



Pourquoi les feuilles tombent ?

Environnement - 20 novembre 2007



© Inra, A.H. Cain

Si nos lectures et enseignements de biologie nous ont laissé des images assez nettes de la formation de l'oeuf de poule ou de la métamorphose du têtard, il n'en est pas de même pour le fonctionnement de l'arbre, en particulier pour le phénomène de la chute des feuilles. Des chercheurs de l'Inra répondent à quelques questions courantes sur la physiologie de l'arbre et évoquent leurs travaux de recherche.

→ Lancer l'impression
→ Fermer cette fenêtre

Pourquoi les feuilles tombent ?

Par Hervé Cochard

Sous nos climats tempérés, à l'automne, les feuilles tombent. L'arbre s'adapte ainsi aux effets conjugués du froid et de la diminution de la durée du jour. Si l'on maintient un arbre en serre chaude, comme nous le faisons au laboratoire pour le noyer, il garde ses feuilles plus longtemps.



© Inra, A.H. Cain

Les signaux environnementaux (température et photopériode) déclenchent une série d'événements aboutissant à la chute des feuilles : sous l'action des basses températures, la chlorophylle et certaines protéines sont dégradées ce qui permet de recycler le carbone et l'azote de ces molécules sous forme de réserves de nutriments transférés au reste de l'arbre. La dégradation de la chlorophylle dévoile une palette de pigments à base de carotènes (orange), d'anthocyanines (pourpre), et de xanthophylles (jaune) qui donnent à l'automne ses si jolies couleurs...

Des enzymes et hormones végétales règlent ces processus.

Une zone d'abscission se forme à la base des feuilles, qui tombent sous l'effet de leur poids et du vent. Chez le chêne, les premiers gels se produisent avant la formation de la zone d'abscission et les feuilles se dessèchent complètement tout en restant sur l'arbre.

La chute des feuilles au sol permet de recycler les constituants de la matière végétale, dégradés par les microorganismes de l'humus et captés à nouveau par l'arbre.

La chute des feuilles en automne n'est pas une grande perte pour l'arbre d'une part parce que leur métabolisme est très ralenti par arrêt de la photosynthèse, d'autre part parce que leurs constituants sont recyclés et réutilisés par l'arbre.

Pourquoi l'arbre doit-il se protéger contre le froid ?

En cas de froid intense, les petits vaisseaux des feuilles peuvent geler. Les gaz dissous dans la sève forment alors des bulles d'air car ils sont très peu solubles dans la glace formée. Lors du dégel, ces bulles d'air grossissent et provoquent l'interruption de la circulation de sève. Ce phénomène est appelé embolie hivernale.

© Inra, A.H. Cain



L'autre problème est de protéger les cellules elles-même contre le gel. En effet, si l'intérieur des cellules gèle, il y a une dilatation et donc un risque d'éclatement de la cellule. De plus, les cristaux formés endommagent la machinerie cellulaire (organites, protéines,...). Pour prévenir ce risque, les cellules se déshydratent et produisent des substances cryoprotectrices (sucres, protéines) qui abaissent le point de congélation à l'intérieur de la cellule. Le résultat est visible, en tout cas mesurable, au niveau de l'écorce : les cellules se contractent, le diamètre de l'arbre diminue. Lors du dégel, l'arbre reprend son diamètre initial, le phénomène

est réversible.

Et les arbres à feuilles persistantes ?

Les arbres à feuilles persistantes sont moins sensibles au froid. Les conifères sont bien protégés contre le phénomène d'embolie hivernale car leurs aiguilles possèdent des éléments conducteurs (tracheïdes) très étroits où ne peuvent être piégées que des bulles d'air très petites. De plus, leur système photosynthétique est plus résistant au froid.

Cependant, chez toutes les espèces d'arbres, les feuilles ou aiguilles ont une durée de vie limitée et finissent par tomber. Le vieillissement naturel des feuilles est un processus complexe qui, comme chez l'homme, touche toutes les fonctions (photosynthèse, composition en pigments, assimilation des nutriments ...)

Y a-t-il une descente de sève avant la chute des feuilles ?

Il est faux de dire que la sève quitte les feuilles avant leur chute. Il n'y a pas de descente de sève. La sève reste dans les vaisseaux.

Dans un arbre, on distingue schématiquement deux circulations de sève en période feuillée : le mouvement ascendant de la sève brute des racines vers les feuilles qui passe par les vaisseaux et le mouvement descendant de la sève élaborée des feuilles vers les racines qui passe de cellules en cellules. La sève élaborée ne contient que 1% de la quantité d'eau véhiculée par la sève brute.

C'est l'aspiration de l'eau par les feuilles qui tire la sève brute jusqu'en haut de l'arbre. Les feuilles perdent de l'eau par transpiration à travers les stomates. L'arbre rejette ainsi dans l'atmosphère la presque totalité de l'eau qu'il puise dans le sol. Ses réserves d'eau sont très réduites.

