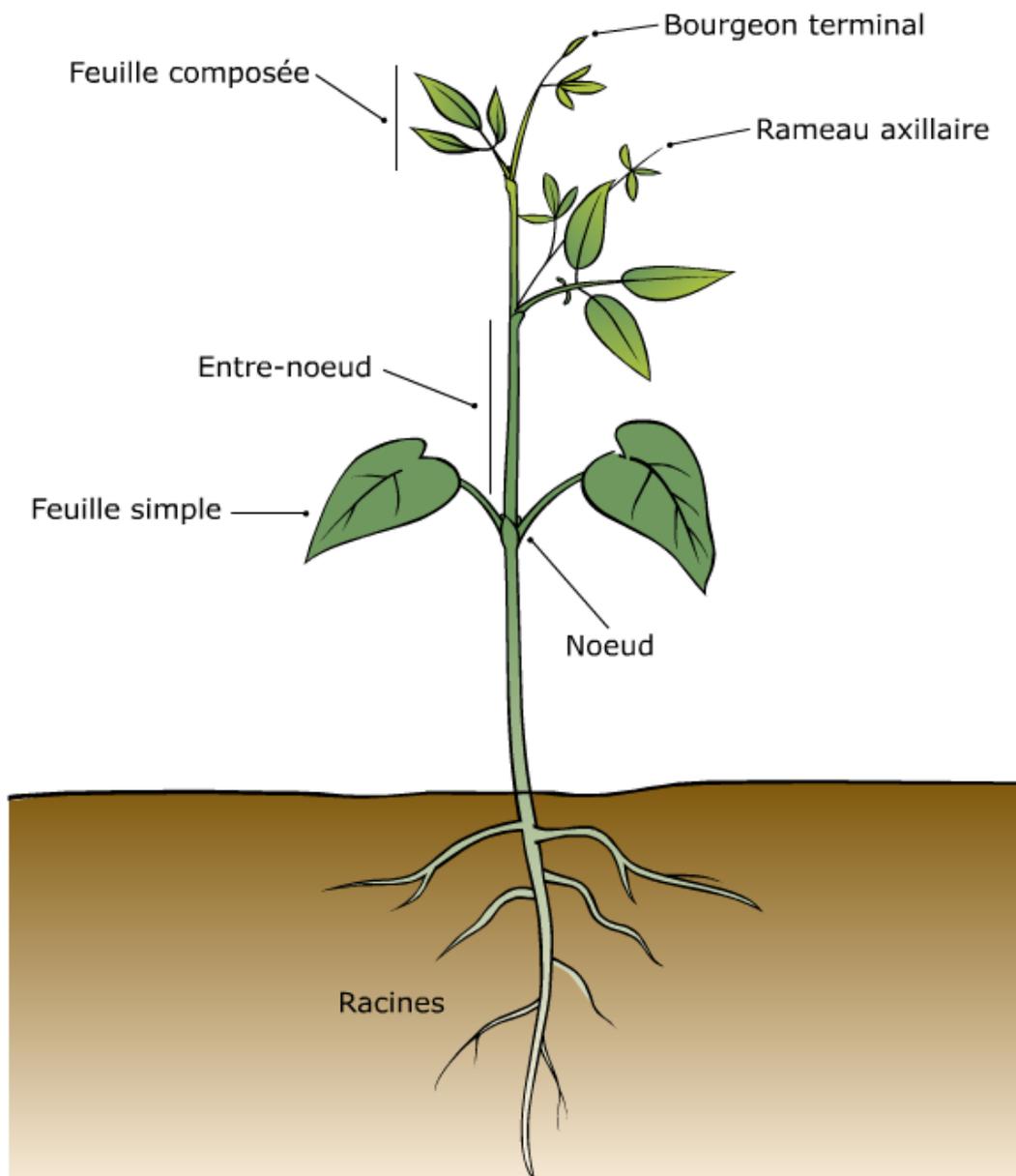


1. Tige et bourgeon

1.1. Tige herbacée et ligneuse

La tige **herbacée** porte des feuilles sur des renflements appelés **nœuds**. L'espace entre deux nœuds consécutifs est un **entre-nœud**. L'extrémité de la tige est constituée du **bourgeon terminal**. Nous retrouvons cette organisation sur le schéma ci-dessous illustrant un jeune plant de haricot. Les deux premières feuilles sont **simples** (les limbes ne sont pas décomposés en folioles) et étaient déjà présentes dans la graine constituée de deux **cotylédons**, caractéristique des **dicotylédones**. Elles sont insérées sur le même nœud : ce sont des feuilles **opposées**. Les feuilles suivantes sont **composées** (feuilles profondément divisées de sorte que ces divisions ou **folioles** paraissent être autant de petites feuilles insérées sur la nervure médiane) et sont fixées isolément à chaque nœud : ce sont des feuilles **alternes**. À l'insertion de la feuille sur la tige, on trouve un petit bourgeon appelé **bourgeon axillaire** qui parfois débouffe et se développe en un **rameau axillaire** ou tige secondaire. Cette tige secondaire a la même structure que la tige principale et se termine également par un bourgeon terminal. Les bourgeons terminaux permettent à la tige principale et aux rameaux axillaires de s'allonger et aux feuilles de se développer.

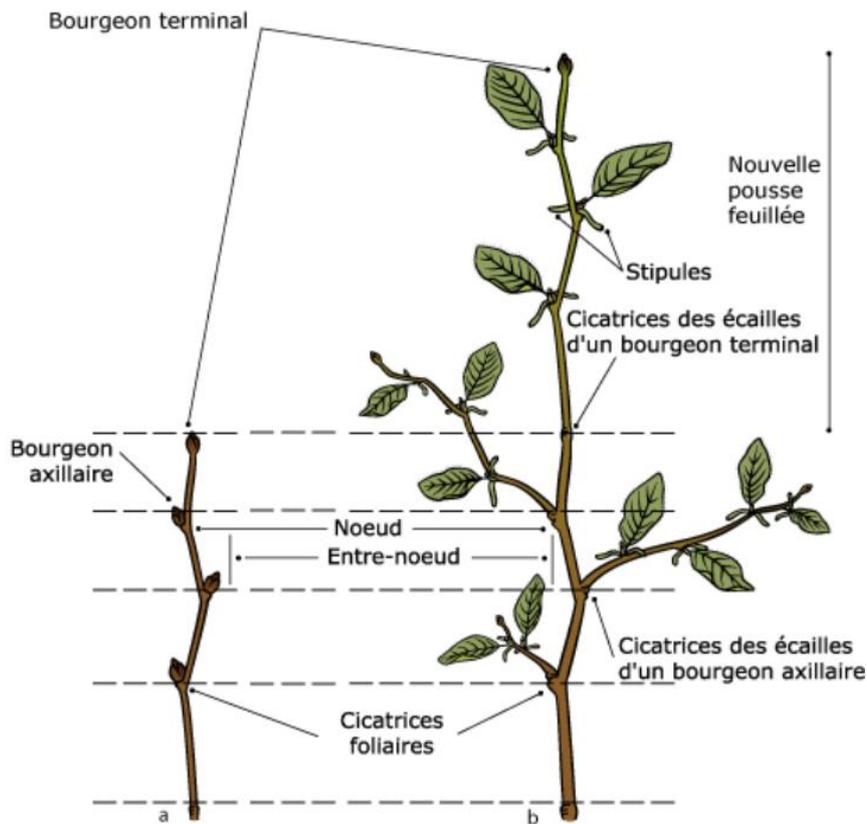
À l'extrémité opposée, la tige se termine par des **racines** qui ont habituellement un double rôle pour la plante : l'ancrage et l'absorption d'eau et d'éléments nutritifs. La transition entre la tige et la racine se nomme le **collet**.



Dans le cas d'un arbre comme le chêne ou le hêtre, la tige est constituée du **tronc** et des **branches**. Les branches supportent des **rameaux** (qui sont des branches de dernier ordre). Si l'on prélève au printemps un jeune rameau ou pousse feuillée de hêtre, on retrouve la structure de base d'une tige avec son **bourgeon terminal**, ses **nœuds** et **entre-nœuds**, ses **feuilles**, ses **bourgeons axillaires** et sa couleur verte. En réalité, troncs et branches ne sont rien d'autres que des tiges épaisses et très dures constituées de **tissu ligneux** ou bois, de couleur généralement brune. Les pousses feuillées du hêtre sont, lorsqu'elles sont jeunes et souples, comparables à la tige herbacée du haricot. Néanmoins, au cours de l'été, elles s'épaississent suite à l'activité de l'assise cambiale, se lignifient et perdent leur couleur verte et leur souplesse.

À l'automne et en hiver, pour la plupart des espèces feuillues, les pousses perdent leurs feuilles (**caduques**) et rentrent dans une phase de vie ralentie. Au printemps suivant et en été, les bourgeons font naître de nouvelles pousses feuillées.

Remarque : toutes les tiges sont d'abord herbacées. Certaines, comme par exemple celles des plantes annuelles, meurent après une saison ; d'autres, comme celles des arbres, s'épaississent et deviennent ligneuses.



Rameaux de hêtre (*Fagus sylvatica*)
a. en hiver – b. en été de l'année suivante

1.2. Structures internes de la tige : les tissus végétaux

1.2.1. Méristèmes

Les **méristèmes** sont constitués de jeunes cellules embryonnaires indifférenciées qui se divisent fréquemment et permettent la croissance du végétal. On trouve deux types de méristèmes :

- les méristèmes dit "**primaires**" qui se localisent à l'extrémité des tiges et des racines et permettent la croissance en longueur de la plante ;
- les méristèmes **secondaires** (**cambium** et **phellogène**) qui se localisent, sous forme de manchon circulaire, sur la longueur des tiges et des racines. Ils permettent la croissance en épaisseur de la plante.

1.2.2. Tissus de revêtement ou tissus protecteurs

1.2.2.1. Épiderme et cuticule

Dans les *jeunes* tiges et les feuilles, l'**épiderme** (tissu primaire constitué d'une assise de cellules vivantes jointives) est le tissu superficiel de protection. Il ne comporte généralement qu'une seule couche de cellules dont la paroi externe est épaisse et recouverte d'une couche imperméable sous forme de cire, la **cuticule**. L'épiderme est "percé" par endroit par des ouvertures appelées **stomates** qui permettent les échanges d'air et d'eau avec l'extérieur.

1.2.2.2. Périderme

L'épiderme meurt et disparaît. Une nouvelle structure protectrice, le **périderme**, se met en place lors de la formation des tissus (**méristèmes**) secondaires. Le périderme provient du fonctionnement de l'un des deux méristèmes secondaires, le **phellogène**, qui produit, vers l'extérieur, des cellules mortes formant le **liège** ou **suber** et vers l'intérieur, un tissu vivant, le **phelloderme**. Le liège, ou suber, contient de la subérine qui le rend imperméable et empêche les transferts ; toutes les cellules situées à l'extérieur du suber sont vouées à mourir. Ces cellules mortes **desquamantes**, ainsi que le liège, constituent le **rhytidome** ou **écorce** des *plantes ligneuses*.

1.2.3. Tissus de remplissage ou parenchymes

Le **parenchyme** est un tissu de remplissage formé de cellules vivantes qui présente des spécialisations en fonction de sa position dans la plante. Les *feuilles* renferment principalement des **parenchymes chlorophylliens** permettant la photosynthèse. À l'intérieur des *tiges* ou des *racines*, on trouve des **parenchymes de réserve** qui se déclinent sous diverses formes (amidon chez la pomme de terre, etc.).

