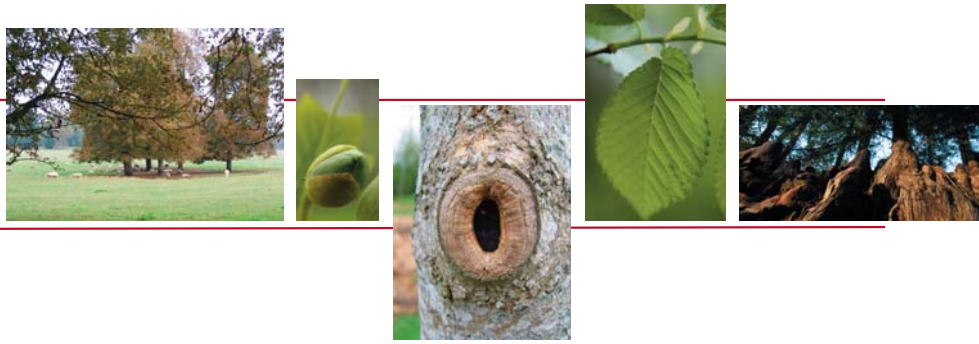


LA CONNAISSANCE DE L'ARBRE

COMMENT SE NOURRIT UN ARBRE

COMMENT GRANDIT ET GROSSIT UN ARBRE

LA RÉACTION DES ARBRES AUX BLESSURES

L'ARBRE ET L'EAU

LES MYCORHIZES

ARBRES ET POLLENS ALLERGISANT

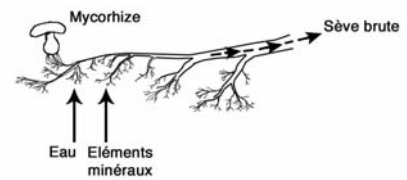
ARBRES ET GRANDS ARBUSTRES
TOXIQUES POUR LES HOMMES ET LES ANIMAUX

COMMENT SE NOURRIT UN ARBRE

PENDANT LA PÉRIODE DE VÉGÉTATION, PLUSIEURS PROCESSUS COMBINÉS PERMETTENT À L'ARBRE DE SE NOURRIR ET DE FABRIQUER DES SUBSTANCES PRODUISANT L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE À SA VIE.

L'absorption de l'eau et des éléments minéraux

Absorption

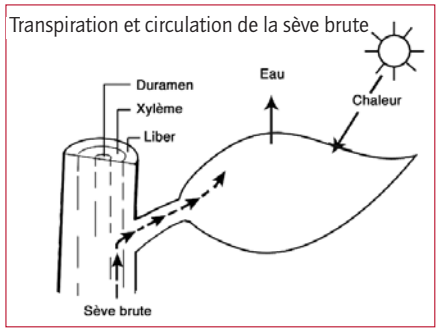


L'eau, les éléments minéraux (azote, phosphore, potassium) et les oligo-éléments sont absorbés par le système racinaire et constituent la sève brute. L'absorption se fait soit par osmose au niveau des poils absorbants du chevelu racinaire, soit par l'intermédiaire des mycorhizes qui augmentent la capacité d'absorption des racines (association des racines avec des champignons Voir la fiche "Mycorhize").

La transpiration et la circulation de la sève brute

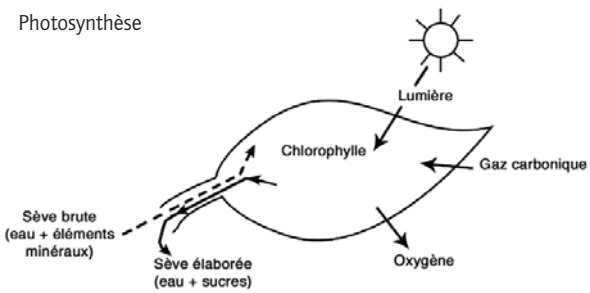
L'évaporation par les feuilles de la quasi-totalité de l'eau absorbée dans le sol permet d'aspirer la sève brute et de la faire monter, dans les canaux du xylème, jusqu'aux feuilles les plus hautes de l'arbre. La transpiration permet aussi aux feuilles de maintenir une température acceptable et de résister aux brûlures du soleil.
(Voir la fiche "L'arbre et l'eau").

Transpiration et circulation de la sève brute



La photosynthèse

Photosynthèse



La photosynthèse est le processus par lequel les plantes fabriquent leur nourriture.
La chlorophylle, contenue dans les cellules des feuilles, capte l'énergie lumineuse et l'utilise pour former des sucres (glucides) à partir du gaz carbonique absorbé dans l'air et de l'eau apportée par la sève brute.

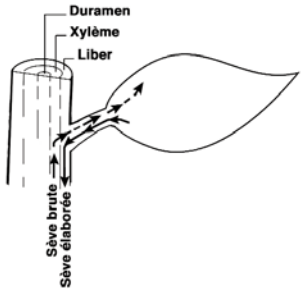
Il résulte de cette réaction chimique un dégagement d'oxygène.
Les sucres nouvellement formés et l'eau composent la sève élaborée.

La photosynthèse n'a lieu que pendant le jour (ou lorsque l'arbre est éclairé artificiellement).

$$CO_2 + H_2O + \text{Lumière} + \text{Chlorophylle} \longrightarrow (CH_2O) + O_2$$

Gaz carbonique de l'air	Eau absorbée par les racines	Energie		Glucides	Oxygène

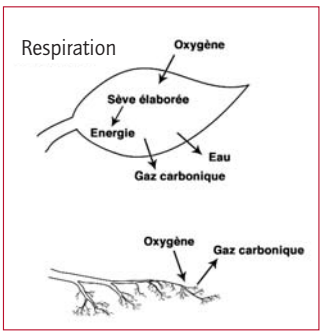
Circulation de la sève élaborée



La circulation de la sève élaborée

La sève élaborée descend dans les canaux du liber (aussi nommé phloème) et distribue les sucres dans toutes les parties vivantes de l'arbre. Les sucres sont cependant préférentiellement utilisés à proximité de leurs lieux de production.

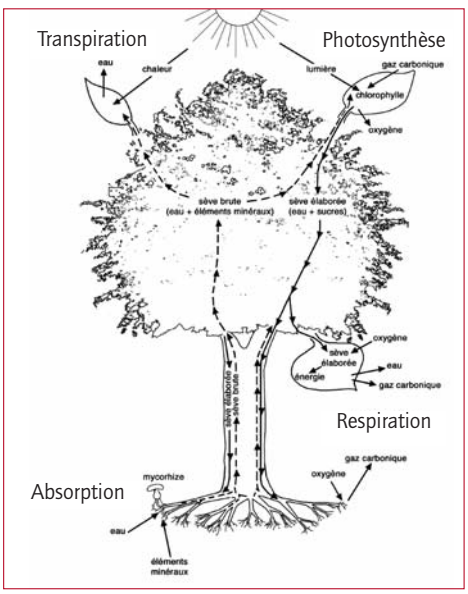
La respiration



Comme tout être vivant, les végétaux respirent.
La dégradation des sucres (glucides) par l'oxygène absorbé par la plante produit du gaz carbonique rejeté dans l'air, de la vapeur d'eau et de l'énergie. Cette énergie est nécessaire à la fabrication de nouvelles cellules (bois, feuilles, fleurs, fruits, ...) et au métabolisme de la plante. Les plantes respirent le jour et la nuit.
Les échanges gazeux sont contrôlés par les stomates situés dans les épidermes des feuilles.
La respiration se fait principalement au niveau des feuilles mais aussi sur toute la surface de la plante notamment au niveau des racines.
(C'est la raison pour laquelle le sol doit être aéré et non compacté).