Que se passe-t-il en cas de gel précoce, en automne ?

par Thierry Améglio

Normalement, en automne, l'arbre se prépare au froid : on dit qu'il s'endurcit. Dès la chute des feuilles, les réserves d'amidon stockées pendant l'été dans le bois et l'écorce sont progressivement transformées en sucres solubles, qui ont une fonction d'antigel. C'est au mois de janvier-février que l'arbre est le mieux préparé au gel. En cas de gel précoce, le tronc de l'arbre insuffisamment endurci peut présenter des zones de nécrose, comme on a pu l'observer récemment dans la hêtraie ardennaise.

Résistance chauffante utilisée dans les sacs de pollinisation pour éviter les dégâts de gel. © Inra, J.C. Bastien



De telles nécroses corticales sont également observées sur les arbres urbains et auraient pour origine des alternances gels - dégels localisées sur des arbres non encore endurcis au froid. C'est actuellement un souci majeur des gestionnaires de l'arbre en ville. On peut même se demander si la sélection par les pépiniéristes de spécimens ayant une croissance soutenue et prolongée, dans le but d'obtenir rapidement des arbres de grande taille pour ce marché très porteur de l'arbre urbain, n'est pas à l'origine de la fréquence de ces nécroses. En effet, ces arbres sont toujours en croissance à l'automne et dans ces conditions, ils ne se préparent pas au froid.

Si de plus, l'arbre a subi des stress pendant l'été précédent (sécheresse, défoliation due à un stress thermique ou attaques de chenilles) et que sa croissance a été affectée avec des réserves d'amidon amoindries, sa sensibilité au gel est renforcée. Ce scénario s'est produit lors de la canicule de 2003 (sécheresse et température élevée entraînant la chute précoce des feuilles) et pourrait se reproduire dans le contexte du réchauffement climatique puisque l'on prédit des déficits hydriques plus fréquents en été. Ainsi paradoxalement, le risque majeur pour la survie des arbres dans ces climats futurs pourrait être le froid.

Et en cas de gel tardif ?

Au printemps, les cellules de l'arbre sont plus sensibles au froid qu'en hiver, on parle de « dé-endurcissement ». Ce dernier est en partie lié à la réhydratation de tous les organes avant le débourrement (éclosion des feuilles et fleurs protégées jusque là par les écailles du bourgeon). A cette période, les conséquences du gel sur les jeunes organes en croissance sont importantes. En effet, les feuilles comme les fleurs ne sont pas des organes adaptés au froid.

Les gels tardifs marquent les esprits par leurs conséquences économiques directes sur la production fruitière de l'année. Ils sont néanmoins moins

problématiques pour la survie de l'arbre que les gels d'automne. En effet, des bourgeons latents végétatifs (sans fleur) peuvent à nouveau débourrer après ces premiers dommages. L'arbre doit alors puiser à nouveau dans ses réserves glucidiques pour faire croître ces nouvelles structures. Ainsi, seule la répétition des gels tardifs au printemps ou sur plusieurs années peut être fatale à l'arbre. Là encore, le changement climatique qui induit un débourrement plus précoce pourrait aggraver ce phénomène de sensibilité des arbres au gel tardif.

Hervé Cochard et Thierry Améglio travaillent dans l'UMR547 Physiologie intégrée de l'arbre fruitier et forestier, Inra-Université Clermont II, départements Environnement et agronomie et Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques

L'équipe de Thierry Améglio s'intéresse au phénomène d'endurcissement de l'arbre au gel, en liaison avec l'état de ses réserves glucidiques. Les chercheurs étudient sur le terrain les conséquences des sécheresses exceptionnelles de l'année 2003 et la capacité des arbres touchés (chênes, hêtres, noyers) à résister au gel. L'autre aspect de l'expérimentation consiste à reproduire ces phénomènes en conditions contrôlées : les chercheurs soumettent de jeunes noyers, cultivés en conteneurs, à des conditions différentes (stress hydrique, défoliation précoce) et étudient leur résistance à des gels provoqués.

Hervé Cochard étudie les transferts de sève dans la plante en particulier en cas de sécheresse.

Les feuilles peuvent-elles tomber en été ?

Par Nathalie Bréda

Lors de la canicule de 2003, on a observé des jaunissements et rougissements précoces des feuilles, des chutes de feuilles, de branches, de rameaux, de fruits. Cette année là, il y a eu la conjonction exceptionnelle de 2 contraintes : la sécheresse et la canicule, dont les effets se sont ajoutés.



© Inra, A.H. Cain

La sécheresse provoque une fermeture des stomates des feuilles pour limiter la transpiration. Du même coup, il n'y a plus d'entrée de CO₂, plus de photosynthèse, la croissance s'arrête. Pour entretenir ses cellules, l'arbre doit puiser sur ses réserves, alors qu'il devrait en constituer pour l'hiver. Une fois les stomates fermés, l'arbre entre dans une période de survie difficile. Si la sécheresse persiste, il continue à se déshydrater - certes, à un rythme plus lent, mais continu. Les feuilles peuvent griller au soleil. Si la sécheresse est trop sévère, il y peut y avoir des phénomènes d'embolie gazeuse, la régulation par les stomates étant insuffisante (1). Les feuilles ne reçoivent plus de sève et se dessèchent. Elles tombent, flétries, mais restent souvent vertes. La canicule produit quant à elle une dégradation de la chlorophylle, faisant apparaître des jaunissements et rougissements.

