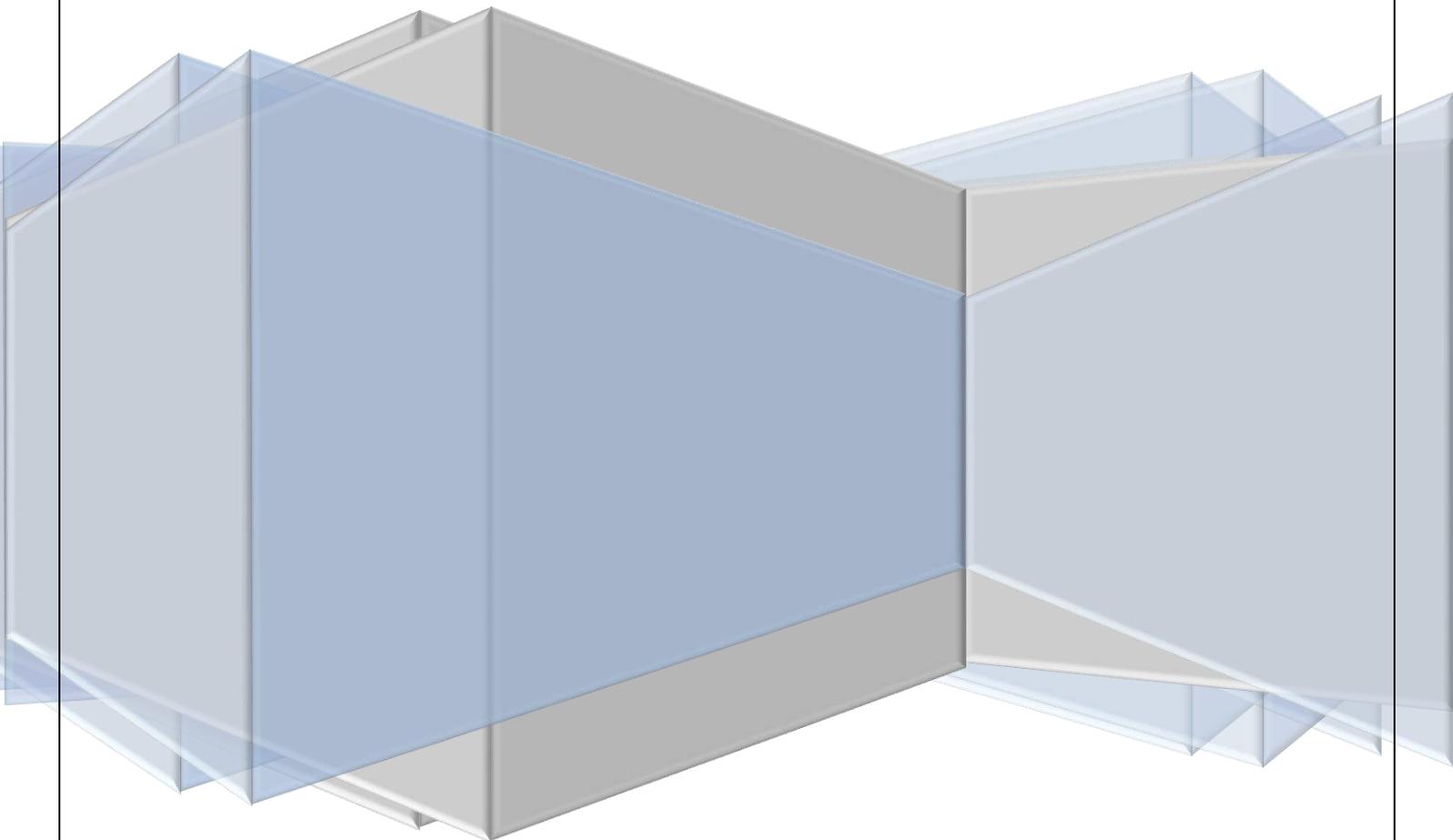


**Syndicat des apiculteurs de  
Thann et environs**

# **Initiation à la biologie végétale pour l'apiculture**

*Auteurs : Frédéric Schubnel, Robert Hummel & Maurice Feltin*

*Août 2019*



## Production et transport des nutriments dans les plantes

Les plantes ont une vie fixée entre deux milieux, l'air et le sol. La plante prélève ce dont elle a besoin dans l'atmosphère par l'intermédiaire de ses feuilles et dans le sol par l'intermédiaire des racines. Les feuilles sont situées dans l'air et prélèvent du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Elles doivent donc posséder des ouvertures appelées "**stomates**" pour faire entrer ce gaz dans les feuilles. Les très nombreux stomates de la face inférieure des feuilles communiquent avec les "**chambres aérifères**" de la feuille. Les stomates permettent de faire entrer le CO<sub>2</sub> dans les chambres aérifères et d'en extraire l'O<sub>2</sub> (oxygène) formée lors de la réaction photosynthétique. Les feuilles sont donc le lieu de fabrication de la sève appelée "**sève élaborée**" (eau, sucres et autres nutriments) grâce à la lumière et au CO<sub>2</sub> absorbé dans l'atmosphère, c'est la photosynthèse. A l'autre extrémité de la plante, on observe de nombreux poils absorbants sur les racines. Ils permettent d'augmenter la surface de contact de la racine avec le sol et sont le lieu de production de la "**sève brute**" contenant principalement de l'eau et des sels minéraux.

La sève brute qui circule dans un ensemble de vaisseaux appelés "**xylème**" et qui comme on vient de le dire se forme dans les racines, devra rejoindre les feuilles par un circuit montant partant des racines et allant aux feuilles ou elle alimente en eau la feuille et lui permet ainsi la production de la sève élaborée. La sève élaborée qui circule dans un ensemble de vaisseaux appelés "**phloème**" et qui se forme dans les feuilles par photosynthèse devra être distribuée dans un circuit descendant à l'ensemble de la plante. Elle circule ainsi dans toute la plante se « déchargeant » petit à petit de ses précieux composants dans tous les "**organes puits**" jusqu'aux racines. Il y a production de sève élaborée uniquement si la plante est bien alimentée en sève brute (donc principalement en eau). Or, ces dernières années, il se produit malheureusement des sécheresses à répétitions qui entraînent un phénomène de « sécheresse retardée » d'un an que nous pouvons observer actuellement. La première année de sécheresse, les arbres sont en stress hydrique et la seconde année, ils dessèchent littéralement après le printemps, en raison d'une sève élaborée insuffisante pour former les bourgeons qui donneront feuilles et fruits.