1.2.4. Tissus de soutien ou tissus mécaniques

Les tissus de soutien, en particulier chez les plantes herbacées, sont le **collenchyme** et le **sclérenchyme**. Le **collenchyme** est un tissu primaire constitué de cellules vivantes aux parois épaissies par la cellulose. Le **sclérenchyme** est également un tissu primaire formé de cellules mortes dont les parois sont chargées de lignine. Chez les végétaux pourvus d'importants tissus secondaires comme les arbres, le rôle de soutien n'est plus assuré ni par le collenchyme ni par le sclérenchyme, mais par les tissus conducteurs (**xylème** et **phloème**).

1.2.5. Tissus conducteurs

1.2.5.1. Chez les plantes herbacées

Le **xylème** et le **phloème primaires** sont les deux types de tissus conducteurs chez les plantes herbacées. Ils sont groupés en faisceaux. Le xylème assure essentiellement la circulation jusqu'aux feuilles de la sève brute constituée d'eau et de sels minéraux puisés dans le sol par les racines. Le xylème est constitué de cellules mortes très allongées présentant des parois épaissies par des dépôts de lignine, interrompus par endroit pour permettre le passage de la sève. Le xylème présente deux types de cellules conductrices de sève :

- les **vaisseaux**, constitués de cellules mortes et dont les parois transversales ont disparu,
- les **trachéides**, moins riches en lignines.

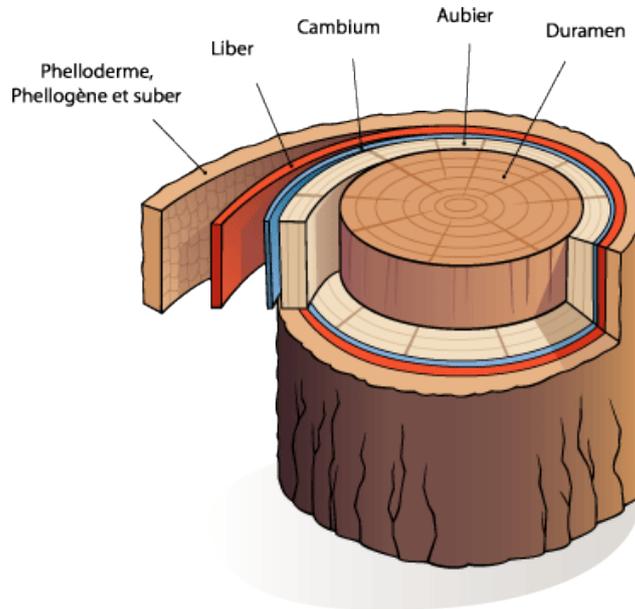
Dans les vaisseaux, la circulation de la sève brute se fait essentiellement verticalement tandis que dans les trachéides la présence de paroi transversale provoque une circulation en chicane. Les dépôts de lignine permettent également au xylème d'assurer un rôle de soutien.

Le **phloème** assure essentiellement la circulation de la **sève élaborée**, c'est-à-dire la sève enrichie des substances issues de la photosynthèse. Ce tissu conducteur est constitué de tubes criblés ou ensemble de cellules vivantes allongées sans noyau

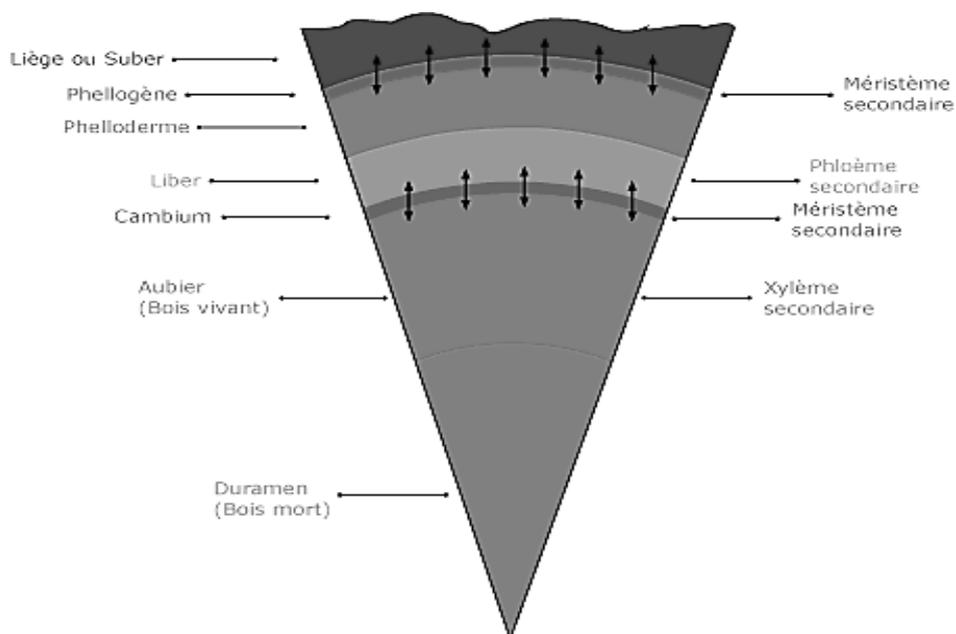
mais possèdent de parois transversales perforées de pores, appelés cribles, permettant le transit de la sève. Ces tubes criblés sont accompagnés de cellules compagnes (plus petites et possédant un noyau) qui participent au contrôle de la circulation de la sève dans les tubes criblés.

1.2.5.2. Chez les autres végétaux

La croissance en épaisseur des tiges et racines chez les angiospermes dicotylédones et les gymnospermes (principalement pour les arbres) se fait à l'aide d'un méristème secondaire appelé **cambium**. Cette assise cellulaire continue produit le **bois d'aubier** ou **xylème secondaire** vers l'intérieur et le **liber** ou **phloème secondaire** vers l'extérieur. Dans un tronc d'arbre, le xylème secondaire en constitue la partie principale et correspond à ce que l'on appelle couramment le bois. Chaque année, une nouvelle couche de xylème se forme (cernes du bois, lorsqu'elles sont visibles), ce qui permet d'évaluer l'âge d'un arbre. Le bois vivant est appelé **aubier** et le bois mort, composé de cellules mortes ayant fini d'évoluer, est appelé **duramen**. Le phloème secondaire, dont la présence en volume est bien moindre dans un tronc, constitue le liber. La plupart des cellules qui le composent sont mortes à l'exception de la partie la plus interne qui permet le transit de la sève élaborée.



Coupe transversale schématique illustrant un quartier d'un tronc d'arbre



Section transversale d'une tige

1.3. Bourgeons et croissance d'une tige

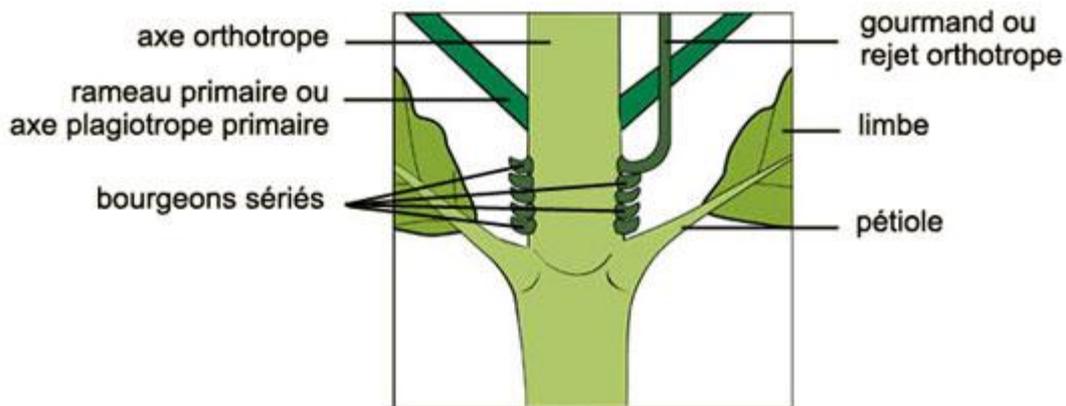
1.3.1. Types et positions des bourgeons

Les **bourgeons** assurent la croissance de la plante et permettent la **ramification** des tiges. Le **bourgeon terminal** est situé à l'extrémité de la tige et les **bourgeons axillaires** sont situés à l'**aisselle** des feuilles.



Extrémité d'une tige de hêtre

Il n'y a généralement qu'un bourgeon axillaire par feuille mais exceptionnellement quelques espèces peuvent présenter des bourgeons axillaires à l'aisselle de la même feuille (bourgeons axillaires multiples). C'est le cas par exemple du caféier

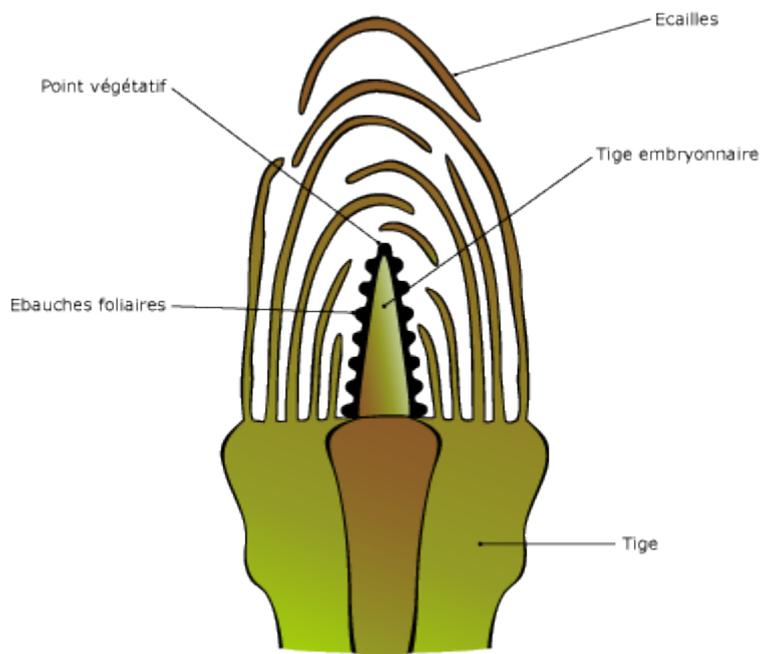


Bourgeons sériés du caféier

Finalement, certains bourgeons se différencient à partir du tissu vivant de la plante à un endroit non préprogrammé à la suite de traumatismes (tels que la taille). Il s'agit de bourgeons "**adventifs**". C'est le cas par exemple pour les **drageons** du peuplier. Au niveau des tiges herbacées, il n'est pas évident de préciser où s'arrête la tige et où commence le bourgeon terminal. Les espèces herbacées portent généralement des **bourgeons nus**, c'est-à-dire dépourvus d'écailles. Par contre, chez de nombreuses espèces vivaces (arbres, arbustes), la délimitation est plus nette et les bourgeons sont recouverts d'écailles coriaces (**bourgeons écailleux**) lorsqu'ils sont dormants. Ce sont en fait des feuilles modifiées qui jouent principalement un rôle de protection du point végétatif et qui empêchent la **dessiccation** en hiver des tissus embryonnaires des ébauches foliaires.