(CH_2O)	+	O_2	--->	CO_2	+	H_2O	+	Energie
Glucides		Oxygène		Gaz carbonique rejeté dans l'air		Eau		

Globalement, l'absorption de gaz carbonique dans l'air lors de la photosynthèse, est plus importante que le rejet de gaz carbonique dans le milieu aérien lors de la respiration.
Une partie du carbone contenu dans l'air est ainsi piégé par l'arbre pour constituer son bois.



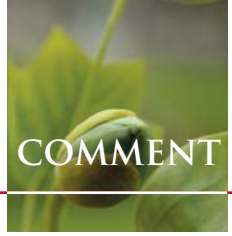
Le stockage des réserves

En fin d'été, lorsque l'accroissement est presque terminé, les excédents de sucres fabriqués par la plante lors de la photosynthèse sont stockés sous forme d'amidon dans les cellules vivantes du bois (racines, tronc, branches). Les composés azotés et les lipides sont aussi stockés.
Ces réserves sont utilisées ultérieurement par l'arbre lorsque celui-ci ne produit pas de sucre par photosynthèse (vie hivernale, débourrement des bourgeons au début du printemps, arbre effeuillé suite à une sécheresse ou à une attaque d'insecte, ...) ou lorsque la production de sucres par photosynthèse n'est pas suffisante pour assurer le métabolisme de la plante (élagage trop important par exemple).
Si l'arbre n'a plus de réserves et que la photosynthèse n'est pas suffisante, il meurt.

Les organes assurant la nutrition et donc la vie et la croissance de l'arbre se trouvent aux extrémités de la plante (poils absorbants, feuillage).
(Il y a d'ailleurs un équilibre entre le développement de la partie aérienne et souterraine de l'arbre). Ces organes vitaux sont fins et fragiles. Ils sont très sensibles au milieu dans lequel ils se développent. Il est par conséquent indispensable d'installer l'arbre dans un milieu qui lui convient lors de la plantation, puis de le protéger des agressions extérieures pendant toute sa vie.

Cette recommandation est très importante en milieu urbain car l'environnement de l'arbre est artificiel et la pression humaine peut être agressive pour les arbres (asphyxie des racines par le compactage du sol, pollution par le sel de déneigement, herbicides à absorbtion racinaire, déjections canines, décaissement et ouverture de tranchées, bris de branches, taille drastique...).

Augustin Bonnardot
Août 2005



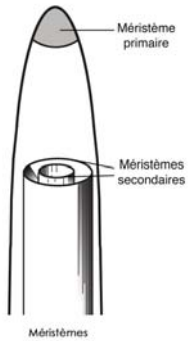
COMMENT GRANDIT & GROSSIT UN ARBRE

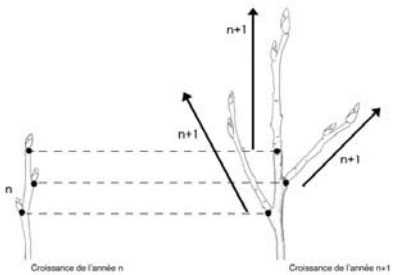
LA CROISSANCE DE L'ARBRE A LIEU PENDANT LA PÉRIODE DE VÉGÉTATION. CETTE CROISSANCE VARIE EN FONCTION DE L'ESSENCE, DE LA FERTILITÉ DU SOL, DE L'ENSOLEILLEMENT, DE L'ALIMENTATION EN EAU, DE L'ÂGE ET DES TRAUMATISMES ET MALADIES SUBIS PAR L'ARBRE.

La croissance en longueur

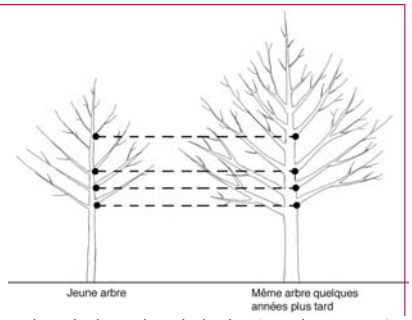
Les arbres croissent en longueur grâce à l'allongement de l'extrémité de leurs branches et de leurs racines. Les méristèmes primaires situés à l'extrémité des axes, produisent, par division des cellules existantes, de nouvelles cellules qui permettent l'accroissement progressif du houppier et de la couronne racinaire.

Au niveau des branches, le méristème forme à l'intérieur des bourgeons, l'ébauche en mièniature des organes (tige, feuilles,...) qui se développeront par la suite.



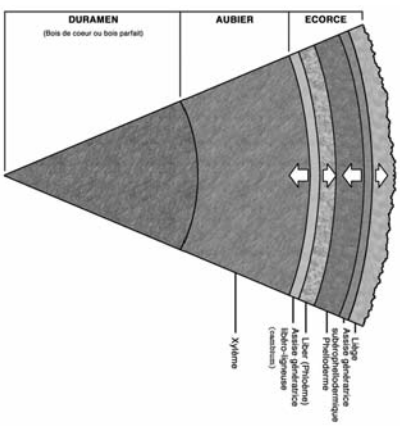


Les branches se développent en longueur à partir de leurs extrémités.



La base de chaque branche implantée sue le tronc rest à la même hauteur du sol au cours du temps

Dans les régions tempérées, l'allongement débute au printemps et dure plus ou moins longtemps selon les essences et les conditions de milieu.
Certaines essences (le chêne par exemple) peuvent avoir plusieurs vagues de croissance successives pendant une saison. Ils ont une croissance polycyclique. D'autres essences (érables, peupliers,...) ont une croissance continue. A la fin de l'été, les arbres entrent en phase de repos.

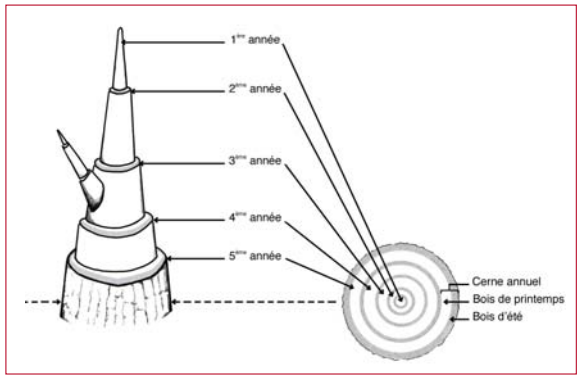


La croissance en diamètre

Fabrication du bois et du liber

La croissance en diamètre des branches, du tronc et des racines est due à l'activité du cambium.
Cette fine assise génératrice libéro-ligneuse (méristème secondaire) fabrique de nouvelles cellules par division des cellules existantes.

- Vers l'extérieur ce sont les cellules du liber (aussi appelé phloème).
- Vers l'intérieur ce sont les cellules du xylème qui forment le bois (il s'agit de la quantité la plus importante de cellules formées).



Les cernes

Tous les ans, pendant la période de végétation (printemps et été en zone tempérée), les arbres élaborent un anneau de bois supplémentaire que l'on nomme le "cerne".
Chez certaines essences (chêne, châtaignier,...) il est facile de distinguer, sur chaque cerne, le bois de printemps du bois d'été.
Le bois de printemps, plus clair, est composé de vaisseaux de grands diamètres alors que le bois d'été, plus foncé, est constitué de vaisseaux plus petits.

Chez d'autres essences (hêtre, érable,...) dites à "bois diffus" les vaisseaux sont répartis uniformément dans le cerne. Dans l'un et l'autre cas, la transition entre deux cernes est marquée par un trait bien apparent.

En comptant ces cernes, au niveau de la souche, on connaît l'âge de l'arbre.

Le bois de cœur et l'aubier

Le bois le plus âgé, appelé bois de cœur, bois parfait ou duramen, est situé au centre de la tige.
Il est constitué de cellules mortes qui ne conduisent plus la sève brute montante.
Les vaisseaux sont obstrués par des substances tanniques, par des gommes chez les feuillus ou des résines chez les résineux.
Le bois de coeur a essentiellement un rôle de soutien mécanique. Le bois le plus jeune, appelé aubier, est situé à la périphérie du bois de cœur. Il est composé de cellules vivantes qui conduisent la sève brute montante.