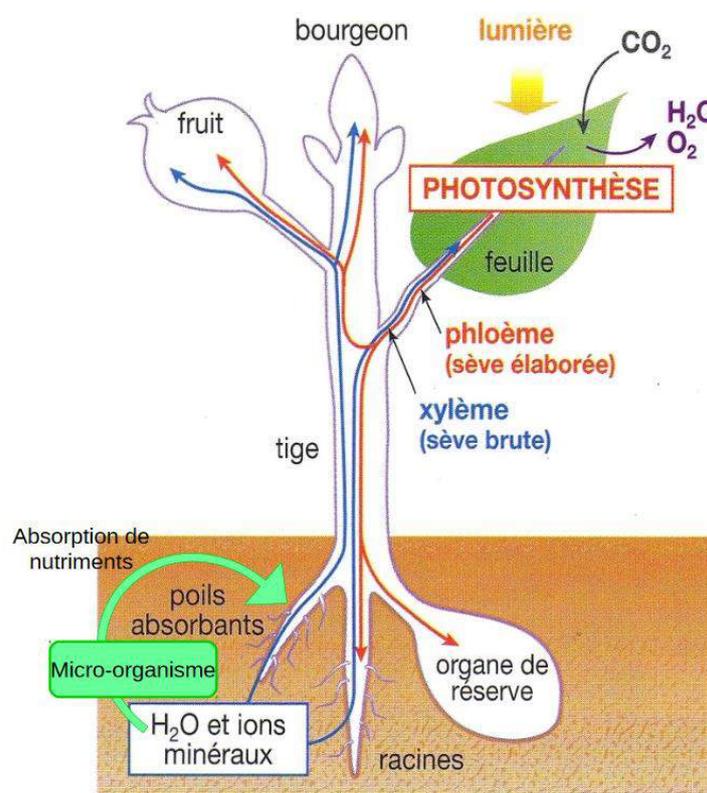
Le moteur (ou la pompe) permettant l'ascension de la sève brute dans la plante est l'évaporation, appelée aussi « **transpiration des feuilles** ». La plante rejette dans l'atmosphère la presque totalité de l'eau qu'elle puise dans le sol, seuls 5 % de l'eau contenue dans le xylème sont utilisées (par osmose) pour la confection de la sève élaborée. Pour passer la mauvaise saison, que ce soit la saison hivernale ou bien une période de sécheresse, les végétaux possèdent des moyens de stockage : racines, troncs, feuilles ou tubercules. L'excédent de sucre fabriqué dans les feuilles et transporté par le phloème est stocké sous forme de sucres complexes (en outre l'amidon) au niveau de certains organes et peut être consommé en cas de nécessité. De plus ce mélange d'eau et de sucres complexes a une « fonction antigel », qui permet aux arbres de passer la mauvaise saison. Mais avant tout, ces réserves d'énergie permettent aux plantes de continuer leur développement même en cas d'impossibilité de réaliser la photosynthèse (hiver, saison sèche, feuilles broutées par des animaux ou mangées par des chenilles...). Au niveau racinaire, l'association des plantes avec des micro-organismes comme les champignons ou des bactéries favorisent le passage des sels minéraux dans la sève brute de la plante. Ces derniers reçoivent en échange des sucres. On parle d'association à bénéfice réciproque ou de symbiose.

Au niveau des feuilles, les plantes capturent et utilisent l'énergie solaire pour la photosynthèse, grâce à laquelle elles fabriquent à partir de l'eau du xylème et du CO<sub>2</sub> atmosphérique, de la matière organique (des hydrates de carbone). Les sucres qui sont les produits de la « photosynthèse », sont transportés par la sève élaborée, des feuilles (ou autres tissus photosynthétiques) vers le reste de la plante et notamment vers les organes puits (qui puisent les sucres) pour leur croissance. Ces derniers qui peuvent être des bourgeons, des fleurs, des fruits ou des graines ont un besoin critique de cet apport nutritif. Le transport

de nutriments peut s'effectuer sur une longue distance grâce au système vasculaire, mais également de cellule à cellule, les deux étant souvent couplés.

## Xylème et phloème

Le **xylème** permet la circulation de la sève brute (eau et de sels minéraux) puisée dans le sol par les racines. La circulation se fait verticalement et dans les trachéides la présence d'une paroi transversale provoque une circulation en chicane. Le **phloème** quant à lui permet la conduction verticale de la sève élaborée riche en glucides tels que le saccharose, le sorbitol et le mannitol. Le mouvement de sève dans le phloème est bidirectionnel. Les vaisseaux montants du xylème sont plutôt de gros diamètres et permettent le soutien de la plante, car ils constituent le bois. Les vaisseaux descendants du phloème, de diamètre plutôt petit, transportent la sève élaborée des feuilles vers le reste de la plante. Cette montée et descente de sèves se fait entre le bois dit « vieux » et l'écorce de l'arbre, cette zone s'appelle le « cambium » et est très fragile, car en légère dépression, ce qui fait que toute déchirure de l'écorce provoque des prises d'air et empêche une bonne circulation des éléments nutritifs nécessaires à la plante.



*Schéma simplifié du fonctionnement et de la nutrition d'une plante*

## La photosynthèse

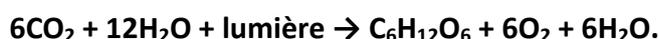
La photosynthèse est l'un des plus anciens processus biogéochimiques de la terre. Toutes les plantes terrestres et toutes les algues ainsi que certaines bactéries se servent de la photosynthèse. La photosynthèse a principalement lieu dans les feuilles des plantes et rarement (voir jamais) dans les tiges, les troncs, les branches, etc. Les stomates présents dans l'épiderme inférieur de la feuille permettent les échanges gazeux ( $\text{CO}_2$  et  $\text{O}_2$ ). Les faisceaux vasculaires (xylème et phloème) permettent l'apport d'eau nécessaire à la photosynthèse et le transport des sucres et nutriments formés par la réaction. Les cellules du « **mésophylle** » (partie interne de la feuille) ont des chloroplastes qui grâce à la chlorophylle sont le siège de la photosynthèse. La photosynthèse est un phénomène très complexe et qui demanderait de longues et de complexes explications. Mais pour simplifier, on peut dire qu'elle permet la production de