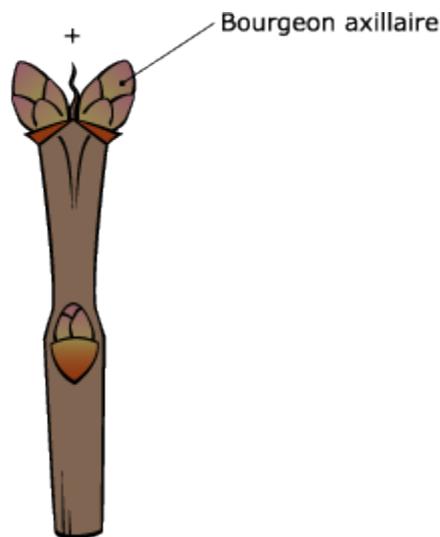
1.3.2. Croissance d'une tige

La croissance d'une pousse ligneuse peut se faire exclusivement à partir du bourgeon terminal et engendrer une tige "monopodiale" comme chez le chêne, le hêtre ou l'épicéa.



Bourgeon d'épicéa

Chez d'autres espèces, le bourgeon terminal se flétrit et meurt durant la phase de **repos végétatif** et la croissance est alors assurée par le bourgeon axillaire de la feuille située juste sous l'ancien bourgeon terminal. Le bourgeon axillaire produit une "ramification" qui se redresse dans le prolongement de la pousse de l'année précédente. La tige est construite à partir d'une succession de pousses annuelles provenant de bourgeons différents comme par exemple chez le charme ou le tilleul. On parle de croissance "**sympodiale**". Dans certains cas, comme par exemple pour le lilas, la mort du bourgeon terminal entraîne le débourrement de deux bourgeons axillaires et donc le développement de deux tiges simultanément.



Tige sympodiale du lilas avec débourrement de 2 bourgeons axillaires simultanément

La croissance peut se faire verticalement ; on dit que la croissance est **orthotrope**. Lorsque cette croissance est oblique, on parle de croissance **plagiotrope**. La tige principale du chêne ou tronc à une croissance normalement orthotrope, par contre les rameaux ont une croissance plagiotrope.

1.3.3. Plantes annuelles, bisannuelles et pérennes

En fonction de l'activité méristématique, différentes plantes peuvent être distinguées.

- **Annuelles** : l'activité du méristème apical est déterminée, la croissance végétative est finie après la transition florale et l'ensemble du cycle (de la germination de la graine à la production de graines) se fait en une saison de végétation.
- **Bisannuelles** : l'activité du méristème apical est déterminée, la croissance végétative s'effectue la première saison de végétation, la transition florale a lieu pendant la phase de repos végétatif et la reproduction la saison suivante.

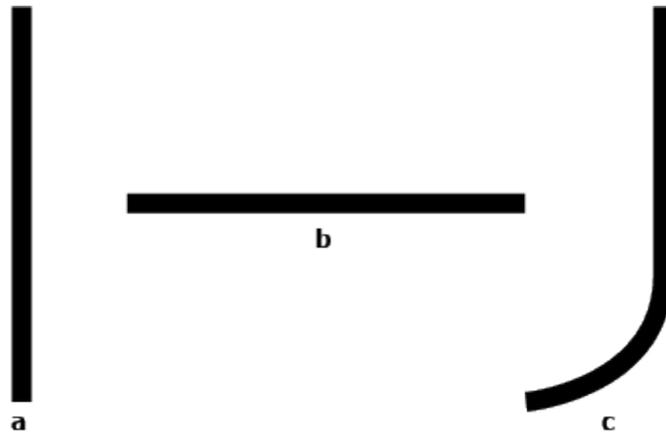
- **Pérennes** ou **vivaces** : l'activité du méristème apical est indéterminée, la croissance végétative est "infinie". Seuls certains méristèmes axillaires subissent la transition florale.

1.4. Caractères morphologiques d'une tige aérienne

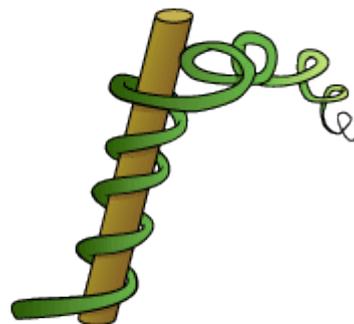
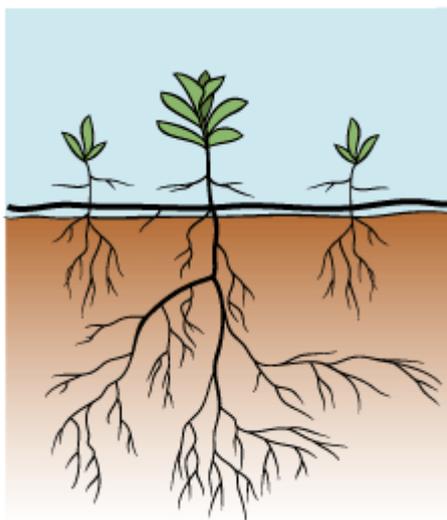
1.4.1. Orientation

1.4.1.1. La tige aérienne peut être :

- **dressée** ou **érigée**
- **couchée** ou **prostrée**
- **ascendante** : couchée à la base puis redressée
- **rampante** ou **stoloniforme** (pouvant s'enraciner)
- **grimpante** (s'élevant sur les supports voisins à l'aide de vrilles ou de crampons)
- **volubile** (tiges privées de moyens d'attache qui s'enroulent elles-mêmes autour de leurs tuteurs)
- **sarmenteuse** (tige ligneuse flexible ayant besoin d'un appui, comme ceux de la Vigne)



Orientation des tiges : a. dressée - b. couchée - c. ascendante



Tiges stoloniforme (a) et volubile (b)

1.4.1.2. Un cas particulier : les plantes acaules !

Les plantes **acaules** sont des plantes à tiges court-nouée, formant une rosette basilaire. Les fleurs sont portées par une hampe florale (dernier entre-nœud qui s'allonge). C'est le cas par exemple du pissenlit.

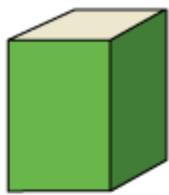


Le pissenlit (*Taraxacum vulgare*), une plante acaule

1.4.2. Forme

Habituellement arrondie, la tige peut être de forme très variée :

- **carrée**
- **carrée concave**
- **trigone concave**
- **trigone convexe**
- **cylindrique**
- **aplatie** ou **elliptique**
- **renflée** ou **noueuse**
- **ailée**
- **striée** (marquée de lignes parallèles entre elles)
- **sillonnée** (creusée de sillons longitudinaux)
- **cannelée** (qui présente des côtes longitudinales régulières, séparées par des sillons)
- **côtelée** (saillie parcourant longitudinalement la tige)



Carrée



Carrée concave



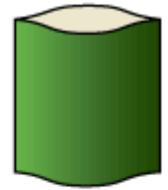
Trigone concave



Trigone convexe



Cylindrique



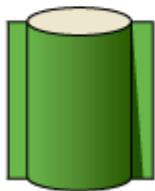
Aplatie ou elliptique



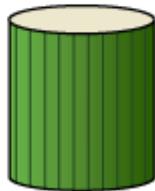
Renflée



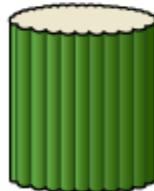
Noueuse



Ailée



Striée



Sillonnée



Cannelée



Côtelée

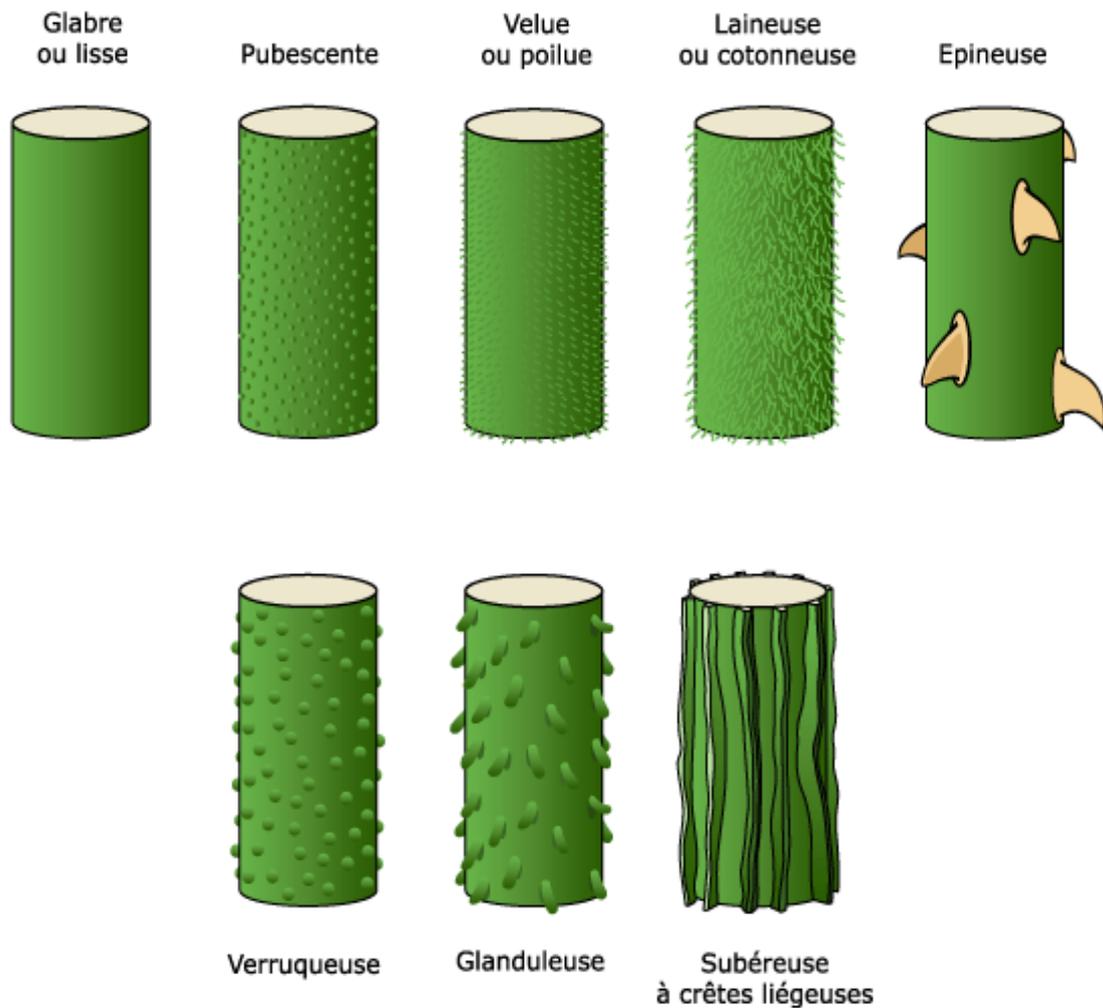
Différents types de section et de forme de tige

1.4.3. Surface

Les caractères de la surface de la tige varient en fonction de l'âge de la tige ou du rameau et de la saison. La couleur est un caractère fort variable, difficile à utiliser. D'autres caractères, comme la pilosité et les excroissances diverses sont d'expression plus stables et peuvent plus facilement être utilisés pour la détermination de l'espèce.

