

Fédération Française de Bonsaï

LES BONSAI ET L'EAU

mémoire

Dominique MICHEL

05/09/2010

Approche du rôle de l'eau dans la physiologie végétale en vue d'une application pratique à la culture des bonsaï

La plupart des ouvrages consacrés à la culture des bonsaï insistent sur l'importance de l'arrosage. On y lit souvent que c'est sans doute l'élément le plus fondamental mais aussi que c'est également le plus difficile à maîtriser car de nombreux facteurs interviennent qui interdisent l'élaboration d'un guide précis sur l'arrosage.

L'amateur débutant n'est pas pour autant seul face à son problème. Les écrits dans les revues et dans les livres, les informations fournies dans les clubs par les amateurs plus expérimentés lui permettent de trouver des principes de base à respecter et des réponses aux questions les plus fréquentes.

Le rapport qui suit a pour seule ambition de mettre en relation des éléments de connaissance dispersés dans différents ouvrages. Il vise à faciliter la compréhension de la relation entre de ce que fait l'amateur et ce qui se passe dans l'arbre. Il n'a pas la prétention d'aboutir à un catalogue de règles applicables à chaque instant à tous les cas de figures.

L'objectif de ce dossier est donc de mettre en évidence l'importance de la présence de l'eau dans la vie des arbres à partir de la physiologie des végétaux puis d'identifier les facteurs qui influent sur les besoins en eau.

Cette analyse nous conduira ensuite à proposer quelques principes pratiques pour la culture des bonsaï.

Table des matières

Introductionp 5

Première partie :

PLACE DE L'EAU DANS LA PHYSIOLOGIE DE L'ARBREp 8

I- PRESENCE ET UTILITE DE L'EAUp 9

1- LOCALISATION DE L'EAU p 9

2- UTILITÉ DE L'EAUp 9

II- LES ECHANGES D'EAU AVEC LE MILIEU ENVIRONNANT p10

1- LA TRANSPIRATION p10

2- L'ABSORPTION DE L'EAU PAR LES RACINESp14

3- L'EQUILIBRE HYDRIQUE..... p17

Deuxième partie :

QUELQUES ENSEIGNEMENTS POUR LA CULTURE DES BONSAÏ.....p21

I- BIEN CHOISIR LES EMPLACEMENTS POUR FACILITER LE SUIVI.....p24

1- IDENTIFICATION DES BESOINS DES BONSAÏ DE LA COLLECTIONp24

2- L'AMENAGEMENT DE L'ESPACEp27

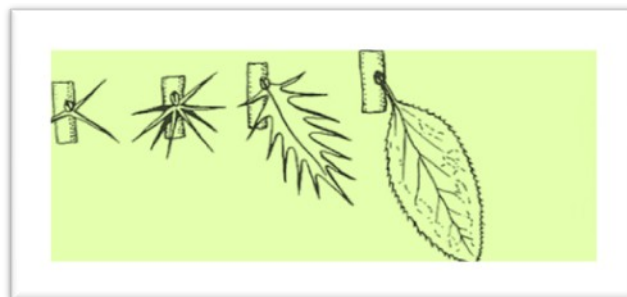
**II- LES APPORTS
D'EAU.....p29**

1- L'ARROSAGE	p29
2- L'EAU SOUS D'AUTRES FORMES ET SON IMPACT SUR NOS BONSAÏ	p38
Conclusion.....	p39
Bibliographie.....	p40

Dans la nature, les espèces végétales sont adaptées de façon génétique et héréditaire aux conditions d'environnement des stations où elles vivent. L'adaptation s'est faite progressivement. Il y a d'abord eu une sélection qui s'est effectuée par disparition des espèces incompatibles avec les conditions d'environnement de la zone concernée. Ensuite les espèces compatibles ont adapté certains de leurs organes pour répondre, entre autres, à la sécheresse ou à l'humidité, à la température de l'air et du sol de la zone de végétation.