Un arbre peut, par conséquent, avoir un tronc creux et être physiologiquement vigoureux.
Certaines essences (chêne, pin,...) ont un bois de cœur bien différencié de l'aubier alors que d'autres espèces (sapin, peuplier,...) ont un bois de coeur non distinct.

Fabrication de l'écorce

En périphérie, une autre assise génératrice se forme chaque année dans le liber.
L'assise subéro-phellodermique fabrique l'écorce de l'arbre :
- Vers l'extérieur les cellules du liège
- Vers l'intérieur les cellules du phelloderme.

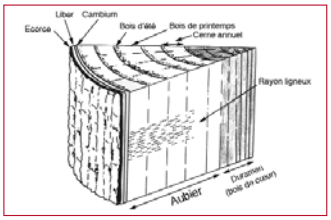
Les tissus vivants assurant la vie et la croissance de l'arbre (cellules du liber dans lesquelles circule la sève élaborée et assises génératrices fabriquant les nouveaux tissus) se trouvent à la périphérie des tiges et ne sont protégés que par une couche parfois fine de liège. La protection de ces organes vitaux est donc relativement fragile. Un simple écorçage annulaire atteignant l'assise cambiale sur la périphérie du tronc est suffisante pour causer la mort de l'arbre (passage de rotofil au contact du tronc par exemple). Une source de chaleur trop importante près de l'écorce peut aussi être fatale (feux à proximité d'un arbre ou mise à la lumière brutale d'un arbre à écorce fine tel que le hêtre).

Augustin BONNARDOT
Août 2005

LA RÉACTION DES ARBRES AUX BLESSURES

L'ÉCORCE FORME UNE ENVELOPPE AUTOUR DES TISSUS LIGNEUX VIVANTS DE L'ARBRE. TOTALEMENT INDISPENSABLE, L'ÉCORCE PROTÈGE LE BOIS DES AGENTS PATHOGÈNES PRÉSENTS DANS L'AIR ET ELLE ÉVITE LA TRANSPIRATION.

Lorsque l'écorce est altérée par une blessure ou une brûlure, les cellules de l'aubier mises à nues meurent. Pour stopper la propagation des agents pathogènes dans l'aubier sain, l'arbre réagit de différentes façons :



Production de substances antiseptiques

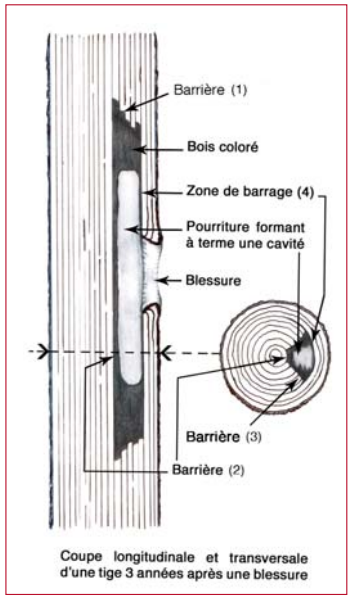
L'arbre produit dans l'aubier, au niveau de la plaie, des substances antiseptiques inhibant l'action des champignons (tanins, lignine, subérine, silice et résines chez les conifères). La réaction varie selon la saison, elle est plus forte en période active de végétation.
Lorsque la température est basse, le dépôt de lignine et de subérine est moins important.

Compartimentation de la pourriture

Pour stopper l'avancée de la pourriture dans l'aubier, l'arbre utilise des barrières qui isolent le bois sain du bois infecté. Les agents pathogènes sont ainsi enfermés dans une sorte de compartiment plus ou moins étanche. Trois types de barrières s'installent dans le bois présent à l'époque de la plaie.
Il s'agit des **"zones de réaction"**.

- **(1) Les barrières s'opposant à la propagation longitudinale des agents pathogènes**
Des thylles et gommes obstruant les vaisseaux s'opposent à la progression de la pourriture vers la base et l'extrémité de la tige.
- **(2) Les barrières s'opposant à la propagation des agents pathogènes vers l'intérieur de la tige**
Ces barrières se trouvent au niveau des cernes.
- **(3) Les barrières s'opposant à la progression latérale des agents pathogènes**
Ces barrières se trouvent au niveau des rayons ligneux.

- (4) La quatrième barrière est élaborée postérieurement à la blessure dans le bois nouvellement formée qui recouvre la plaie. Cette **"zone de barrage"**, la plus puissante et la plus efficace, est constituée de cellules spéciales, aux parois particulièrement résistantes contenant des substances toxiques, inhibant l'action des agents pathogènes.
(Des fissures peuvent se créer dans cette zone de barrage lors de changements brusques de température et quand le bois sèche).



Coupe longitudinale et transversale d'une tige 3 années après une blessure

Les arbres creux sont des arbres dont la zone de barrage 4 a été totalement efficace alors que les autres barrières 1, 2 et 3 ont été poreuses et ont laissé progresser des agents pathogènes qui ont carié le bois de cœur.

La compartimentation est plus ou moins efficace selon les essences et les individus.

Recouvrement de la plaie

Suite à une blessure, les tissus du bois qui ont été attaqués par les agents pathogènes peuvent disparaître et laisser une cavité délimitée par les barrières de compartimentation. Les tissus infectés ne sont pas régénérés, la carie n'est pas rebouchée mais recouverte par de nouveaux tissus ligneux.
Les plaies de grande surface mettent plus de temps à être recouvertes que des petites plaies.

Par conséquent, les tissus du bois mis à nu sont davantage soumis à l'action des agents pathogènes. **Lorsque le plaie est profonde et atteint le bois de cœur** (section d'un tronc, d'une branche ou d'une racine de gros diamètre) les tissus internes non vivants du duramen n'ont pas la réactivité physiologique des tissus vivants (aubier). Les conséquences sont alors plus graves pour l'arbre qui ne peut compter que sur la "zone de barrage" (4) et sur sa capacité à recouvrir les plaies.
La compartimentation et le recouvrement des plaies se font dans un délai plus rapide, après le traumatisme, pendant la période de végétation. Un arbre en bonne santé produit davantage de substances antiseptiques, compartimente plus efficacement et recouvre plus rapidement ses plaies qu'un arbre sans vigueur.

Comment soigner une plaie ?

Une blessure est toujours un traumatisme pour l'arbre. Les jeunes arbres et les essences à écorce fine (hêtres par exemple) sont plus fragiles.
Le système de défense de l'arbre est souvent trop faible pour contrecarrer les effets d'une blessure importante.
Il n'existe pas, à ce jour, de traitement thérapeutique efficace permettant de stopper ou de limiter la progression des champignons pathogènes dans les tissus du bois mis à nu. Les enduits fongicides à appliquer sur les plaies n'ont un effet que pendant 2 ou 3 ans. Si ces produits sont utilisés, ils doivent être appliqués uniquement sur les plaies fraîches, juste après la coupe.

Les barrières naturelles de protection ne doivent pas être ouvertes lors du curage du bois altéré.

En effet une petite faille dans ces barrières permet la propagation des agents pathogènes dans le bois sain. C'est pourquoi les opérations de chirurgie arboricole ouvrant de nouvelles plaies (pose de drain, de renfort,...) sont néfastes.