La surface des tiges peut être :

- **glabre**
- **pubescente**
- **velue** ou **poilue**
- **laineuse** ou **cotonneuse** (couverte de longs poils mous comme de la laine)
- **épineuse**
- **verruqueuse**
- **glanduleuse**
- **subéreuse** (à crêtes liégeuses)



Différents types de surface de tiges

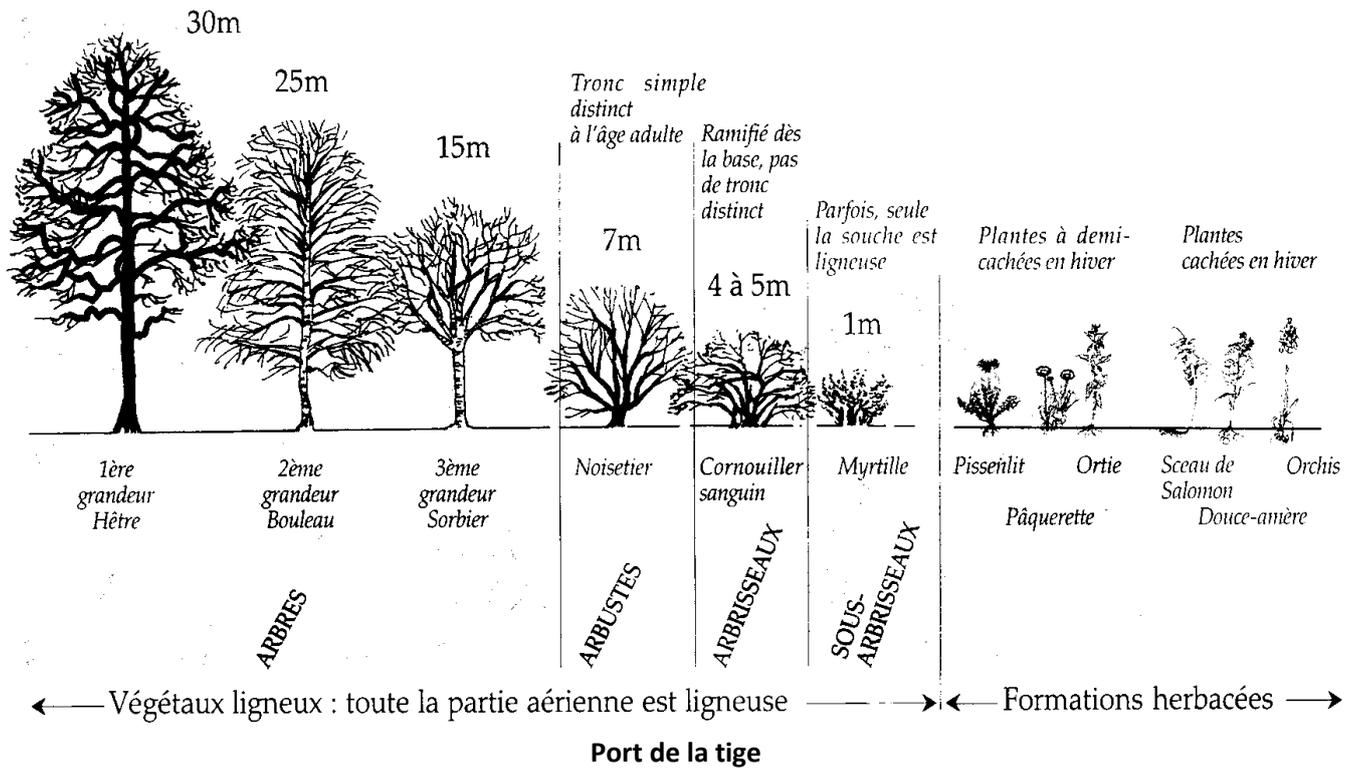
1.5. Autres caractéristiques d'une tige

1.5.1. Port de la tige

Lorsque la tige croît verticalement, on dit que sa croissance est **orthotrope**. Lorsque cette croissance est oblique, on parle de croissance **plagiotrope**. La tige principale du chêne ou tronc à une croissance normalement orthotrope, par contre les rameaux ont une croissance plagiotrope. En fonction de la croissance de la tige dans des conditions environnementales normales, on distingue:

- l'**arbre** (strate arborescente) : tronc bien différencié, dont la ramification apparente débute généralement à partir d'une certaine hauteur (houppier), et qui peut dépasser 7m de hauteur à l'état adulte.
- l'**arbuste** (strate arbustive) : végétal ligneux dont la tige à sa base est nue et non ramifiée (quand il est âgé) mais qui ne dépasse pas 7 à 8m.
- l'**arbrisseau** (strate arbustive) : végétal ligneux qui se ramifie naturellement dès la base et ne qui ne dépasse pas quelques mètres de hauteur.
- le **sous-arbrisseau** (strate arbustive) : constitué d'une base ligneuse surmontée de rameaux herbacés qui dépérissent chaque année et ne dépassant habituellement pas les 50 cm.
- la **liane** : plante grimpante à tige ligneuse.
- la strate herbacée.

Ces notions restent néanmoins assez subjectives.



1.5.2. Pousses longues et pousses courtes

Habituellement la croissance des entre-nœuds est importante et les feuilles sont bien séparées les unes des autres. Il s'agit donc de pousses longues. Chez certaines espèces, principalement herbacées, l'allongement des entre-nœuds est quasi inexistant, la tige reste courte et forme un plateau qui ne s'élève pas au-dessus du niveau du sol : on parle de tige "**court-nouée**" ou de plante **acaule** (ex : pissenlit). Les feuilles sont en rosette basilaire.

Ces tiges "court nouées" ou "pousses courtes" peuvent également s'observer chez certains ligneux comme le poirier, le cerisier ou le mélèze.



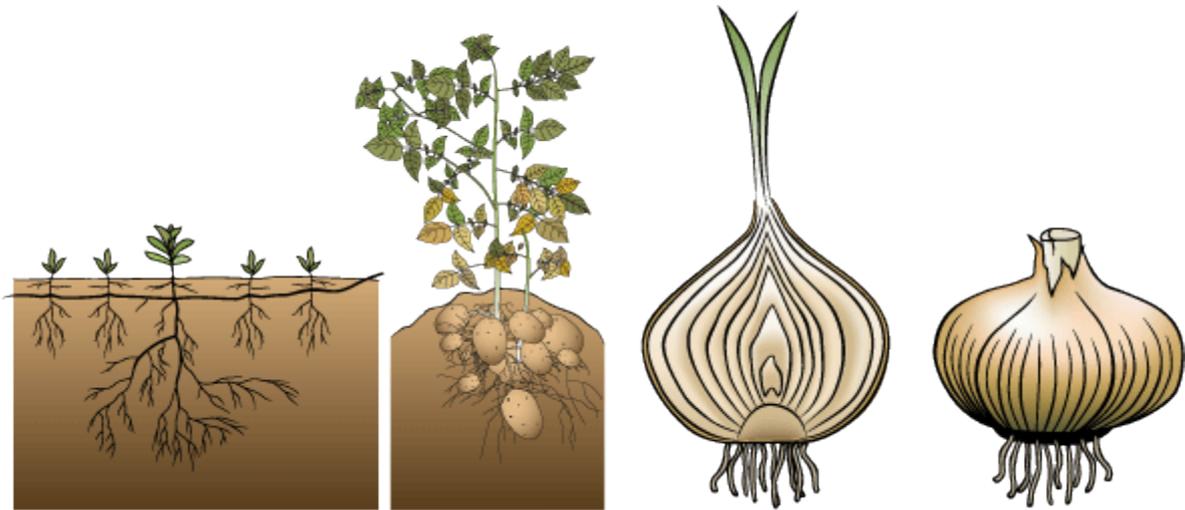
Tige "court-nouée" chez le cerisier - Copyright : Anthere

1.5.3. Tige souterraine

La tige est, chez les plantes à fleurs, l'axe qui porte les bourgeons et les feuilles. Elle diffère de la racine par la *présence de nœuds*, par l'*absence de coiffe terminale* et par sa *structure anatomique*. La transition entre la tige et la racine se fait dans le **collet**. Il existe néanmoins des tiges souterraines comme il existe des racines aériennes, toutes d'origine adventives.

Ces tiges souterraines se répartissent en 4 catégories :

- le **rhizome** : tige souterraine et horizontale, émettant des rameaux aériens et des racines adventives (chiendent)
- le **tubercule** : tige ou portion de tige renflée (pomme de terre)
- le **bulbe** ou **oignon** : tige courte, télescopée en forme de plateau charnu et qui porte les feuilles serrées les unes contre les autres et entièrement écailleuses ou uniquement écailleuses à la base (oignons). Le bulbe est également composé d'un bourgeon plus ou moins central, également porté par le plateau.
- le **corne** ou **cormus** : organe de réserve souterrain ayant l'aspect extérieur d'un bulbe mais formé d'une tige renflée entourée d'écailles (glaïeuls). C'est en fait une sorte particulière de rhizome.



Tiges souterraines (de gauche à droite : rhizomes, tubercule, bulbe, corne)

1.5.4. Un cas particulier : le stipe

Il s'agit d'un "faux tronc" ou tige ligneuse non ramifiée ayant perdu ses feuilles. Le stipe n'a pas de cambium mais présente un aspect ligneux. On le retrouve chez certaines plantes arborescentes comme les palmiers et certaines fougères.



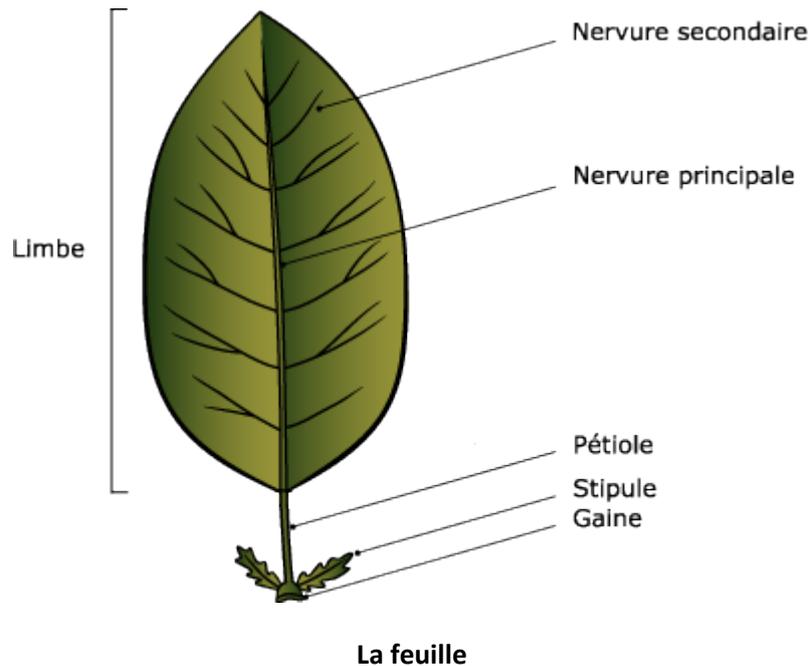
Stipe du palmier

2. La feuille

2.1. Différentes parties

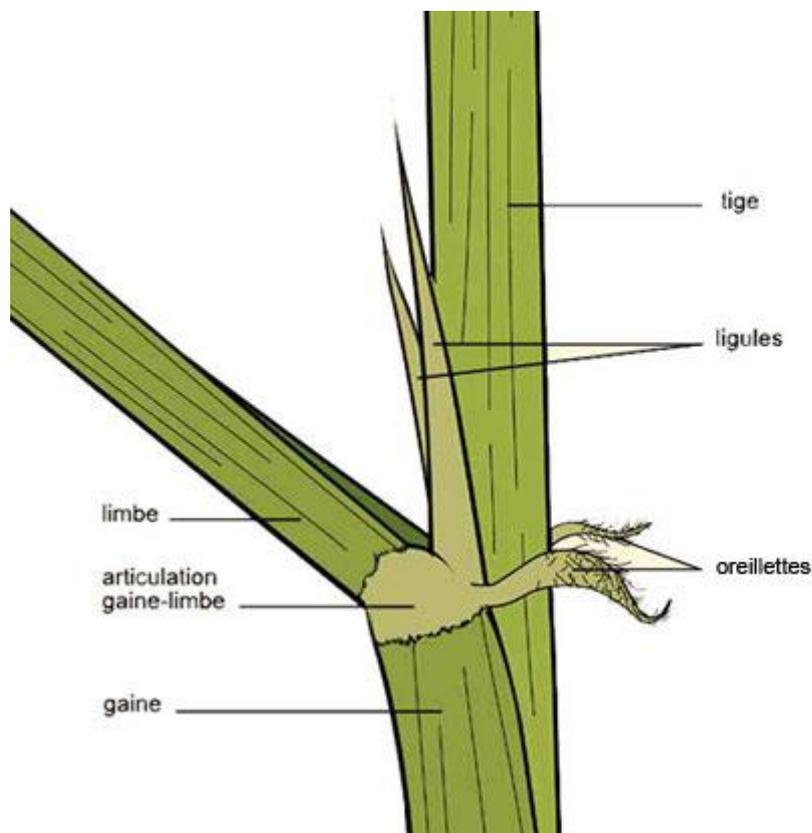
La feuille est généralement constituée, en partant de la tige, d'une base dilatée (**gaine**) entourant plus ou moins la tige. La gaine se prolonge en un axe étroit appelée "**pétiole**" qui, à sa base, peut porter des appendices foliacés, les **stipules** (les stipules sont parfois directement insérées sur la tige). Le corps de la feuille (partie généralement aplatie et élargie) prolongeant le pétiole est le **limbe**. Le limbe est parcouru de **nervures** qui correspondent au prolongement et à la ramification du pétiole. Certaines feuilles présentent deux petites **glandes** ou **nectaires** à la base du limbe.