Dans son milieu naturel, l'adaptation permet à l'arbre d'assurer seul son équilibre hydrique.

Si on transplante un arbre dans une zone présentant des caractéristiques très différentes, en particulier pour ce qui nous concerne sur le plan hydrique, il ne va pas s'adapter, l'adaptation supposant une transformation d'éléments fondamentaux de façon héréditaire. La plupart du temps l'arbre va mourir. Si les changements d'environnement ne sont pas trop marqués, l'arbre réussira à s'accommoder. Ainsi, les racines peuvent être plus longues pour chercher l'humidité plus loin ou les feuilles peuvent se modifier mais sans que cela modifie la physiologie de l'arbre.



Expérience de Lothelier, source R.Corenflot

Cette expérience montre que les épines de l'épine vinette cultivée dans une atmosphère de plus en plus saturée d'eau (de la gauche vers la droite) sont remplacées par des feuilles. Seuls les rameaux primaires gardent des épines. Mais l'épine vinette perd cette caractéristique quand elle est remise dans des conditions de végétation normales.

Si on se limite à la durée de vie d'un arbre, en excluant le travail des agronomes sur le plan génétique, c'est donc par l'adaptation des conditions de culture que les hommes parviennent à maintenir des espèces transplantées dans un environnement différent.

En revanche, on constate actuellement la présence d'espèces méditerranéennes dans des zones plus nordiques. Cela est dû à une évolution des conditions climatiques, pas à une modification des besoins des arbres.

La culture des bonsaï doit avant tout partir de ce constat. Sur le plan physiologique un bonsaï est un arbre qui présente les caractéristiques et les besoins de son espèce. Qu'il soit maintenu à une taille réduite ne modifie pas ses caractéristiques fondamentales.

En revanche tous les bonsaï se situent dans des conditions de vie différentes de celles qui constitueraient l'environnement de l'arbre dans la nature. Même s'il s'agit d'une espèce locale cultivée dans la zone de prélèvement, la culture en pot modifie déjà les données.

Au Japon, les professionnels sont en général spécialisés dans une espèce et bénéficient souvent d'une expérience héritée de plusieurs générations. Ils ont appris à bien connaître les besoins des bonsaï qu'ils cultivent ce qui ne les empêche pas de considérer l'arrosage comme une technique difficile à maîtriser.

Dans notre cas, la satisfaction des besoins en eau des bonsai est rendue plus complexe car nous devons tenir compte de plusieurs facteurs préalables:

- Nous nous intéressons à la culture des bonsai effectuée par un amateur.

Même s'il est expérimenté (ce qui n'a pas ici le même sens que pour un professionnel japonais) il n'a pas toujours la possibilité de surveiller en permanence l'état du sol. Son activité professionnelle peut l'éloigner durant la journée.

- Les collections des amateurs sont rarement spécialisées.

Elles peuvent comporter

- des arbres adultes et des arbres jeunes.
- des arbres de pépinières locales ou des yamadoris prélevés dans des zones géographiques à caractéristiques climatiques différentes entre elles et différentes de celles du lieu d'habitation de l'amateur.
- Arbre à des niveaux de développement en bonsaï également très différents.

Les amateurs expérimentés ont appris progressivement à exclure certaines espèces posant trop de problèmes ou se sont limités par choix mais ce n'est pas l'attitude première du débutant qui est plus boulimique. La meilleure façon de limiter les problèmes de maîtrise de l'équilibre hydrique pour nos bonsaï serait sans doute de commencer par s'interdire les arbres incompatibles avec l'endroit où on veut les cultiver mais ce mémoire se doit de partir de ce qui est, pas de ce qui serait idéal.

- Enfin les bonsaï sont installés dans un même lieu donc avec une uniformité qui met tous les arbres dans les mêmes conditions de culture.

Il importe donc de bien comprendre le fonctionnement physiologique pour recréer des conditions qui leur assurent les meilleures chances d'accommodation et compensent les déséquilibres provoqués par nos conditions de culture.