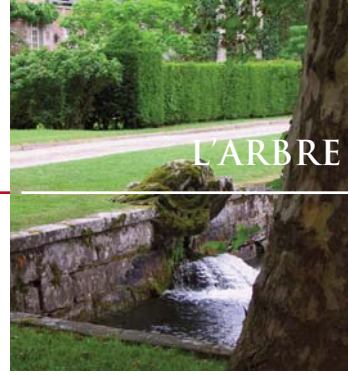
Seules des méthodes prophylactiques, permettant d'éviter ou de limiter les blessures et les infections, sont réellement efficaces :

- Protection des végétaux pendant leur transport et pendant le déchargement des véhicules.
- Tuteurs ne frottant pas contre les troncs et attaches appropriées.
- Pare chocs, corsets, manchons, arbustes autour des troncs des jeunes arbres ; répulsif à gibier.
- Précaution lors des fauches ; tuteurs ou paillage pour éloigner les outils de coupe.
- Lors des travaux de taille, coupe de branches de petit diamètre, sur tire sève (sans laisser de chicot) et en respectant l'angle de coupe.
- Pas de taille radicale.
- Non utilisation de griffes pour le grimper dans les arbres.
- Désinfection des outils de taille.
- Haubanage non mutilant.
- Feux éloignés des arbres.
- Protection des arbres pendant les travaux de voirie.

Bibliographie :

- *Biologie et soins de l'arbre - Guide photographique*, Alex L. Shigo, Klaus Vollbrecht, Niels Hvass - IDF -1987
- *La taille des arbres d'ornement - Du pourquoi au comment,* C. Drenou - I.D.F. - 1999

.
Augustin BONNARDOT
Mars 2004



L'ARBRE ET L'EAU

L'EAU EST DÉTERMINANTE POUR LA VIE ET LA CROISSANCE DE L'ARBRE. CELUI-CI PUISE CETTE EAU DANS LE SOL ET EN REJETTE LA PLUS GRANDE PARTIE DANS L'ATMOSPHÈRE. POURTANT LES MOUVEMENTS D'EAU À TRAVERS L'ARBRE SONT COMPLEXES. CETTE FICHE PERMET DE MIEUX COMPRENDRE CE QUI LES RÉGIT DEPUIS LA TRANSPIRATION JUSQU'AUX MÉCANISMES DE CIRCULATION DE LA SÈVE.

Comment l'arbre transpire

Sous l'influence des facteurs climatiques

Du point de vue physique, la transpiration est une évaporation. Elle requiert de l'énergie et dépend donc avant tout des conditions climatiques : plus il y a de soleil (c'est lui la source majeure d'énergie), ou plus l'air est sec, ou plus il y a de vent, ou plus la température est élevée, plus la transpiration "potentielle", celle qui dépend des facteurs climatiques seulement, sera élevée.

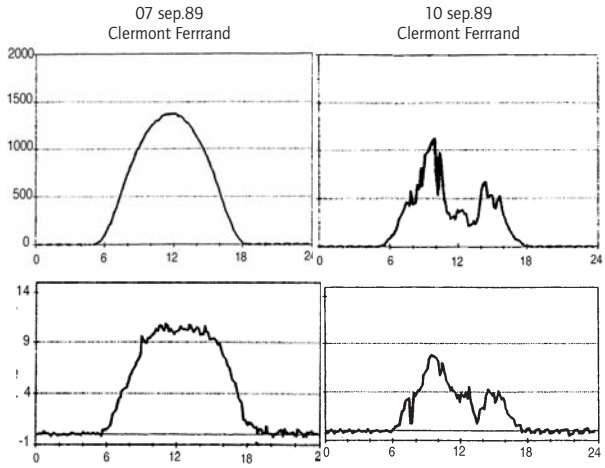


Figure 1 montrant pour deux journées, l'une sans nuage (à gauche), l'autre avec passage nuageux, à quel point la transpiration d'un jeune arbre (exprimée en grammes d'eau évaporée par minute) est dépendante du rayonnement solaire *(exprimé en watts par m²)*. D'après Daudet 1995).

La figure 1 montre bien, pour deux journées différentes, la relation entre la courbe d'énergie lumineuse du soleil qui arrive sur les feuilles et la transpiration foliaire.

Selon les conditions climatiques, les réserves en eau du sol et l'étendue de son feuillage, un arbre puise de quelques litres à quelques centaines de litres d'eau par jour.

Sous l'influence des facteurs biologiques

La transpiration dépend aussi du degré d'ouverture des stomates. Ces minuscules pores (quelques centièmes de mm) à la surface des feuilles, sont les ouvertures par lesquelles la vapeur d'eau quitte les feuilles. En dehors d'eux, la feuille est complètement isolée de l'air extérieur par une couche particulière, la cuticule, quasiment imperméable. S'il n'en était pas ainsi, l'intérieur de la feuille qui est très humide (de l'ordre de 98% d'humidité), se dessècherait en quelques minutes.
L'ouverture des stomates varie d'une part en fonction des conditions climatiques, d'autre part en fonction de nombreux facteurs biologiques. Ils s'ouvrent à la lumière, restent ouverts si l'humidité de l'air ou du sol est satisfaisante, si la concentration de gaz carbonique de l'air est élevée.
Ils ont tendance à se fermer quand l'humidité de l'air ou du sol décroît, quand la température est élevée, quand il fait nuit ou encore lorsque l'état hydrique des feuilles se détériore. Ils se ferment également en cas de nutrition minérale très déficiente, ou en présence de pollution atmosphérique.
Par ailleurs les stomates servent de porte d'entrée au gaz carbonique de l'air nécessaire à la photosynthèse. Ainsi la photosynthèse foliaire qui conduit à fabriquer les sucres dont ont besoin les cellules, ne peut se faire que si les stomates sont ouverts.

L'état hydrique permettant la croissance : un équilibre entre l'absorption et la transpiration

L'arbre n'a presque pas d'autonomie hydrique : il doit tirer du sol des quantités d'eau voisines de celles qu'il perd au même moment par la transpiration. Si l'absorption n'est pas voisine de la transpiration, l'arbre ne pourra pas longtemps combler la différence en puisant dans ses cellules.
Il n'a presque pas d'autonomie hydrique. Il sera donc obligé de fermer ses stomates pour éviter de se dessécher de façon irréversible. Les stomates constituent de loin le mécanisme le plus efficace et le plus rapide dont dispose l'arbre pour lutter contre la sécheresse.

Dans des sols bien alimentés en eau et en conditions climatiques "normales" pour la région considérée, l'état hydrique des différentes parties d'un arbre (tissus vivants des différents organes, des branches et du tronc) varie régulièrement au cours d'une journée : du lever du soleil à une ou deux heures après le midi solaire (quand le soleil est au zénith) ces parties se déshydratent ; l'après-midi et durant la nuit, elles se réhydratent.

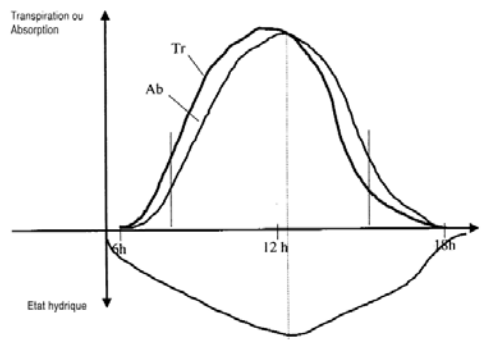


Figure 2 : schéma de l'évolution de la transpiration, de l'absorption et de l'état hydrique d'un végétal au cours d'une journée ensoleillée.

La figure 2 schématise cette variation journalière de l'entrée de l'eau (absorption) et de sa sortie (transpiration).
La transpiration dépend principalement, on l'a dit, de la quantité d'énergie qui arrive sur les feuilles en provenance du soleil. Comme cette quantité augmente régulièrement avec l'ascension du soleil dans le ciel, les variations de la transpiration "potentielle" suivent celles de la hauteur du soleil. L'absorption, quant à elle, suit la transpiration mais avec un certain décalage (dû aux effets des réserves d'eau de l'arbre). On a donc, durant ce type de journée ensoleillée, une première partie, le matin, durant laquelle l'absorption reste inférieure à la transpiration, (d'où une perte d'eau des tissus de l'arbre se traduisant notamment par une réduction de diamètre).
L'après-midi, au contraire, l'absorption dépasse à chaque instant la transpiration : l'arbre se réhydrate, jusqu'en fin de nuit.