L'une des faces du limbe est habituellement tournée vers le haut de la tige (face supérieure, face ventrale ou encore face **adaxiale**) ; l'autre vers la base de la tige (face inférieure, dorsale ou **abaxiale**).



NB : une foliole n'est pas une feuille mais seulement une partie du limbe d'une feuille composée. Il n'existe pas de bourgeon axillaire à l'aisselle d'une foliole.

Les **monocotylédones** présentent des feuilles presque toujours entières à nervation parallèle avec une **gaine** très développée. Le limbe est souvent directement prolongé par la gaine et le pétiole peut manquer dans de nombreux cas. Certaines espèces, comme le riz ou le maïs, présentent, à l'articulation de la gaine et du limbe, une **ligule** ou sorte de petite languette membraneuse.



Feuille de monocotylédone (exemple du riz)



Ligule (membrane située à l'articulation de la gaine et du limbe)

2.2. Gaine, pétiole et stipules

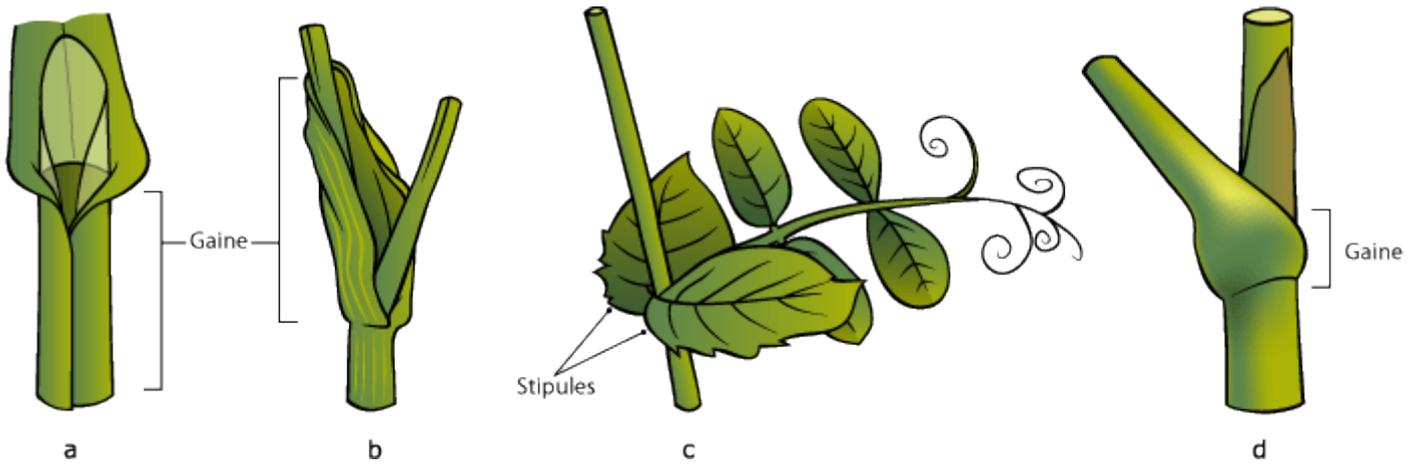
2.2.1. Gaine

Chez certaines espèces, la **gaine** unit le limbe ou le pétiole à la tige. Elle constitue la partie basale élargie de la feuille qui entoure plus ou moins complètement la tige sur une longueur variable. Elle prend différentes formes suivant les espèces. Chez les ombellifères, elle est particulièrement importante. Dans d'autres cas, elle est absente et le **pétiole** s'insère directement sur la tige.

Les principaux types de gaines sont repris ci-dessous :

- **gaine de poacées** (graminées) : la gaine forme un étui (découpé longitudinalement) qui entoure une partie de l'entre-nœud.
- **gaine d'apiacées** (ombellifères) : la gaine est large, embrassante et à nervation parallèle.

- **gaine des fabacées** (papilionacées) : la gaine est petite (non visible sur le schéma) et à la base du pétiole se trouvent deux stipules.
- **gaine des polygonacées** : la gaine est une membrane qui forme un étui au-dessus du nœud dénommé ochréa.



a. gaine de poacées - b. gaine d'apiacées - c. stipules de fabacées (gaine non visible) - d. gaine de polygonacées

2.2.2. Le pétiole

La forme du **pétiole** ne varie pas fortement entre les différentes espèces ; il est habituellement étroit et cylindrique ou présente une légère dépression sur sa face supérieure. Il y a néanmoins des exceptions et certains pétioles peuvent être aplatis (*Citrus vulgaris*), ailés ou même dilatés en forme de flotteur chez certaines plantes aquatiques (jacinthe d'eau).

Le pétiole peut également être absent et le limbe est alors directement inséré sur la tige : on parle dans ce cas d'une feuille **sessile**.

2.2.3. Les stipules

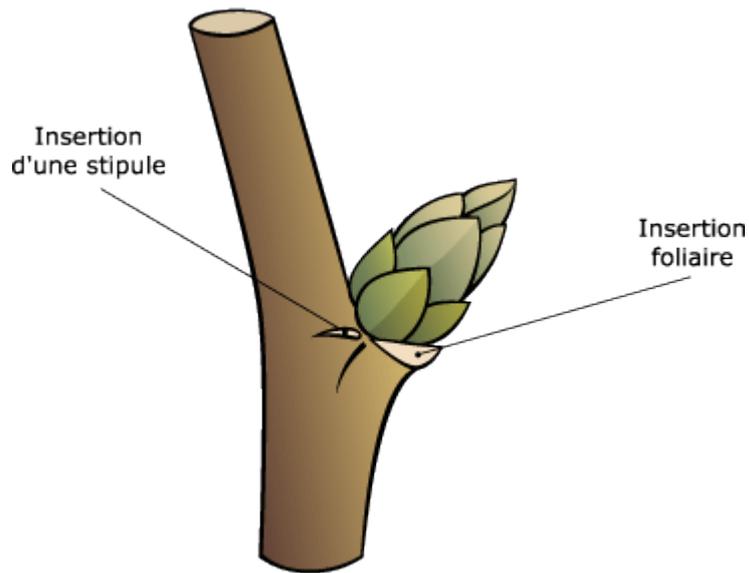
Les stipules sont des appendices foliaires généralement disposés en nombre pair, le plus souvent de nature foliacée ou membraneuse, situés de part et d'autre du pétiole au niveau d'insertion du pétiole sur la tige (ou du limbe dans le cas de feuilles sessiles).



Stipules garnissant la base des pétioles chez le cacaoyer.

Dans le cas du cacaoyer, les stipules apparaissent déjà au niveau du bourgeon terminal de l'axe végétatif, avant même l'apparition des feuilles. Ensuite les entre-nœuds (parties de tige qui séparent les feuilles) s'allongent et les feuilles se développent une à une. La forme et la taille des stipules sont très variables suivant les espèces. Leur durée de vie varie également : généralement elles ont une durée de vie égale à celle de la feuille qui les porte ; parfois elles se détachent bien

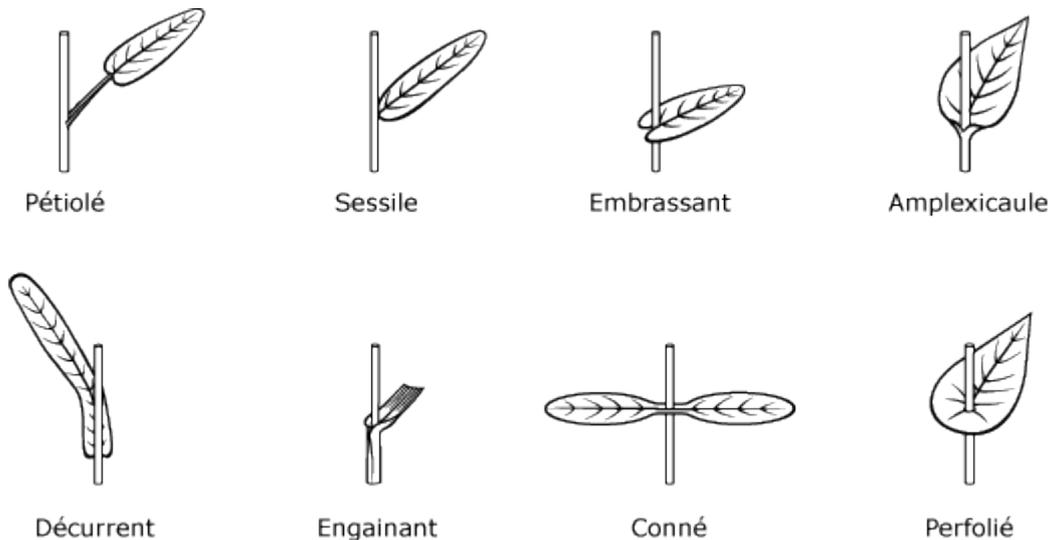
avant la chute de la feuille, laissant deux petites cicatrices situées de part et d'autre du point d'attache de la feuille sur la tige.



Cicatrices d'une stipule et d'une feuille

2.2.4. Modes d'insertion des feuilles sur la tige

Les modes d'insertion des feuilles sur la tige sont très variables :



Modes d'insertion des feuilles

2.3. Limbe

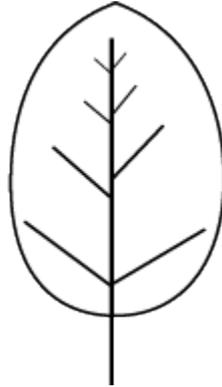
Le limbe est la partie élargie de la feuille surmontant le pétiole. Il peut prendre des formes très variables. La **diversité des limbes** est due principalement à la diversité des modes de **nervation** et ensuite au plus ou moins grand **découpage** du limbe dans chaque type de nervation.

Vous trouverez ci-après la terminologie propre aux types de nervation et à la description du limbe.