Dans ce but, nous commencerons par identifier où se trouve l'eau dans le végétal et à quoi elle sert. Ensuite nous analyserons la circulation de l'eau à l'intérieur de l'arbre.

L'arbre étant un système ouvert en relation permanente avec son environnement, les échanges d'eau avec le milieu sont très importants. Partant de la présence de l'eau dans le végétal à un moment donné, nous verrons ce qui peut provoquer une diminution de la quantité d'eau disponible puis comment l'arbre va reconstituer sa réserve. Contrairement à la pratique habituelle pour la description du bonsaï, nous ne commencerons pas par les racines pour terminer par les feuilles. Le mouvement de l'eau relevant largement de ce que l'on qualifie de « flux tirés », nous commencerons par les flux de sortie d'eau au niveau des feuilles avant d'aborder les flux d'entrée par les racines.

Dans un troisième temps nous aborderons la question de l'équilibre hydrique avant de passer aux enseignements pratiques pour l'arrosage et pour la création d'un milieu de culture favorable à un bon équilibre hydrique.

PREMIERE PARTIE

PLACE DE L'EAU DANS LA PHYSIOLOGIE DE L'ARBRE

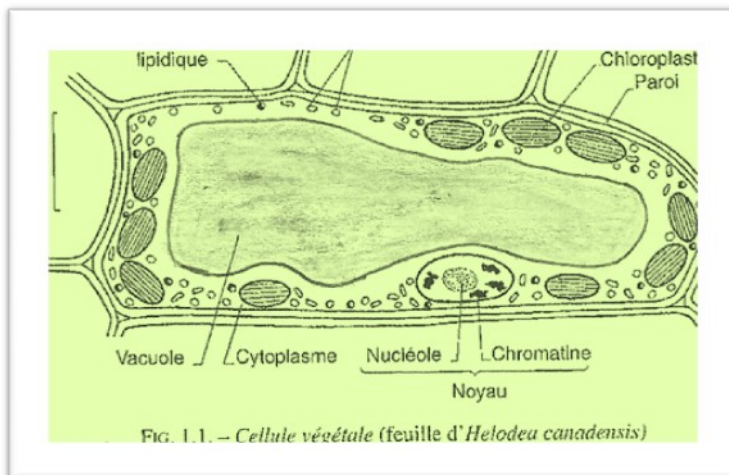
I- PRESENCE ET UTILITE DE L'EAU

1- LOCALISATION DE L'EAU

L'eau est présente dans toutes les parties de l'arbre mais cette présence n'est pas uniforme. Elle varie en fonction de l'organe et du stade de développement de celui-ci. On a l'habitude de considérer que l'eau représente entre 80 et 90% de la masse de l'arbre.

La teneur en eau, rapport entre eau et matière sèche, est en valeur moyenne de 100 % dans le tronc, 10% dans les graines, 150% dans une feuille (type pommier) mais 2000% pour des racines jeunes.

Dans les cellules, l'eau se situe essentiellement dans la vacuole qui peut occuper jusqu'à 95% du volume total de la cellule. Le cythoplasme est également très hydraté. Quand la cellule est jeune elle peut contenir jusqu'à 2000% d'eau par rapport à la matière sèche ce qui va progressivement se réduire pour aller vers les valeurs moyennes.



Heller, Esnault, Lance

La vacuole est remplie d'une solution aqueuse colloïdale diluée. Elle peut se dilater ou se contracter sous l'influence des facteurs qui seront expliqués plus loin. Le volume d'eau contenu dans la vacuole peut alors varier de façon importante. C'est pratiquement la seule source d'eau disponible pour l'arbre ce qui permet déjà d'anticiper sur l'importance de son activité dans l'équilibre hydrique.