sucres et indirectement de peptides, de protéines, d'hormone et de tout ce qui permet la croissance des végétaux.

La photosynthèse comprend trois phases :

- De l'énergie électromagnétique, sous forme de lumière, est absorbée grâce à l'action de pigments dont le plus connu est la chlorophylle.
- Cette énergie est transformée en énergie chimique, sous forme de potentiel d'oxydo-réduction.
- L'énergie chimique est utilisée pour réduire le CO<sub>2</sub> et incorporer le carbone dans des composés organiques riches en énergie qui permettent grâce à « **l'anabolisme** » (synthèse organique) la croissance des êtres vivants et grâce au métabolisme (transformation) énergétique un apport en énergie.

Les premiers éléments ainsi fabriqués, via le cycle de Calvin, sont des sucres. Ce processus est représenté par l'équation suivante :



### Composition de la sève brute montante (le xylème)

Elle est composée de 99 % d'eau et de nombreux ions. A l'exception du xylème d'érable qui contient de 2 à 5 % (sucres stockés) la sève brute est dépourvue de glucides. Le xylème du pommier et du poirier contient du Sorbitol (qui permet une forte résistance au gel, osmoprotecteur). Enfin, la sève brute contient aussi de nombreuses phytohormones : AIA, gibberellines, cytokinines, acides abscissiques, ...

Sa vitesse de circulation est estimée de 2 à 12 m/h (au niveau des pétioles et rameaux avec un maximum au printemps).

### Composition de la sève élaborée descendante (le phloème)

Contrairement à la sève brute, elle est très dense en raison d'une importante concentration en sucres et autres composés. Comme le montre le schéma ci-dessous, sa concentration diminue au fur et à mesure de sa circulation descendante et en fonction de la demande en nutriments des organes puits. La plupart des espèces végétales transportent surtout du saccharose, mais aussi du raffinose, des substances azotées, des peptides, des protéines, des acides aminés et des hormones végétales.

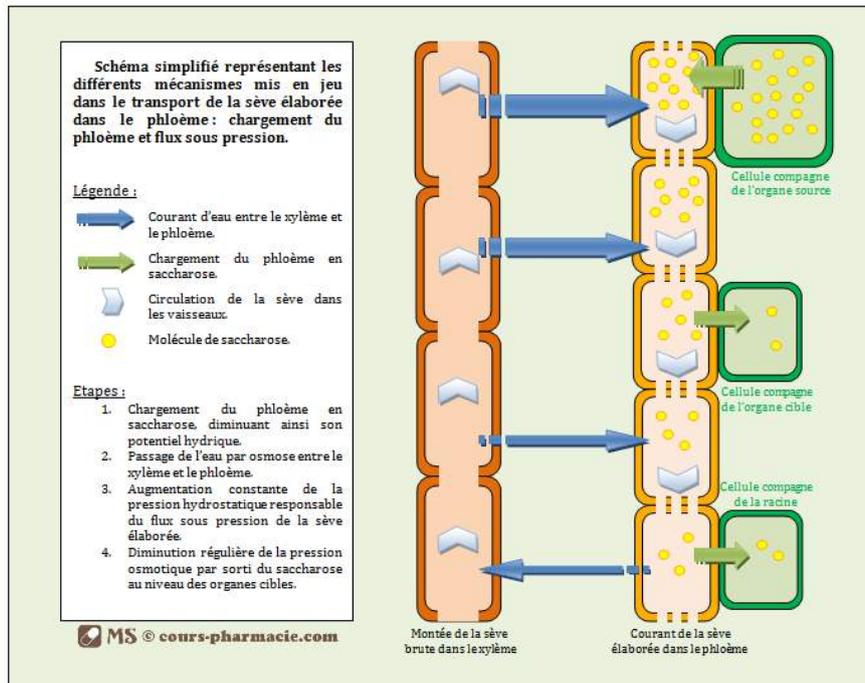
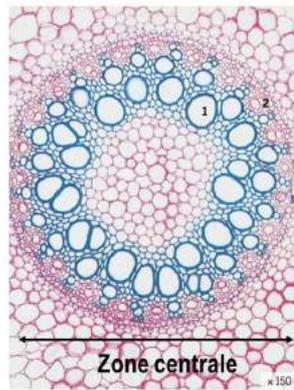
Sa vitesse de circulation est estimée à environ 1 m/h.