2.3.1. Types de nervation

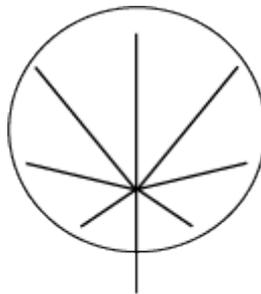
Dans la nature on retrouve principalement 4 types de nervation :

- limbes à nervation **pennée**. Ils possèdent une nervure principale portant des nervures secondaires



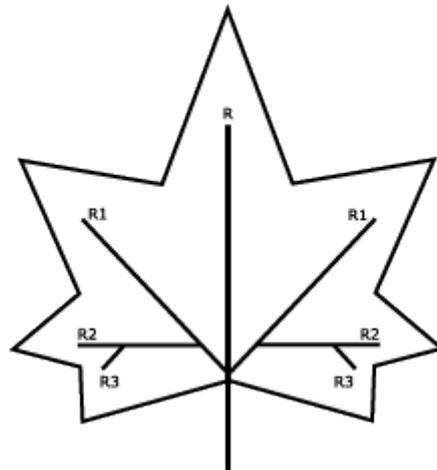
Nervation pennée

- limbes à nervation **digitée** ou **palmée**. Ils présentent des nervures qui rayonnent à partir d'un même point.



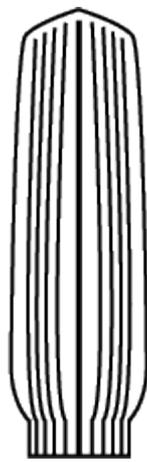
Nervation digitée (palmée)

- limbes à nervation **pédalée**. Ils présentent trois nervures qui rayonnent à partir d'un même point. Sur les deux nervures latérales partent des ramifications toujours orientées vers le bas de la feuille.



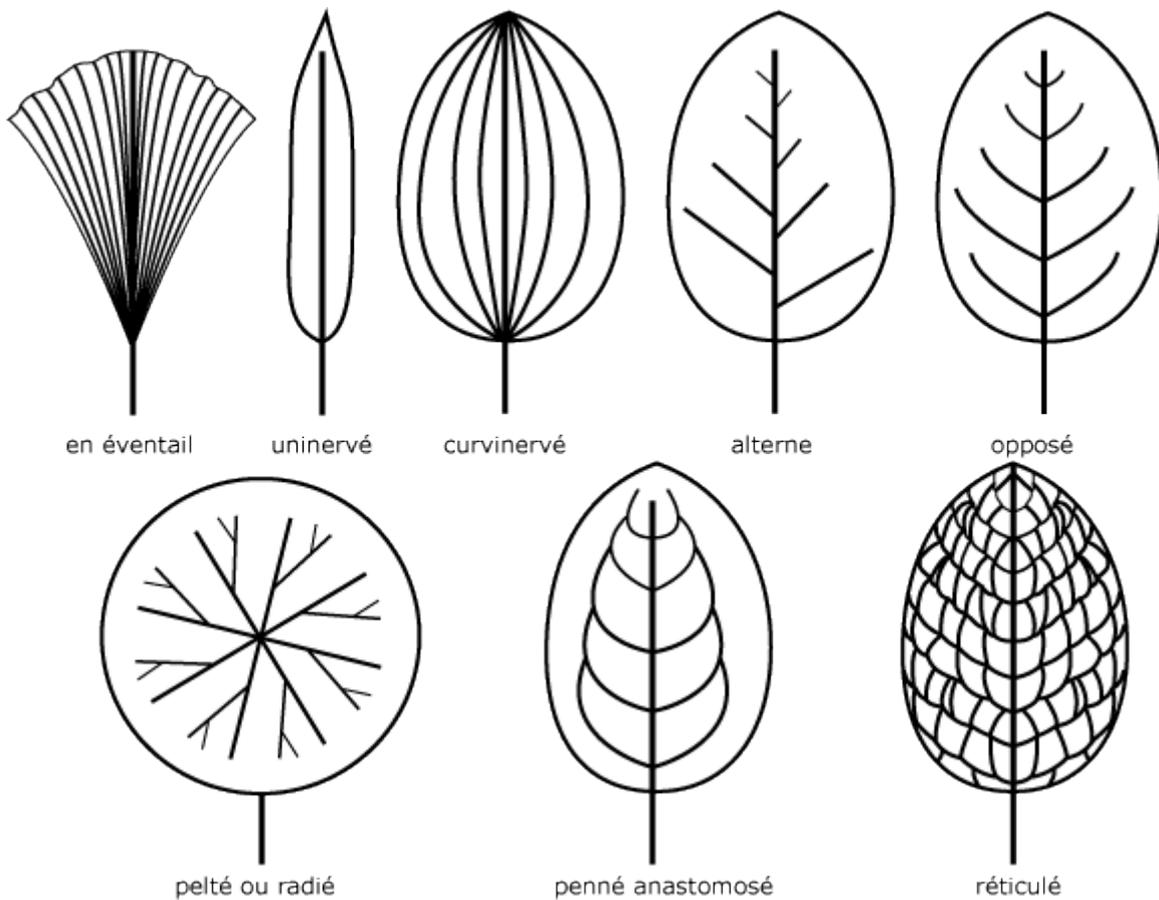
Nervation pédalée

- limbes à nervation **parallèle**. Les nervures parcourent le limbe parallèlement les unes aux autres. Se rencontre principalement chez les Monocotylédones.



Nervation parallèle

D'autres types existent mais se rencontrent moins fréquemment. Il s'agit parfois d'une variante d'un type de nervation :



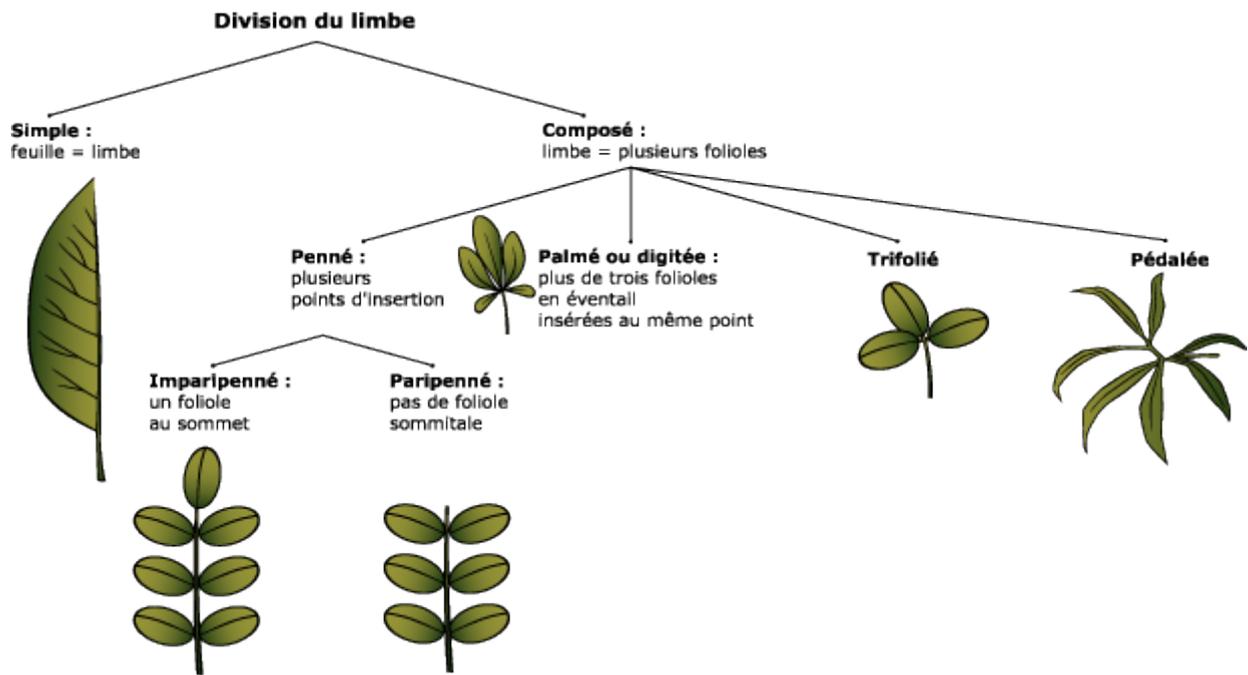
Autres types de nervation

2.3.2. Principales divisions du limbe

Le bord du limbe peut être uni ou découpé. Dans ce dernier cas les divisions peuvent être diverses. Le limbe est dit **simple** s'il est entier, ou **composé** s'il est découpé en plusieurs petites feuilles ou **folioles**. Selon la disposition des folioles sur l'axe principal de la feuille ou *rachis*, on dit que le limbe est :

- **penné**, si les folioles sont disposées comme les barbes d'une plume :

- **imparipenné** si leur nombre est impair (il y a une foliole terminale) ;
- **paripenné** dans le cas contraire ;
- **trifoliolé** s'il y a trois folioles (trèfle) ;
- **palmé** ou **digité** si elles sont disposées comme les doigts de la main (marronnier) ;
- **pédalé** si chaque foliole est insérée sur la foliole voisine (hellébore) ;
- Le limbe peut être doublement composé :
 - **bipenné** si les folioles sont composées de **foliolules** ;
 - **tripenné** si les folioles sont elles-mêmes composées.
 -



Principales divisions du limbe

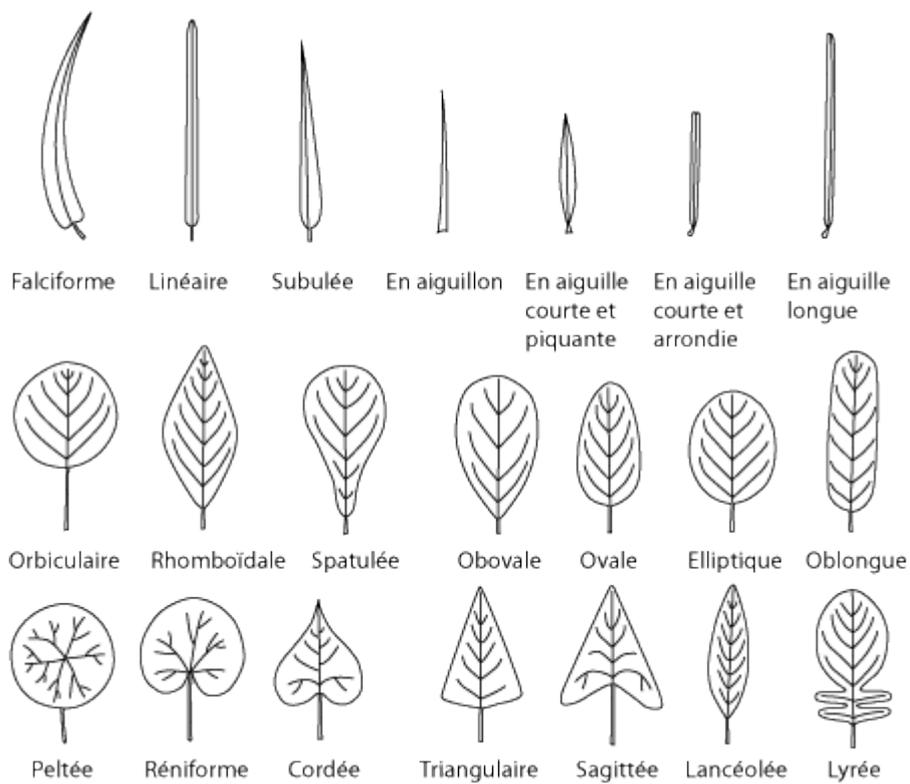
2.3.3. Consistance

La consistance du limbe est également un point important permettant la reconnaissance de certaines espèces. On la qualifie de :

- **herbacée** : mince et molle
- **papyracée** : mince, souple, résistante
- **parcheminée** : mince et rigide
- **coriace** : épaisse et rigide
- **charnue** : succulente

2.3.4. Formes générales

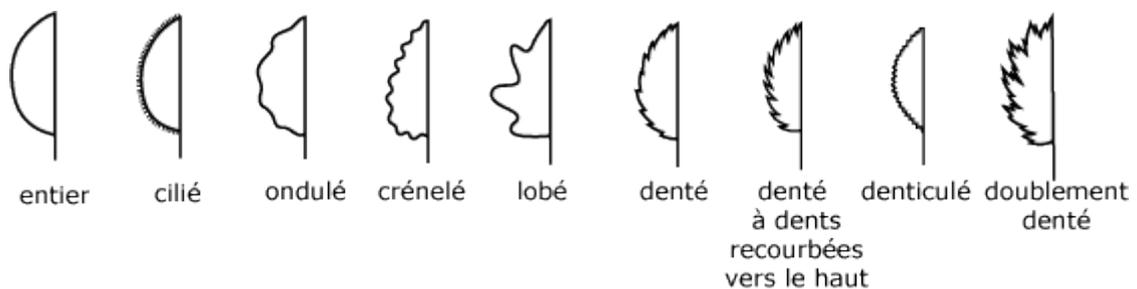
La forme générale du limbe d'une feuille est la figure géométrique à peu près formée par son contour extérieur. Cette forme est un élément important lors de l'identification des espèces.