La montée de la sève des racines aux feuilles : un processus physique à risque

1) Le processus

L'eau du sol qui pénètre dans une racine commence par traverser horizontalement un certain nombre de cellules vivantes avant d'atteindre, au centre, l'appareil vasculaire (ou conducteur), réseau d'irrigation de tous les organes vivants de l'arbre. Une fois dans ce réseau, la sève va se déplacer globalement verticalement, jusque dans les feuilles. Elle parcourt celles-ci le long des nervures, qui abritent l'appareil vasculaire. Elle finit par sortir de l'appareil vasculaire, traverse le manchon de cellules vivantes qui l'entourent, avant de s'évaporer au bord de petits espaces vides, dans l'épaisseur de la feuille. Il faut en effet se souvenir qu'une feuille est, comme une éponge, un corps poreux qui contient des vides. C'est au niveau des parois qui bordent ces espaces vides que l'eau quitte l'état liquide et passe en vapeur, avant de rejoindre l'atmosphère par les stomates.
Ainsi, mis à part deux très courts tronçons à travers des cellules vivantes, dans les racines et dans les feuilles, la sève brute circule, sur 99% de son parcours total dans l'arbre, dans l'appareil conducteur.
Curieux paradoxe : cet appareil qui distribue l'eau indispensable à la vie de l'arbre est formé d'un réseau de cellules mortes !

Les éléments conducteurs du bois

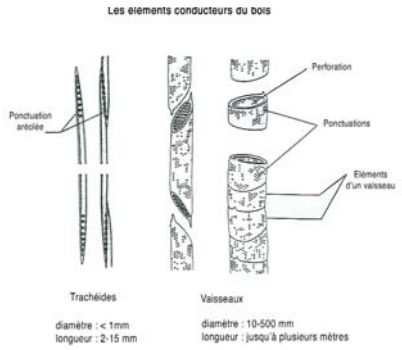


Figure 3 : les deux types d'éléments conducteurs de la sève xylémienne

Ces cellules mortes sont de deux types (fig. 3) : chez les conifères il s'agit de petites cellules, appelées trachéides. Chez les feuillus, les éléments conducteurs sont au contraire de grande dimension (jusqu'à plusieurs mètres chez les chênes). Trachéides et vaisseaux sont des éléments aux parois rigides, imperméables à l'eau sauf au niveau de minuscules passoires, appelées ponctuations.
Ces ponctuations permettent à l'eau de passer d'un vaisseau à l'autre. Mais si un vaisseau plein de sève se trouve à côté d'un vaisseau vide, les ponctuations qui se trouvent entre les deux feront barrage à l'entrée d'air dans le vaisseau plein.

Remarque : Il ne faut pas confondre la sève xylémienne (dite aussi sève "brute") solution généralement peu concentrée en provenance du sol et globalement ascendante, avec la sève phloémienne (ou "élaborée"), solution sucrée très concentrée, en provenance des feuilles, et globalement descendante.

2) Les risques d'embolie

La sève étant tirée par le haut par l'évaporation foliaire, et non poussée par le bas (ce qui ne peut arriver que pendant les périodes où l'arbre n'a pas de feuilles) elle est sous "tension" c'est-à-dire sous pression négative. Grâce aux forces capillaires qui s'exercent au niveau des minuscules surfaces d'évaporation, dans les feuilles, la sève peut monter sans problèmes jusqu'au sommet des plus grands arbres (110 m environ). Mais le risque majeur de cet état de tension, est l'entrée d'air dans les vaisseaux, qu'on appelle l'embolie. Cette entrée d'air est l'équivalent d'un bouchon qui empêche le passage de la sève dans le vaisseau embolisé. Plus le nombre de vaisseaux embolisés est grand, plus la circulation de la sève peut être affectée. Ce risque est d'autant plus grand que les conditions climatiques conduisent à une transpiration potentielle forte et que le sol est pauvre en eau. Cependant, la vulnérabilité à l'embolie varie selon les espèces : les peupliers, les saules, les noyers sont bien plus vulnérables à l'embolie estivale que les chênes méditerranéens ou les cèdres. Entre ces extrémités se trouvent le hêtre, le frêne et des conifères comme le pin sylvestre.

L'arbre et la sécheresse

La sécheresse produit dans l'arbre une série de modifications physiologiques dont les effets s'étalent à court, moyen et long termes. Les degrés de sécheresse forment un continuum le long duquel on peut très schématiquement distinguer quatre degrés. Parmi les différents moyens de caractériser ces degrés d'état hydrique, le plus démonstratif est sans doute le suivi des variations de diamètre de branches ou de tronc. C'est la raison pour laquelle ce critère est mentionné pour les différents degrés de sécheresse distingués ci-dessous et illustré dans la figure 4.

1) Absence de sécheresse : une croissance importante est possible

En conditions normales de bonne alimentation en eau, au niveau d'une journée, l'absorption dépasse un peu (2 ou 3 %) la transpiration. La croissance, qui demande de l'eau (les cellules vivantes contiennent de l'ordre de 70 à 90 % d'eau) est donc possible.
On peut le vérifier par la courbe des variations de diamètre du tronc (fig. 4b) qui présente une pente positive correspondant à un accroissement irréversible de diamètre (on retrouve d'autre part l'alternance dessèchement le matin, réhydratation l'après-midi).

2) Sécheresse légère : une faible croissance est encore possible

Au fur et à mesure que l'état hydrique des tissus de l'arbre se dégrade, la croissance en diamètre est réduite : la pente générale des variations de diamètre est plus faible que précédemment.
A cette faible croissance correspondent des cernes étroits, ceux là même qui indiquent des années "sèches".

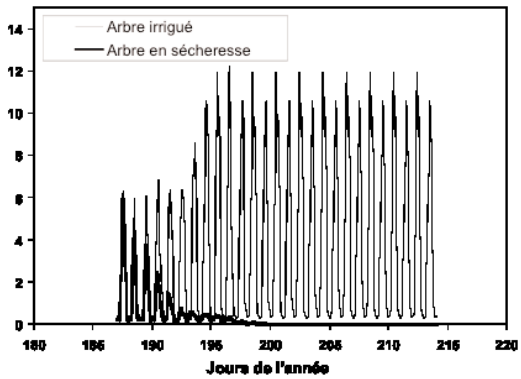


Figure 4a : transpiration journalière sur 10 jours de deux arbres semblables, placés côte à côte. L'un est irrigué (trait fin) l'autre non (gros trait).
Au départ les transpirations sont les mêmes ; mais au fur et à mesure que le sol (celui d'un gros conteneur) de l'arbre non irrigué se dessèche, sa transpiration chute et finit par s'annuler. Les chiffres correspondent aux jours de l'année.

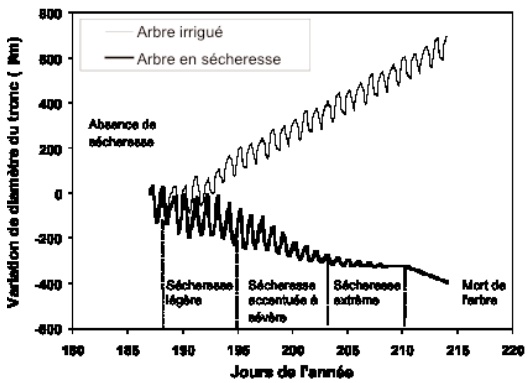


Figure 4b : variation journalière du diamètre du tronc des deux arbres précédents. Le tronc de l'arbre irrigué croît régulièrement. Les petites "vagues" journalières correspondent à l'alternance dessèchement le matin, réhydratation l'après midi et la nuit. Pour l'arbre "en sécheresse, très vite la croissance du tronc stagne (sécheresse légère) puis chute (sécheresse accentuée à sévère) jusqu'à la mort de l'arbre. Les alternances dessèchement-réhydratation journalières s'accentuent au départ (sécheresse légère) puis s'estompent de plus en plus au fur et à mesure que le tronc se dessèche, jusqu'à la mort de l'arbre.
D'après Améglio 1991.