### Système circulatoire du phloème et du xylème

La montée de sève brute est liée à la pression osmotique (entre autres - l'évapo-transpiration), la descente de la sève élaborée elle, est liée à la pression hydrostatique (purement mécanique). Les cellules foliaires déchargent en permanence du saccharose dans le phloème, la sève élaborée se charge alors en solutés et l'augmentation de l'osmolarité attire l'eau du xylème (sève brute très peu concentrée) vers le phloème. La forte concentration en saccharose dans les organes "source" (qui produisent du saccharose : feuilles/tubercules...) attire un flux d'eau assez important. Le "captage" du saccharose par les organes "puits" (qui consomment du saccharose : fleurs/graines/fruits...) favorise au contraire une diminution de la pression et l'eau a alors tendance à rejoindre la sève brute (qui est plus concentrée à ce niveau). Enfin même si le gradient de concentration du saccharose est défavorable au mouvement d'eau, il va faciliter sa diffusion à l'intérieur même de la sève en mouvement. Le transport ayant toujours lieu des organes "source" aux organes "puits", la sève élaborée peut circuler aussi du bas vers le haut (d'un tubercule vers la base de la tige ou du bas d'une branche vers le haut de celle-ci par exemple).

## Coupe transversale d'une racine

- 1: xylème
- 2: phloème



## L'organe source

Il s'agit bien sûr des feuilles qui par photosynthèse produisent la plus grande partie des nutriments nécessaires à la croissance de la plante. Une très grande partie de l'eau du xylème (sève brute) est évaporée par la transpiration stomatique qui varie suivant l'ouverture et la fermeture des stomates, en fonction des conditions climatiques. La surface foliaire est bien sûr un facteur important dans la transpiration stomatique et dans la consommation de  $\text{CO}_2$ . Il serait logique de penser que plus la surface de la feuille est grande plus la perte d'eau et la consommation de  $\text{CO}_2$  sera importante et par conséquent la production de sucre. Or ce n'est pas toujours le cas, puisque cela dépend d'un grand nombre d'autres facteurs et avant tout de l'humidité du sol, de la nature du sol, de l'humidité de l'air, de l'agitation de l'air, de la température, de la luminosité... Ce sont des cellules qu'on appelle « **cellules compagnes** » qui contiennent beaucoup de mitochondrie qui sont le lieu de synthèse du saccharose et l'ATP (Adénosine tri phosphate) est utilisé pour le transport actif des nutriments dans la sève élaborée. Ce processus est appelé « chargement du phloème » et permet de concentrer le phloème (sève élaborée) en sucres au niveau des organes sources.

## L'organe puit

Les organes puits sont des organes de la plante qui comme leur nom l'indique puisent les sucres et autres nutriments du phloème pour la croissance, la reproduction ou la fructification de la plante. Comme nous l'avons dit plus haut, les vaisseaux du phloème se chargent en saccharose au niveau des organes sources