Les différentes formes du limbe

2.3.5. Formes du bord

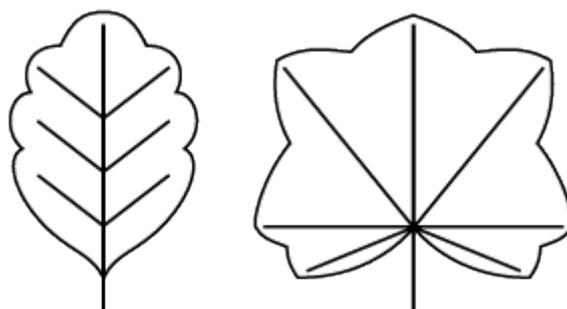
La forme générale du limbe n'est pas toujours régulière. Son bord est très souvent incisé, ondulé, cilié ou découpé plus ou moins profondément.



Les bords du limbe

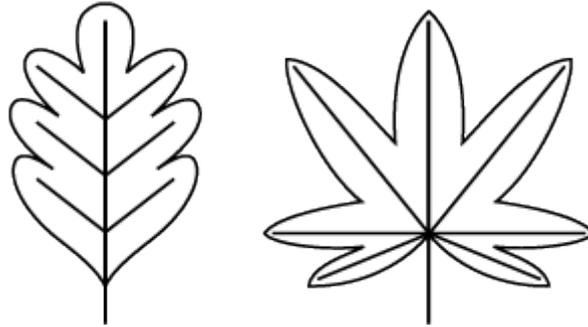
Lorsque les découpures sont profondes, elles délimitent des lobes arrondis ou anguleux. On distingue ainsi, selon la disposition des nervures pennée ou palmée, des limbes :

- **pennatilobés** et **palmatilobés** : limbes à divisions n'atteignant pas le milieu de chaque demi-limbe



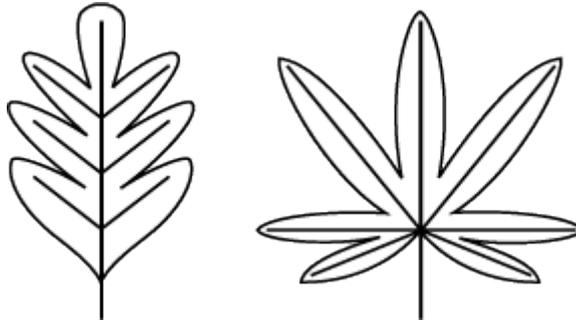
Pennatilobé et palmatilobé

- **pennatifides** et **palmatifides** : limbes à divisions atteignant environ le milieu de chaque demi-limbe



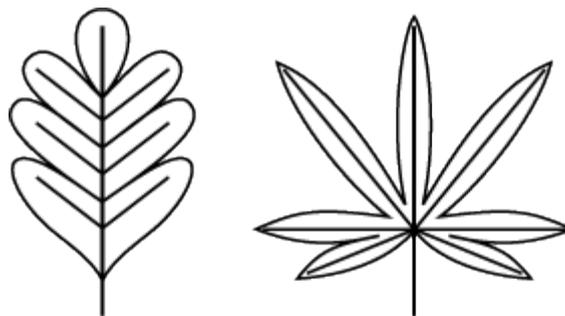
Pennatifide et palmatifide

- **pennatipartites** et **palmatipartites** : limbes à divisions ordinairement aiguës dépassant le milieu de chaque demi-limbe



Pennatipartite et palmatipartite

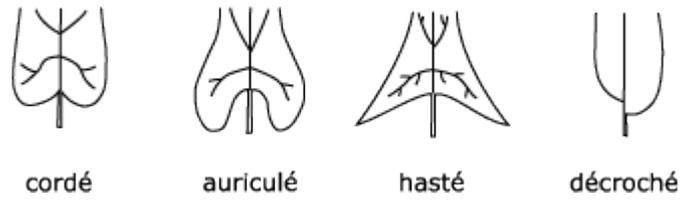
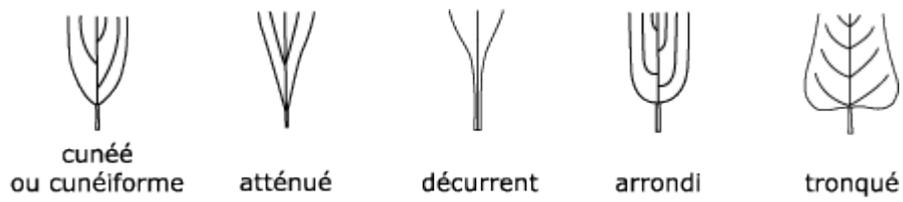
- **pennatiséqués** et **palmatiséqués** : limbes à divisions aiguës dont le découpage en lobes atteint la nervure médiane (pennatiséqué) ou partage le limbe jusqu'au pétiole (palmatiséqué).



Pennatiséqué et palmatiséqué

2.3.6. Formes de la base

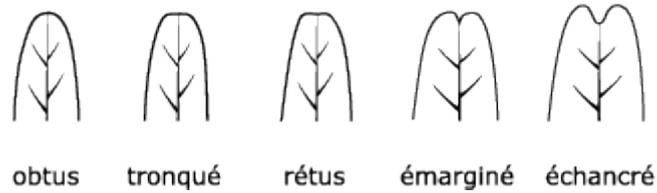
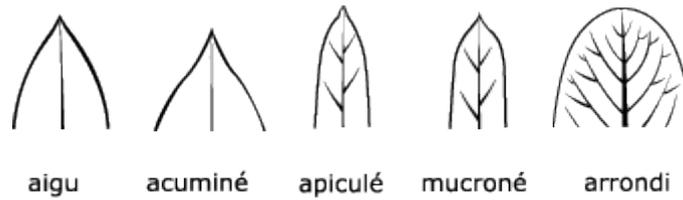
Pour compléter l'observation d'une feuille, il y a lieu de noter également la forme de la base du limbe.



Base du limbe

2.3.7. Sommet

Le sommet du limbe, pour une feuille simple comme pour une foliole, permet également d'apporter des informations sur le type de feuille.



Sommet du limbe

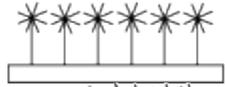
2.4. Autres caractéristiques des feuilles

2.4.1. Surface et poils

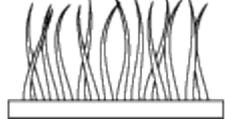
L'**épiderme** est la couche de cellules externes des feuilles. Cette couche est généralement transparente et couverte de **cuticule** qui donne à la feuille un aspect cireux. Le rôle de cette cuticule est d'éviter les pertes d'eau. Chez de nombreuses espèces, des **poils** recouvrent l'épiderme. Ces poils prennent différentes formes. Nous distinguons les surfaces et poils suivants :



- **Pubérulents** : poils fins, très courts et dispersés



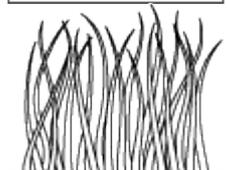
- **Etoilés** : poils étoilés



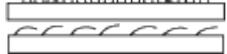
- **Tomenteux** : poils longs, denses, souples et entrecroisés, formant un feutrage plus ou moins épais sur toute la surface



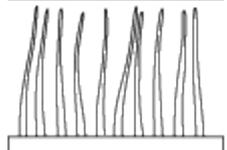
- **Glanduleux** : poils pourvus de glandes



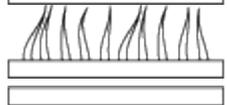
- **Hirsutes** : longs poils très fournis



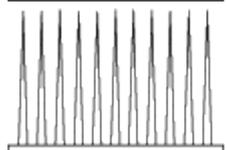
- **Ciliés** : bordés de cils



- **Villeux** : longs poils mous et droits



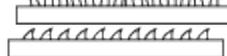
- **Pubescent** : poils fins, courts, mous et peu serrés, formant un fin duvet



- **Glabre** : dépourvu de poils



- **Hérissés** : poils rigides et droits



- **Laineux** : poils denses, apparence de laine

- **Scabres** : poils rudes au toucher (saillies courtes et raides)

Surfaces et poils

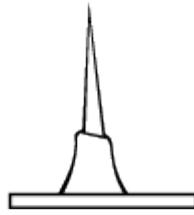
2.4.2. Glandes et écailles

Dans certaines familles, comme les rosacées, les feuilles portent parfois des glandes dont la localisation est variable suivant les espèces. Ces **glandes** sont des organes de forme très variable, mais produisant une sécrétion. Il peut s'agir de poils modifiés comme illustré dans le schéma ci-après. Les **écailles** sont de petites lames foliacées, membraneuses et plus ou moins coriaces et ayant habituellement un rôle protecteur.

Glandes

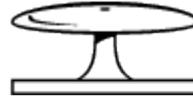


Poil capité:
terminé par une sphère
contenant des
huiles essentielles

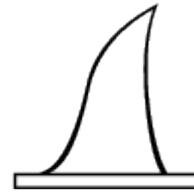


Poil urticant :
muni d'une vésicule basale
et d'une pointe
rigide et cassante

Ecailles



En bouclier



Aiguillon :
Production provenant
de la coalescence de poils
(différent d'épine = organe modifié)

Glandes et écailles

2.4.3. Persistance

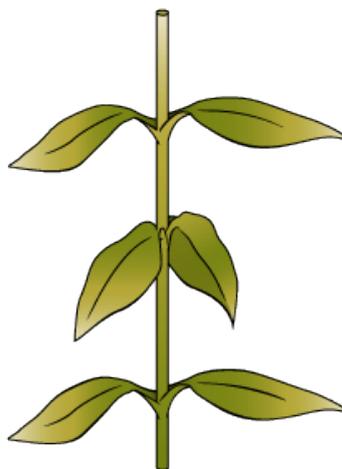
La chute des feuilles varie en fonction des espèces. On peut généralement classer une espèce parmi les trois catégories suivantes :

- **Persistantes** : qui demeurent attachées et fonctionnelles durant plusieurs années (épicéa, houx)
- **Caduques** (décidues) : qui tombent à chaque saison défavorable, hiver ou saison sèche (érable)
- **Marcrescentes** : persistant sous forme desséchées pendant la saison défavorable et qui tombent au printemps (charme et hêtre en phases juvéniles)

2.4.4. Phyllotaxie

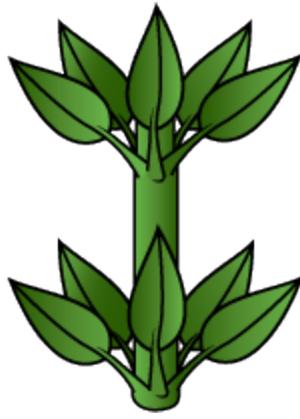
La **phyllotaxie** est la disposition des feuilles sur la tige. Les feuilles, régulièrement disposées le long de la tige, permettent de définir différents modes de disposition phyllotaxique.