Par contre les oscillations journalières sont plus marquées indiquant une plus grande mobilisation de réserves d'eau des tissus du tronc et des branches. De l'air commence à pénétrer dans les éléments xylémiens mais sans vraiment avoir d'incidence sur le transport de la sève. Cependant si cette embolie se développe et dépasse un certain seuil, un mécanisme de défense apparaît : les stomates se ferment. Du coup la transpiration diminue (fig. 4a), la tension dans les vaisseaux cesse de grandir et le développement de l'embolie est stoppée. Ce seuil est très variable selon les espèces.

3) Sécheresse accentuée à sévère : un dessèchement irréversible du feuillage se voit.

A partir d'un certain seuil de déshydratation, variable avec les espèces, l'appareil conducteur commence à s'emboliser. La croissance est stoppée, les stomates ont tendance à rester fermés, sauf parfois quelque temps le matin. Photosynthèse et transpiration chutent.
La pente générale des variations de diamètre est négative : les tissus profonds du tronc sont alors mis à contribution pour essayer de pallier à l'écart grandissant entre transpiration et absorption. Ils se dessèchent de plus en plus.
Quand l'embolie de l'appareil conducteur devient importante entraînant le dessèchement irréversible de parties plus ou moins importantes du feuillage, et que, corrélativement, les stomates se ferment complètement, on peut parler de sécheresse sévère.
Comme la transpiration est quasi nulle, les oscillations de variations de diamètre du tronc et des branches s'estompent complètement et leur pente générale s'approche de l'horizontale.

4) Sécheresse extrême : l'arbre en survie

Si les conditions de sécheresse climatique continuent, on peut atteindre un degré irréversible de déshydratation. L'embolie de l'appareil conducteur est très importante.
Les stomates sont constamment fermés. Durant la journée, lorsque le soleil "tape" avec de très hautes températures de l'air (ex : été 2003), la température des feuilles augmente de plusieurs degrés par rapport à ce qu'elle serait si les stomates restaient ouverts. C'est ainsi que les feuilles peuvent griller et tomber. L'arbre ne pouvant plus photosynthétiser, il puise donc dans ses réserves pour vivre, au moment même où il devrait, au contraire, les accroître pour passer l'hiver. Des rameaux se dessèchent irréversiblement. Il n'y a plus de variations de diamètre du tronc, qui s'est rétréci au maximum.
La limite de survie pour l'arbre est atteinte. Mais tant que le dessèchement des bourgeons et des racines n'est pas totalement irréversible, l'arbre demeure susceptible de repartir.

Bibliographie :

- Cruiziat P., Tyree M. 1990. *La montée de la sève dans les arbres.* La Recherche n°220, p 406-414.
- Cruiziat P. 2001. *Comment la sève monte-elle jusqu'au faîte des arbres ?* Arbres et Sciences, n°3, p 44-58
- Cruiziat P., Cochard H., Améglio T. 2003. *L'embolie des arbres.* Pour la Science, n°305, p 50-56
- Cruiziat P., Cochard H., Améglio T. 2002. *Hydraulic Architecture of trees : main concepts and results*. Ann. For. Sci. n°59, p 723-752
- Tyree M., Zimmermann M. 2002. *Xylem Structure and the Ascent of Sap. Springer series in wood science,* 2002

Pierre CRUIZIAT, Thierry AMEGLIO, Hervé COCHARD
INRA Unité Mixte de Recherche "PIAF" Clermont-Ferrand

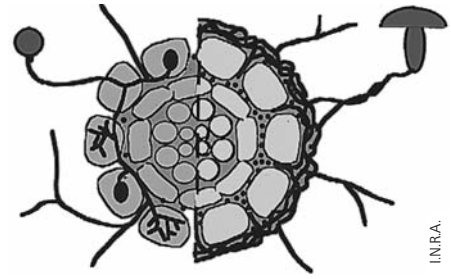
LES MYCORHIZES

INDISPENSABLES MAIS TROP SOUVENT IGNORÉES, LES MYCORHIZES ASSURENT LA NUTRITION DES ARBRES. TRÈS ABONDANTES EN MILIEU NATUREL, ELLES SONT BEAUCOUP PLUS RÉDUITES SUR LE SYSTÈME RACINAIRE DES ARBRES URBAINS.

Biologie

I.N.R.A.

Ectomycorhize



I.N.R.A.

Endomycorhize - ectomycorhize

Toutes les plantes vivent en association avec les champignons. Les organes mixtes, formés par l'association des racines et des champignons, sont appelés mycorhizes (du grec "mukès" signifiant champignon et "rhiza" signifiant racine). Cette association à bénéfices mutuels (symbiose) entre les racines et des champignons permet le transfert du carbone de la plante vers le champignon et le passage de l'eau et des éléments minéraux du champignon vers la plante.
Moins la fertilité est importante et plus la plante a besoin de ces champignons.
La diversité des mycorhizes est plus importante sur les sols acides.

Il existe deux types de mycorhizes : les **endomycorhizes** et les **ectomycorhizes.**

■ Pour les **endomycorhizes** le champignon est essentiellement à l'intérieur des cellules de la racine. Dans les cellules, des arbuscules très ramifiés favorisent les échanges, des vésicules stockent les lipides et à l'extérieur de la racine des hyphes explorent le sol. Ces champignons ne sont pas visibles à l'oeil nu.

■ Les **ectomycorhizes** ne se trouvent que sur les grandes essences forestières sociales des régions tempérées (Pinacées, Fagacées, Bétulacées, Salicacées) en association avec plusieurs centaines de champignons Ascomycètes et Basidiomycètes supérieurs (russules, bolets, lactaires, cortinaires, sclérodermes, chanterelles, truffes, bolets, ..., amanites, etc...). Le champignon enveloppe la racine dans un manteau, étale son mycélium dans le sol, et forme à l'intérieur des racines un réseau d'échange entre les cellules du cortex.

La mycorhization contrôlée

Il est possible d'inoculer artificiellement des espèces fongiques précises au contact du système racinaire pour assurer la mycorhization.

Les champignons ectomycorhizien peuvent être cultivés en laboratoire relativement facilement.
L'inoculum répandu dans le sol émet des filaments du champignon qui colonisent les racines et forment des mycorhizes.

Des jeunes plants forestiers mycorhizés (douglas notamment) sont commercialisés depuis plusieurs années par certaines pépinières forestières. Les plants sont inoculés en pépinière par du mycélium inclus dans des billes d'alginate de calcium.

Des expérimentations de mycorhization contrôlée ont été réalisées par l'INRA sur des arbres d'ornement en milieu urbain. L'inoculum, sous forme de culture mycélienne incorporée à un mélange tourbe-vermiculite, est mis au contact du système racinaire lors de la plantation.

Les arbres mycorhizés ont une meilleure reprise, une meilleure croissance pendant les premières années et leurs feuilles jaunissent et tombent plus tard.

Les arbres urbains souffrent souvent des sols compactés et appauvris dans lesquels ils ont du mal à se développer. Le "mulching", consistant à apporter en surface de la matière organique, améliore la qualité du sol en favorisant l'activité biologique et mycorhizienne.