puis le transporte aux organes puits qu'on appelle aussi « organes cibles ». Ils leur apportent les sucres et les nutriments nécessaires à la production du nectar et du pollen de la fleur, au développement des fruits et des gaines. L'organe puit étant dépendant du phloème qui apporte la sève élaborée, dans les parties les plus hautes d'un arbre fruitier (par exemple), on pourrait penser que les fruits produits sur les branches les plus basses du fruitier sont mieux servis en nutriments que les fruits produits dans les branches les plus hautes. Or, théoriquement il n'en est rien, car comme le montre le schéma ci-dessus, les vaisseaux du phloème qui distribuent la sève élaborée aux organes puits, se décharge de leurs sucres et de leurs nutriments au fur et à mesure de leur cheminement vers le bas de l'arbre, et ce, jusqu'aux racines. Toutefois, il a été observé par nombre d'arboriculteurs qu'une branche courbée vers le bas, donnait des fruits bien plus beaux que les branches montantes. On peut donc supposer qu'en pratique (et dans certains cas particuliers) la sève élaborée irrigue mieux les fleurs et les fruits des branches courbées vers le bas.

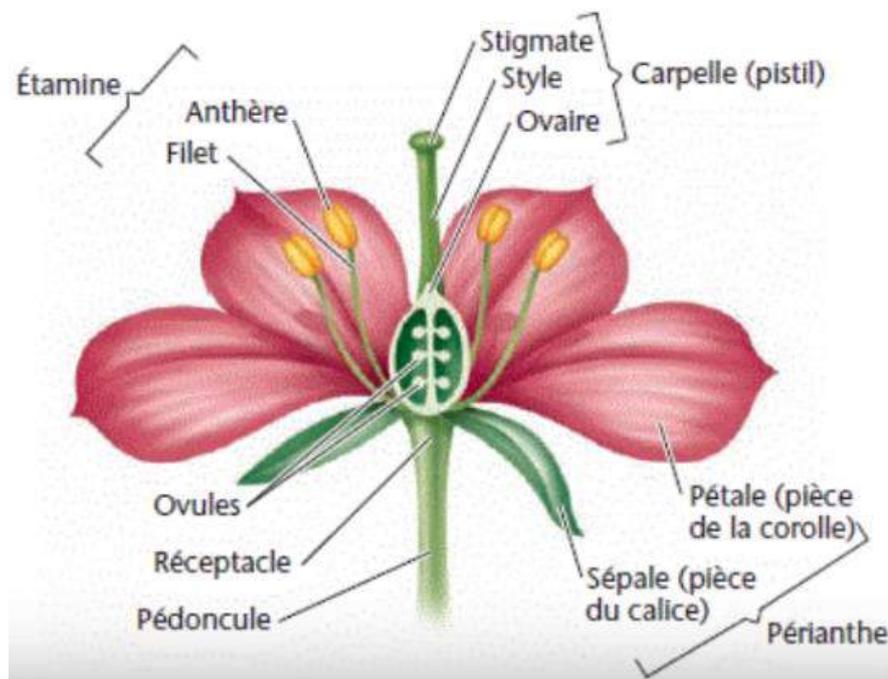
## Production du nectar et du pollen

Compte tenu de ce qui précède, les besoins nutritifs des plantes ne se limitent pas à l'eau, au gaz carbonique et à divers sels minéraux. L'eau est bien sûr, non seulement le principal milieu de transport à l'intérieur de la plante, mais aussi une substance nécessaire à la photosynthèse comme l'est aussi le gaz carbonique. Mais divers ions minéraux puisés dans le sol, tels que le sodium, le potassium, le phosphore, calcium, cuivre, fer, magnésium, manganèse, silicium... sont nécessaires eux aussi au bon fonctionnement de toutes les cellules vivantes de la plante. Enfin pour réaliser la synthèse des matières azotées (notamment les protéines), les plantes ont besoin d'une source d'azote. Il s'agit, le plus souvent, des nitrates présents dans les sols. Les protéines polypeptidiques engendrées par la plante sont utilisées entre autres pour produire le pollen qui sert à la reproduction. Les gamètes mâles qui féconderont l'ovule du pistil des autres fleurs sont renfermés dans ces grains de pollen récoltés par les abeilles et les autres pollinisateurs. Là aussi, la nature est bien faite, car tout le monde y trouve son compte. Les pollinisateurs profitent des protéines végétales qui sont contenues dans le pollen et la plante se sert des insectes pour se reproduire. Toujours dans le but de la reproduction et pour attirer ces pollinisateurs, la plante se sert du saccharose pour fabriquer le nectar des fleurs. Les insectes butineurs qui récolteront ce nectar disperseront le pollen de fleur en fleur pour les féconder. La fleur est un des « organes puits » le plus gros consommateur de nutriments contenus dans la sève élaborée des plantes ou des arbres.