2- UTILITÉ DE L'EAU

⇒ *L'eau assure le port des végétaux*

Lorsque la vacuole est normalement hydratée, elle exerce une pression sur le cytoplasme (phénomène de turgescence) ce qui donne une certaine rigidité à la cellule. C'est la turgescence qui assure le port de toutes les parties non lignifiées de l'arbre. On constate facilement que les feuilles d'un arbre qui a soif pendent et semblent ramollies.

⇒ *L'eau a un pouvoir de dissolution des sels.*

Les sels minéraux sont indispensables à la vie des végétaux. Leur origine peut être naturelle, éléments résultant de la décomposition des feuilles, par ex., ce qui est rare pour les bonsaï car les substrats utilisés sont pauvres en éléments organiques. Par ailleurs les feuilles tombées et autres végétaux ne sont pas laissés sur le sol. Les minéraux peuvent également être apportés par l'homme sous forme solide ou liquide.

Comme ils ne sont pas disponibles pour l'arbre sous forme solide, ils doivent être dissous. L'eau est le seul élément ayant la capacité de dissoudre ces sels.

⇒ *L'eau assure le transport des éléments nutritifs dissous*

La solution absorbée par les racines gagne les vaisseaux par le cortex (passage par l'apoplasme et par le symplasme) et la stèle, en passant de vacuole en vacuole. Une fois dans les vaisseaux elle forme la sève brute, solution très diluée de sels minéraux et de quelques éléments organiques.

Progressivement, en montant dans l'arbre par le xylème, cette solution s'appauvrit en sels minéraux et se charge en éléments organiques. La montée dans les vaisseaux est expliquée par la poussée radiculaire (chez les espèces qui en ont une) mais surtout par l'effet pompe de la transpiration que nous verrons plus loin.

Quand elle atteint les feuilles, la sève brute se répartit dans les cellules. La plus grande partie de l'eau s'évapore et une faible partie redescend par le phloème sous forme de sève élaborée riche en substances organiques résultant de la photosynthèse.

⇒ *Enfin l'eau participe à la chaîne des réactions chimiques conduisant à la création de la matière organique*

Dans certaines réactions de transformation des sels minéraux la présence de l'eau est nécessaire.

II- LES ECHANGES D'EAU AVEC LE MILIEU ENVIRONNANT

1- LA TRANSPIRATION

La transpiration est le dégagement par l'arbre de vapeur d'eau dans l'air.

Remarque préalable : Contrairement à ce qui est souvent écrit, la transpiration ne vise pas à protéger l'arbre du réchauffement. Cette explication est actuellement rejetée par les scientifiques. Comme on le verra plus loin, quand il fait très chaud et sec, l'arbre bloque sa transpiration. S'il y a une réduction de la température environnante liée à la

transpiration, elle est minime à cause des mouvements d'air permanents qui écartent la vapeur d'eau dégagée.

La plus grande partie de l'eau absorbée par les racines est rejetée dans l'air par la transpiration. Il n'est pas possible connaître de façon précise quelle quantité d'eau est utilisée par la transpiration car cette activité est très variable.

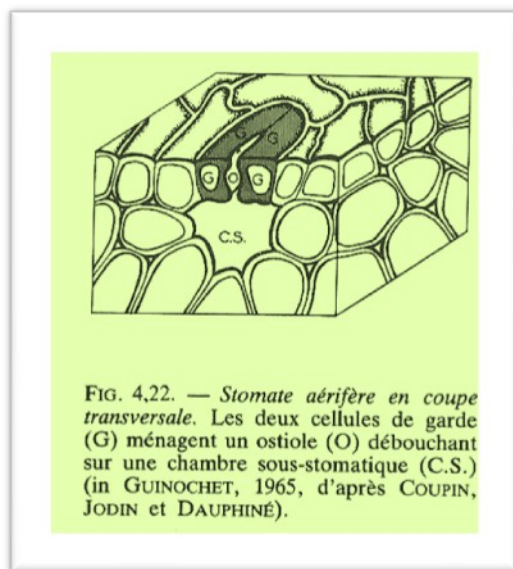
Nous allons donc regarder comment la transpiration se réalise et ce qui la fait varier.