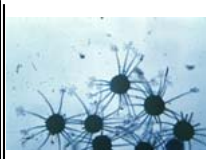


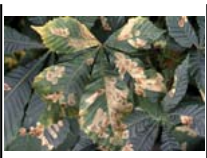
Quelles sont les conséquences pour l'arbre ?

Le jaunissement et la chute prématurés des feuilles ne sont pas forcément inquiétants car seuls les organes annuels sont touchés. Il s'agit d'une stratégie de protection de l'arbre contre le dessèchement. L'arbre survit tant qu'il reste des bourgeons vivants et que son système racinaire n'est pas desséché. Mais le sacrifice des feuilles entraîne un déficit d'accumulation des réserves. L'arbre sera plus sensible au gel pendant l'hiver et au printemps suivant, le débourrement pourra être retardé et le feuillage moins dense.

Les conséquences sont plus graves pour des arbres déjà affaiblis par des incidents précédents (tempête de 1999, excès d'eau des printemps 2000 et 2001, sécheresse de 1996). Les effets des accidents climatiques peuvent se manifester plus de 10 ans après.

Les jaunissements et chutes précoces de feuilles peuvent-ils avoir d'autres causes ?

Ces symptômes ne sont pas spécifiques et peuvent être provoqués par beaucoup d'autres causes phytosanitaires. C'est ainsi qu'en 2003, beaucoup de hêtres ont perdu leurs feuilles en été sous l'effet de la sécheresse, mais des rougissements intenses étaient provoqués par un charançon phyllophage (l'orchestre du hêtre). L'oidium provoque des brunissements des chênes, la mineuse le jaunissement des marronniers d'Inde, la graphiose le dessèchement de l'orme. Il convient donc de faire des diagnostics précis de l'état sanitaire des forêts.

			
Oïdium du chêne. © Inra, P. Bondoux	Oïdium sur pousse de chêne. © Inra, X. Capdevielle	<i>Cameraria ohridella</i> . © Inra, S. Augustin	Mines de <i>C. ohridella</i> sur feuilles de marronnier. © Inra, S. Augustin

Combien y-a-t-il de feuilles dans une forêt ?

A l'époque où les feuilles tombent et où certains envisagent de les ramasser, en ville ou dans leur jardin, on peut se demander quels sont le nombre et la surface de feuilles d'un arbre. Le niveau des échanges entre la forêt et l'atmosphère est proportionnel à la surface des feuilles : plus il y a de feuilles, plus la forêt consomme d'eau et fixe de carbone. Ce paramètre s'appelle l'indice de surface foliaire.



© Inra, A.H. Cain

Nous mesurons cette donnée en forêt : typiquement pour une forêt feuillue tempérée, il y a entre 5 et 9 ha de feuilles pour un hectare de forêt. La surface d'une feuille est de l'ordre de 15-20 cm² pour le tilleul, le charme ou le hêtre, de 30 cm² pour les chênes et peut atteindre 70 cm² pour le châtaignier. Ainsi, un petit chêne de 15 ans présente une surface foliaire de 15 à 20 m² soit entre 3000 et 5000 feuilles ! Et pour un hectare de forêt, il faut compter entre 30 à 45 millions de feuilles... Alors à vos brouettes et vos râtaux !

Nathalie Bréda, (UMR1137 Écologie et écophysiologie forestières, Inra-Université. Nancy I, département Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques) est experte en quantification et impact de la sécheresse sur les arbres, à l'échelle des peuplements forestiers. Elle s'emploie à observer les conséquences des stress sur la croissance des arbres pendant plusieurs années, afin de prévoir le dépérissement et de récolter le bois avant qu'il ne soit dégradé. Elle travaille en collaboration avec les forestiers pour gérer les essences en fonction du sol ou du climat.

(1) En cas de sécheresse, les feuilles perdent beaucoup d'eau par transpiration à travers les stomates et aspirent plus d'eau. On peut imaginer la colonne de sève dans un vaisseau comme une corde tirée vers le haut. Si l'aspiration augmente trop, « la corde » casse. De l'air présent dans des vaisseaux morts avoisinants pénètrent dans le vaisseau, provoquant un phénomène d'embolie. Il s'agit donc d'un mécanisme différent de l'embolie hivernale. Normalement, l'arbre réagit avant l'embolie en fermant ses stomates. Le phénomène d'embolie gazeuse est la principale cause de mortalité des parties terminales de l'arbre (pousses et racines) en cas de sécheresse.

Date de création : 14 Novembre 2007

Date de dernière mise à jour : 21 Novembre 2007

Siège : 147 rue de l'Université 75338 Paris Cedex 07 - tél : +33(0)1 42 75 90 00 | copyright © INRA 2005 | Crédits | Mentions légales