- **Opposée** : les feuilles sont disposées par deux et insérées à chaque nœud (verticille composé de 2 feuilles) l'une en face de l'autre. *NB : si la disposition des feuilles d'un verticille alterne avec la disposition des feuilles du verticille suivant, on parle de disposition **opposée-décussée** (lilas).*



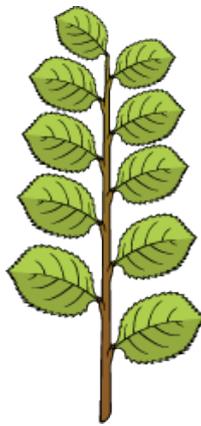
Disposition opposée décussée

- **Verticillée** : ici, plus de deux feuilles sont insérées simultanément à chaque nœud.



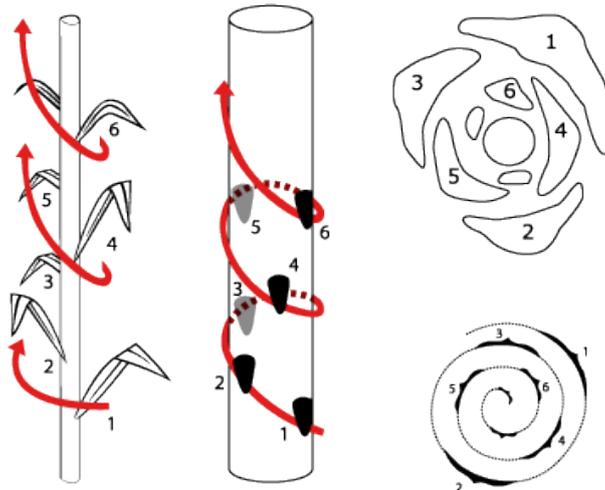
Disposition verticillée

- **Alterne** : une seule feuille est insérée à chaque nœud. Selon la disposition des feuilles sur la tige, on distingue :
 - la disposition **alterne distique** : les feuilles sont disposées sur un plan et alternent de part et d'autre de la tige.



Disposition alterne distique

- la disposition **alterne hélicoïdale** : les feuilles sont disposées le long d'une ligne spirale parcourant la tige.



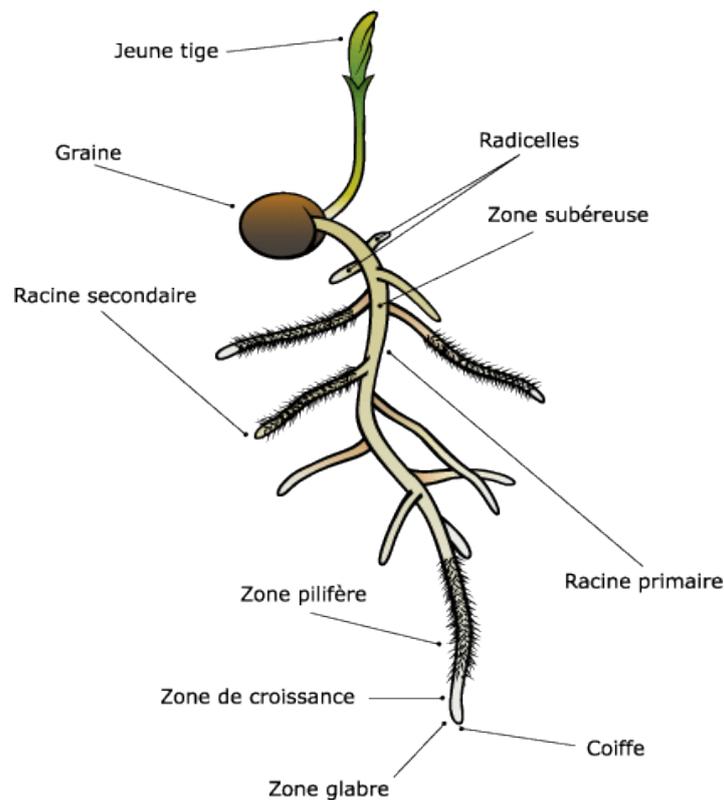
Disposition alterne hélicoïdale

3. Racine

3.1. Différentes parties

L'ensemble des racines forme le **système racinaire** de la plante et permet la fixation du végétal dans le sol ainsi que l'absorption de l'eau et des substances dissoutes nécessaires au développement de la plante. Pour rappel, la racine ne porte jamais de feuilles et n'a pas de nœuds ; sa structure anatomique est également différente et elle porte une coiffe terminale. On distingue **quatre zones** sur une racine en croissance :

- Une zone **terminale effilée (point végétatif)** formée de petites cellules indifférenciées qui se multiplient activement et qui sont protégées par la **coiffe**. La coiffe protège le méristème racinaire pendant la croissance de la racine en évitant le contact immédiat avec les particules solides du sol. La desquamation continue de la coiffe facilite la progression de la racine dans le sol.
- Une zone **glabre** de quelques millimètres ou **zone de croissance** séparant la coiffe de la zone pilifère.
- Une zone **pilifère**, garnie de nombreux poils absorbants permettant les échanges entre la racine et le sol. Les poils au début de la zone pilifère sont courts (ils viennent de se former) et ceux situés à l'endroit où la zone pilifère s'achève sont plus longs et flétris. Ils disparaîtront prochainement.
- Une zone **subéreuse**, dépourvue de poils, mais où apparaissent des ébauches de jeunes racines, les racines secondaires (ramifications).



Le système racinaire

3.2. L'origine des racines

On peut différencier trois types de racines d'après leur origine :

- les **primaires** ou **séminales** : qui proviennent de l'évolution de la radicule de l'embryon ; elles sont persistantes
- les **secondaires** : d'ordre 2,3,4, ... elles naissent par voie endogène à partir de la racine primaire ou d'une racine secondaire d'ordre plus élevé, elles ont une persistance variable
- les **adventives** : formées sur une partie quelconque du végétal (tiges, feuilles, etc.).

3.3. L'organisation du système racinaire

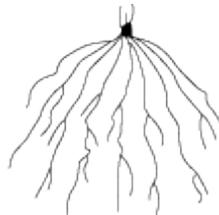
L'organisation du système racinaire se présente sous différentes formes :

- La racine **pivotante** : racine importante qui se développe et qui forme un pivot central sur lequel viennent se greffer de petites racines secondaires. C'est le cas par exemple pour le chêne ou le radis. C'est le cas également pour le cacaoyer (*Theobroma cacao*).



Racine pivotante

- Les racines **fasciculées** : plusieurs racines d'importance égale, disposées en faisceau, portent de nombreuses radicelles (épicéa, maïs).



Racines fasciculées

- Les racines **adventives** : racine prenant naissance sur une tige aérienne ou souterraine ou tout autres parties du végétal (maïs, fraisier, lierre)

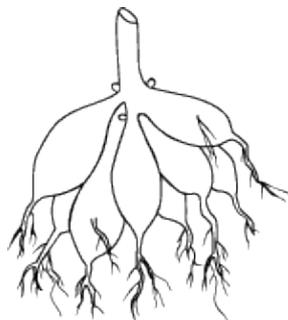


Racines adventives

Outre ces trois cas les plus courants, certaines plantes, en fonction de leur environnement, notamment pour la fonction d'ancrage, semblent avoir développé des racines fortement modifiées comme :

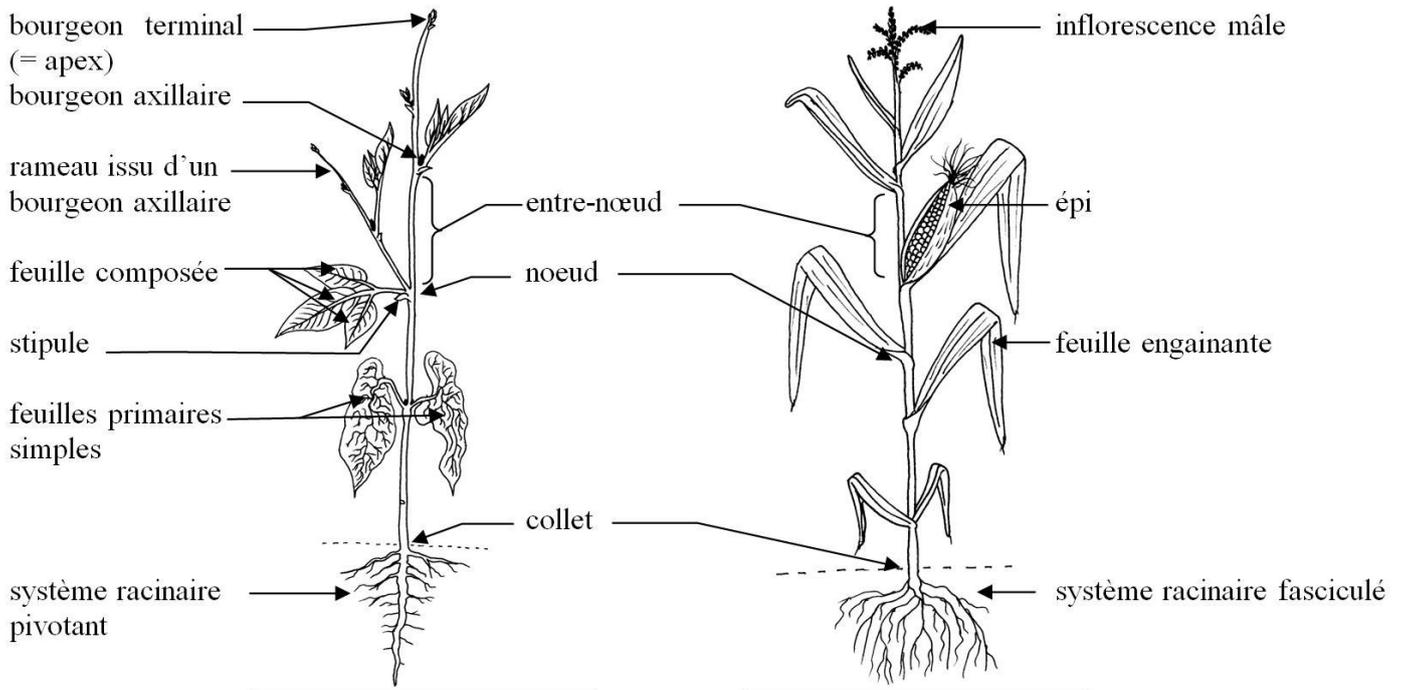
- les racines **contreforts** (figuier)
- les racines **échasses**, qui "soutiennent" le tronc au-dessus du sol ou de l'eau (palétuvier)
- les racines **lianes** (banyan)
- les racines **ventouses** (vanillier)

D'autres ce sont spécialisées dans l'accumulation de réserve et développent des racines "**tubérisées**" qui prennent la forme d'une grosse racine pivotante (betterave) ou de tubercules de racines fasciculées.



Racines tubérisées

Schéma de comparaison Dicotylédone – Monocotylédone



Le haricot : une légumineuse

Le maïs : une graminée