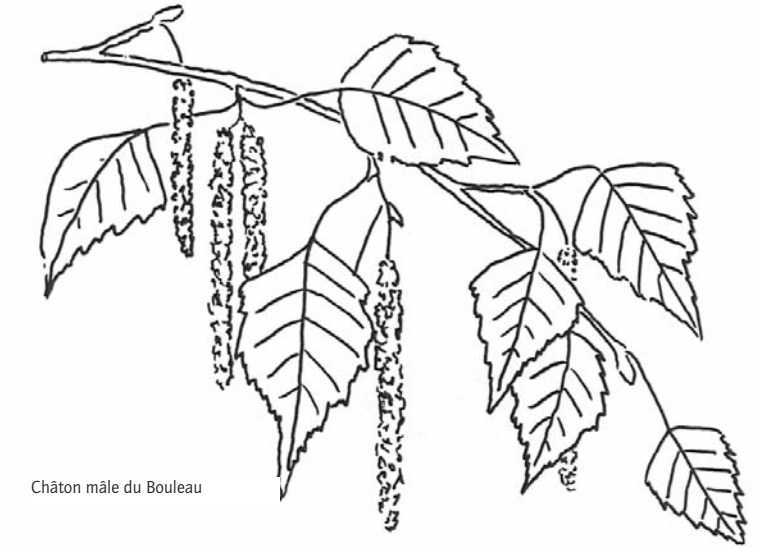
Bibliographie :

- "Champignons et mycorhizes en forêt"
  Numéro spécial 1997 de la Revue Forestière Française, coordonné par F. Le Tacon. 255pp.
- Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées.
  Editions Lavoisier (Paris), collection TEC&DOC, 1991. Coordonné par D. G. Strullu 250 pp.

Jean GARBAYE, I.N.R.A.
Augustin BONNARDOT, CAUE 77
Novembre 2003

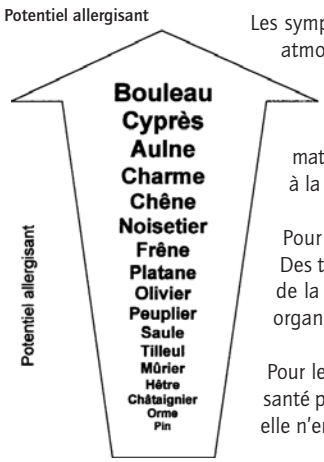
ARBRES A POLLEN ALLERGISANT

LES GRAINS DE POLLEN SONT LES GAMÈTES (ÉLÉMENTS FÉCONDANTS) MÂLES PROVENANT DES ÉTAMINES DES FLEURS. ILS ONT DES DIAMÈTRES COMPRIS ENTRE UN CENTIÈME ET UN DIXIÈME DE MILLIMÈTRE.
ILS SONT DISSÉMINÉS SUR DE GRANDES ÉTENDUES PAR LE VENT ET LES INSECTES.



Châton mâle du Bouleau

Certains pollens peuvent être responsables de réactions allergiques chez 10 à 20 % de la population. Ces pollens peuvent déclencher par inhalation des allergies plus ou moins forte selon l'espèce, les quantités et les périodes de l'année. Il peut s'agir de conjonctivite, de rhinite ou d'asthme.



Les symptômes ne se manifestent qu'en période de floraison. Ils sont accentués par la pollution atmosphérique et le tabac qui irritent les muqueuses des voies respiratoires et augmentent leur perméabilité aux allergènes.

L'organisme insensible à un pollen seul peut se révéler allergique à celui-ci lors de la consommation de certains aliments ; il s'agit "d'allergies croisées". (par exemple pollen de bouleau associé à la consommation de piment, poire, pomme, amande, carotte, cerise, noisette, pêche ou persil).

Pour avoir confirmation d'une allergie, il est nécessaire de consulter un spécialiste.
Des tests de différentes natures sont facilement réalisables. L'analyse des symptômes et surtout de la date de leur survenue, en regard des dosages polliniques atmosphériques réalisés par les organismes de santé, perme également un diagnostic fiable.

Pour le gestionnaire des arbres, il n'existe malheureusement pas de réponse efficace à ce souci de santé publique. La taille des arbres par exemple ne constitue pas une solution valable car d'une part elle n'empêche pas la floraison et d'autre part elle altère la vitalité de la plante.

Epoques de pollinisation en France

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
Noisetier							
Aulne							
Cyprès							
Peuplier							
Orme							
Saule							
Frêne							
Charme							
Bouleau							
Platane							
Hêtre							
Mûrier							
Chêne							
Pin							
Olivier							
Tilleul							
Chataignier							

Période de pollinisation intense

Période de pollinisation moins importante

Nota : il existe de légères variations de la période de pollinisation en fonction des régions et des années.

Adresse utile :
Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA)
Chemin des Gardes - BP 8
69610 SAINT DENIS L'ARGENTIERE
Tél. : 04 74 26 19 48 - Fax : 04 74 26 16 33 - rnsa@rnsa.asso.fr - www.rnsa.asso.fr

Augustin BONNARDOT
Mai 2004

ARBRES ET GRANDS ARBUSTES

TOXIQUES POUR L'HOMME ET LES ANIMAUX

LES INTOXICATIONS GRAVES, VOIRE MORTELLES, SUITE À L'INGESTION DE VÉGÉTAUX TOXIQUES SONT RELATIVEMENT RARES CHEZ L'HOMME, MAIS IL EST CEPENDANT NÉCESSAIRE DE FAIRE PREUVE DE VIGILANCE POUR PRÉVENIR LES ACCIDENTS.

Les très jeunes enfants portent naturellement à la bouche tout ce qui est dans leur environnement immédiat et peuvent être sujets à des intoxications. Les enfants plus âgés sont attirés par les baies de couleur et peuvent confondre (tout comme les adultes) des plantes toxiques avec des plantes comestibles.

La consommation des fruits se limite souvent à l'ingestion de la pulpe généralement inoffensive (abricot, pêche, prune, arille de l'if, mésocarpe du laurier-cerise...).
La graine toxique est soit crachée, soit avalée.
En cas d'ingestion sans mastication, la coque lignifiée (le noyau) qui protège la graine toxique n'est généralement pas brisée et les molécules toxiques ne sont ainsi pas en contact avec les parois digestives.

Les feuilles sont moins attrayantes pour l'homme (texture, goût). Il peut cependant y avoir confusion (par exemple les feuilles du laurier sauce peuvent être utilisées en cuisine alors que celles du laurier rose sont toxiques).

Les animaux d'élevage herbivores (équidés, bovins, ovins, caprins) sont plus facilement sujets à l'absorption de rameaux, feuilles, bourgeons, fleurs et fruits toxiques mis à leur portée (déchets de taille, tapis de neige recouvrant la pâture et contraignant les animaux à choisir d'autres végétaux, ...).
Les animaux domestiques (chiens, chats) peuvent aussi ingérer des parties de végétaux toxiques.
La gravité de l'intoxication alimentaire est liée à la puissance des agents toxiques contenus dans la plante mais aussi à la quantité de végétal absorbée.

Il est toujours nécessaire de consulter rapidement un médecin ou le centre antipoison en cas d'ingestion d'une partie d'un végétal toxique ou inconnu.

Au contact avec la peau, certains végétaux peuvent occasionner des dermatites.
Pour prévenir tout accident, les végétaux les plus toxiques ne doivent pas être plantés dans les sites destinés à accueillir des enfants, des déficients mentaux et des animaux d'élevage ou de compagnie.
Des panneaux d'information et de sensibilisation peuvent être mis en place sur les sites publics où des végétaux toxiques sont présents. Les enfants doivent être avertis du danger potentiel de certaines plantes.

Principales essences d'arbres et de grands arbustes d'extérieur présentant une toxicité (liste non exhaustive de végétaux présents en France).