## Floraison des plantes ou des arbres

Des études récentes et plus anciennes ont démontré que les plantes perçoivent les variations saisonnières de la longueur des journées. A la sortie de l'hiver, après avoir subi une période de froid, qui est nécessaire et s'appelle la « dormance », la floraison n'aura lieu que lorsque la durée du jour est adéquate (c'est la photopériode). Dès que la durée du jour idéale est atteinte, un signal est envoyé à travers le système vasculaire de la plante, des feuilles aux extrémités des tiges (ou apex), pour déclencher la floraison. Ce signal, appelé "**signal florigène**", serait dû à un gène (le gène FT ou Flowering Locus T), qui provoque la floraison des plantes. C'est la protéine produite par ce gène FT qui serait le fameux "signal florigène", affirment les botanistes. La floraison faisant partie du système reproducteur des plantes, celle-ci entraîne forcément une production de nectar et de pollen. Mais cette production dépend d'un grand nombre d'autres facteurs tels que la nature du sol, l'humidité du sol, l'humidité de l'air, le vent, la température, la luminosité... Avant tout, les racines de la plante doivent trouver assez d'eau et de minéraux dans le sol pour produire un gros volume de sève brute. Si toutes les conditions sont réunies

pour la production de sève brute et que le développement foliaire est optimal, il faut un ensoleillement et une température idéale pour une bonne réaction photosynthétique afin de produire assez de sucre et de nutriments pour alimenter tous les organes puits en sève élaborée. C'est seulement lorsque toutes ces conditions sont idéales qu'on peut s'attendre à une belle floraison avec des productions importantes de nectar et de pollen.



## Pollinisation et reproduction des plantes à fleurs

La fleur représente l'organe de reproduction chez les plantes à fleurs (Angiospermes). Les fleurs peuvent soit être hermaphrodites, c'est-à-dire qu'elles possèdent les éléments mâles et femelles ou bien unisexués. Les espèces qui possèdent des fleurs de sexe différent sont dites monoïques. Lorsque le plant est unisexué ou dioïque, le plant possède les fleurs des deux sexes. Bien sûr, en fonction de ces types de reproduction, les stratégies de pollinisations seront bien différentes. Chez les plantes à fleurs, la fécondation n'a lieu que si les éléments mâles constitués par les grains de pollen sont transférés jusqu'aux éléments femelles formés par les stigmates ou les ovules. C'est ce transfert qu'on désigne sous le nom de **pollinisation**. Différents types de pollinisation existent, selon l'origine génétique des individus émetteurs et récepteurs de pollen. La pollinisation est **allogame** lorsque les individus mâles et femelles sont d'origines génétiques différentes (issues d'une graine différente). La pollinisation est **autogame** lorsque le grain de pollen et l'ovule appartiennent au même individu ou à des individus appartenant à un même clone, issus les uns et les autres de voie végétative et non par reproduction sexuée. Si la fleur est fécondée par le pollen du même individu, on parle dans ce cas d'autofécondation ou d'autopollinisation. Le plus souvent, dans le cas de l'allogamie, la pollinisation croisée est favorisée grâce à divers dispositifs favorisant la recombinaison génétique (mélange des gènes). Les sexes peuvent être séparés dans le temps (maïs), les plants mâles séparés des femelles (saules marsaults). La reproduction sexuée concerne donc la majorité des plantes notamment à fleurs, et se fait par les graines. A l'origine, deux cellules sexuelles (mâle et femelle) produites par la plante "parent" fusionnent : c'est la fécondation, qui entraîne la transformation de la fleur en fruit contenant la graine. Celle-ci porte donc le patrimoine génétique des deux "parents", ce qui a permis à la nature de s'adapter, en conférant aux générations suivantes, qui survivent, les meilleures acclimatations, mais cela nécessite du temps.