A partir de ces informations, seule l'observation de nos propres bonsai dans leur environnement nous permettra d'évaluer à quelle intensité de transpiration ils sont soumis.

La transpiration intervient sous 3 formes. Elle se produit essentiellement par les feuilles mais aussi, dans une moindre mesure, au niveau des troncs des jeunes arbres.

⇒ *La transpiration stomatique*

C'est de loin la forme principale de transpiration. Elle se fait par l'intermédiaire des stomates situés essentiellement sur la face inférieure des feuilles. Les stomates comportent une ouverture, l'ostiole, qui a la particularité de s'ouvrir de façon variable (ouverture maximale 8 μm). La taille (longueur-largeur) de l'ostiole varie également selon les espèces ce qui peut aboutir, à ouverture maximale, à une surface ouverte allant de 0,3 à 3% de la surface transpirante de l'arbre.



R.Gorenflot

Le mécanisme d'ouverture et de fermeture des stomates résulte de l'écart de la pression osmotique (niveau de turgescence) à l'intérieur des cellules de garde et des cellules épidermiques.

Le mécanisme de base d'ouverture est directement lié à la présence de lumière. Dès l'apparition du jour les stomates s'ouvrent. Le rôle déclencheur de la lumière résulterait de l'augmentation de la pression osmotique des cellules de garde. Le phénomène inverse

se produit quand la lumière disparaît. Durant la nuit, la présence de CO₂ dans l'air contribue aussi à provoquer la fermeture des stomates.

Les stomates ne s'ouvrent donc que le jour, ce qui signifie que cette forme de transpiration s'arrête la nuit même si la température et la sécheresse de l'air restent élevées (nuit chaude d'été).

Tous nos bonsaï ne subissent pas de la même façon la transpiration stomatique. Toutes les espèces n'ont pas le même nombre de stomates ni la même disposition sur la feuille. Certaines ont des stomates sur les 2 faces de la feuille alors que d'autres en ont seulement sur la face inférieure (moins exposée aux rayonnements). En général les stomates de la face supérieure sont peu nombreux mais il ne faut pas négliger leur présence.

A titre d'exemple, on peut regarder la répartition sur quelques espèces que l'on trouve sous forme de bonsaï

Nombre de stomates par mm²

ESPECE	Face supérieure	Face inférieure
Peuplier	20	115
Houx	0	170
Pommier	0	300
Chêne rouvre	0	450

L'intensité de l'évaporation est en relation directe avec le nombre et la taille des stomates. Plus la masse foliaire est importante plus il y a de stomates, plus l'intensité de l'évaporation est élevée (augmentation de la surface transpirante).

⇒ *La transpiration cuticulaire*

La transpiration peut aussi intervenir par la cuticule des feuilles quand celle-ci est mince. Les bonsaï possédant des feuilles à cuticule épaisse (lierre, olivier...) n'ont pas de transpiration cuticulaire alors qu'elle est importante sur les espèces à cuticule fine (tilleul)

Observation des feuilles de tilleul (pour une surface transpirante de 40cm²)

	Nombre de stomates	Transpiration
Face supérieure	absence de stomate	200mg par 24h
Face inférieure	60 stomates	490mg par 24h.

Nous voyons qu'il y a transpiration par la face supérieure bien qu'elle soit dépourvue de stomates, ce qui est dû à la finesse de la cuticule qui laisse échapper l'eau. La transpiration cuticulaire continue même quand les stomates sont fermés.

L'épaisseur de la cuticule intervient pour isoler les cellules de l'extérieur. Si la cuticule est épaisse, la succion externe exercée par l'air sec est diminuée par cette protection. La succion interne exercée par les cellules permet de résister et donc de limiter la sortie de l'eau.