- ***Acer rubrum*** **- Erable rouge**
  La consommation de feuilles sèches (branches tombées, déchets de taille) est mortelle.

- ***Aesculus hippocastanum*** **- Marronnier**
  Le marron contient des substances toxiques, il n'est pas consommable. Les fruits appelés de façon inappropriée "Marrons" en langage culinaire ("Marrons chauds", "Marrons glacés", "Dinde aux marrons" ...) sont en fait des châtaignes fruits du châtaignier (*Castanea sativa*).

- ***Buxus sempervirens*** **- Buis**
  Les rameaux contiennent des substances toxiques.

- ***Cotoneaster sp.***
  Les fruits ont une faible toxicité s'ils sont ingérés en petite quantité.

- ***Cupressus macrocarpa*** **- Cyprès de Lambert**
  La consommation du feuillage par les vaches en fin de gestation provoque des vêlages prématurés.

- ***Euonymus europaeus*** **- Fusain**
  Les graines renferment des substances toxiques.

- ***Fagus sylvatica*** **- Hêtre**
  La consommation excessive de faînes, de jeunes feuilles et de bourgeons peut provoquer des intoxications.

- ***Ginkgo biloba*** **- Arbre aux quarante écus**
  La pulpe des ovules fécondés peut occasionner des dermatites allergiques.
  Son odeur très désagréable et peu attrayante limite les contacts.

- ***Laburnum anagyroides*** **- Cytise**
  Les fleurs et les fruits sont toxiques. La vague ressemblance de la gousse de cytise avec le haricot peut inciter les enfants à les consommer. Ne pas faire de beignets avec ses fleurs (confusion possible avec le robinier faux acacia).

- ***Ligustrum vulgare*** **- Troène**
  Les fruits sont toxiques.

- ***Nerium oleander*** **- Laurier-rose**
  La feuille, la fleur, le fruit et le bois sont toxiques. L'eau et les aliments en contact avec le végétal sont contaminés, les fumées de végétaux brûlés sont toxiques.
  L'ingestion d'une partie de ce végétal peut être mortelle.

- ***Pinus ponderosa*** **- Pin jaune**
  La consommation d'aiguilles et bourgeons par les vaches en fin de gestation provoque des vêlages prématurés.

- ***Prunus armeniaca*** **- Abricotier ;** ***Prunus domestica*** **- Prunier ;** ***Prunus dulcis*** **- Amandier ;** ***Prunus persica*** **- Pêcher**
  La graine contenue dans le noyau lignifié renferme des substances toxiques qui peuvent, si l'amande est consommée, provoquer des intoxications graves parfois mortelles.

- ***Prunus laurocerasus*** **- Laurier-cerise**
  La feuille et la graine sont toxiques, la pulpe du fruit l'est très peu. La consommation de feuilles et la mastication des graines peut être mortelle.

- ***Pyracantha sp.***
  Les fruits sont peu toxiques s'ils sont ingérés en petites quantités.

- ***Quercus sp.*** **- Chêne**
  La consommation excessive de glands, de jeunes feuilles et de bourgeons peut provoquer des intoxications parfois mortelles.

- ***Robinia pseudoacacia*** **- Robinier faux acacia**
  L'écorce contient une substance toxique qui produit des troubles digestifs passagers lorsqu'elle est mâchée.

- ***Rhododendron sp.***
  Les feuilles, les fleurs et le nectar contiennent des molécules toxiques.
  Le miel provenant de sites où les rhododendrons sont abondants peut être toxiques.

- ***Sambucus sp.*** **- Sureaux**
  Les fruits verts provoquent des troubles digestifs.

- ***Sorbus aucuparia*** **- Sorbier des oiseaux**
  La consommation des baies peut provoquer des troubles digestifs.

- ***Taxus sp.*** **- If**
  Tout l'arbre (mise à part la partie charnue qui entoure la graine) contient des substances dont la consommation est mortelle.
  La partie charnue (arille) rouge entourant la graine peut être attrayante pour les jeunes enfants et sa saveur relativement douce n'est pas dissuasive.

- ***Thuja sp.*** **- Thuya**
  La consommation du feuillage toxique peut être mortelle.

- ***Viburnum sp.*** **- Viorne**
  Les fruits verts peuvent être laxatifs.

Adresses utiles :

- Centres antipoison
  www.centres-antipoison.net

- Centre antipoison d'Angers
  Tél. : 02 41 48 21 21
  C. H. R. U. - 4 rue Larrey - 49033 Angers Cedex 01
  Fax : 02 41 35 55 07
  centre-antipoison@chu-angers.fr

- Centre antipoison de Bordeaux
  Tél. : 05 56 96 40 80
  Hôpital Pellegrin-Tripode - Place Amélie Raba-Léon - 33076 Bordeaux Cedex
  Fax : 05 56 79 60 96
  cap33@chu-bordeaux.fr

- Centre antipoison de Lille
  Tél. : 0 825 812 822
  C. H. R. U. - 5, avenue Oscar Lambret - 59037 Lille Cedex
  Fax : 03 20 44 56 28
  cap@chru-lille.fr

- Centre antipoison de Lyon
  Tél. : 04 72 11 69 11
  Bât A 4e étage - 162 avenue Lacassagne
  69424 Lyon Cedex 03
  Fax : 04 72 11 69 85

- Centre antipoison de Marseille
  Tél : 04 91 75 25 25
  Hôpital Salvator - 249, bd Sainte Marguerite
  13274 Marseille Cedex 09
  Fax : 04 91 74 41 68
  cap-mrs@mail.ap-hm.fr

- Centre antipoison de Nancy
  Tél. : 03 83 32 36 36
  Hôpital central - 29, av. de Lattre de Tassigny
  54035 Nancy Cedex
  Fax : 03 83 85 26 15
  cap@chu-nancy.fr

- Centre antipoison de Paris
  Tél. : 01 40 05 48 48
  Hôpital F. Widal
  200, rue du faubourg Saint Denis
  75475 Paris Cedex 10
  Fax : 01 40 05 41 93
  cap.paris@lrb.ap-hop-paris.fr

- Centre antipoison de Rennes
  Tél. : 02 99 59 22 22
  Hôpital Pontchaillou - 2, rue le Guilloux
  35043 Rennes Cedex 09
  Fax : 02 99 28 42 30
  centre.antipoison@chu-rennes.fr

- Centre antipoison de Strasbourg
  Tél. : 03 88 37 37 37
  Hôpitaux universitaires - 1, place de l'Hôpital
  BP 426 - 67091 Strasbourg Cedex
  Fax : 03 88 11 63 77

- Centre antipoison de Toulouse
  Tél. : 05 61 77 74 47
  Hôpital Purpan - Place du Dr Baylac
  31059 Toulouse Cedex
  Fax : 05 61 77 25 72

- Centre AntiPoison Animal de l'Ouest (CAPA)
  Tél. : 02 40 68 77 40
  Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes - B. P. 40706 - 44307 Nantes Cedex 03
  Fax : 02 40 68 77 42
  capaouest@vet-nantes.fr
  www.vet-nantes.fr/ENVN/urgences/capaouest.htm

- Centre de Documentation Toxicologique (ASITEST)
  Tél. : 01 40 05 43 35
  Hôpital Fernand Widal - 200, rue du Faubourg Saint Denis - 75475 Paris Cedex 10
  http://web.ccr.jussieu.fr/toxico/

Bibliographie :
Les informations citées dans cette fiche sont issues en grande partie de l'ouvrage :
- *Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'Homme et les Animaux,* Jean BRUNETON Editions Tec&Doc - 2001

La liste des végétaux cités et les informations contenues dans cette fiche ne sont pas exhaustive. Le CAUE 77, LA SFA et les auteurs de ce document ne sauraient être tenus responsables des intoxications causés par un végétal cité ou non dans ce document.

Augustin BONNARDOT
Mai 2004