L'importance de la transpiration cuticulaire dépend des espèces et non des conditions d'environnement. En moyenne, la transpiration cuticulaire ne représente que 1/10^{ème} de la transpiration totale pour les arbres des régions tempérées mais elle peut aller jusqu'à 1/4 pour les plantes d'ombre et descendre à 1/50 pour les Cyprès, arbres de climats secs.

Dans la culture des bonsaï cette forme de transpiration est à prendre en compte

- pour le choix des espèces : Selon le climat local il y aura des espèces qui seront plus difficiles à maintenir. Ce n'est pas l'arbre qui va modifier son comportement. Les Acers palmatum, par exemple, sont des arbres à cuticule fine qui se déshydrateront rapidement quand le mistral souffle. Bien sûr, il est toujours possible de cultiver une espèce dans un milieu peu adapté mais cela supposera une installation de l'arbre et une organisation des apports en eau importants pour compenser l'inadaptation primitive.
- la gestion des emplacements : les arbres à feuilles à cuticule fine devront être placés dans des endroits ombragés et si possible à proximité de végétation naturelle, arbres ou arbustes, qui par sa propre transpiration (calcul : environ 200l/h en juillet pour un érable adulte, *Cunnings*) diminue la succion exercée par l'air sur l'eau des cellules des bonsaï.
- l'arrosage : La surveillance des besoins en eau sera plus importante, la transpiration cuticulaire continuant à se produire même dans une atmosphère très sèche en particulier durant les journées très chaudes de l'été. La sortie d'eau provoque un appel que les racines doivent pouvoir satisfaire.

⇒ *La transpiration lenticellaire*

Il s'agit de la transpiration qui s'effectue par les lenticelles situés sur les troncs des jeunes arbres. Elle peut être négligée dans la gestion d'une collection de bonsaï.

Elle sera cependant à prendre en compte au moment du repotage de jeunes arbres. Tant que la reprise d'activité n'est pas intervenue au niveau des radicelles, la transpiration lenticellaire peut provoquer la déshydratation de l'arbre d'où la nécessité de le protéger du soleil et de la sécheresse ambiante (coup de soleil printanier, montée

brutale de température dans une serre.....) Au besoin il faut vaporiser de l'eau sur le tronc.

Nous voyons que les éléments structurels des espèces conditionnent l'intensité de l'évaporation mais d'autres facteurs relatifs à l'environnement sont à prendre en compte. Ils seront abordés dans la partie consacrée à l'équilibre hydrique.

2- L'ABSORPTION DE L'EAU PAR LES RACINES

L'arbre est un système qui fonctionne à flux tiré et qui satisfait ses besoins par un pompage d'eau au moyen de ses racines.

Le sol est le lieu principal où l'arbre peut trouver l'eau dont il a besoin. Nous allons donc commencer par regarder ce qui se passe dans le sol.

2.1- Analyse des caractéristiques hydriques du sol

⇒ *La présence d'eau dans le substrat*

Actuellement les bonsaï sont principalement cultivés dans des substrats qui sont des mélanges réalisés par l'amateur qui recherche un bon équilibre dans la satisfaction des différents besoins de l'arbre. En effet, pour l'amateur, la disponibilité de l'eau n'est pas sa seule préoccupation. Dans le choix du substrat entrent en compte

- son pouvoir de rétention de l'eau
- son pouvoir de rétention de l'air
- sa morphologie
- la conservation de ses propriétés morphologiques et physiques dans le temps
- son pH (potentiel hydrogène).
- sa masse volumique.....

Le choix du substrat n'étant pas notre sujet direct nous nous contenterons de voir ici ce qui intervient sur la disponibilité de l'eau du sol.

Il ne suffit pas d'arroser pour que le bonsaï s'hydrate. Même si dans la pratique quotidienne nous ne nous posons pas de questions en permanence, cette pratique peut être éclairée par les travaux scientifiques

Le sol est constitué par :

- les particules solides qui déterminent sa structure. Nous savons que la nature et la granulométrie de ces particules déterminent la possibilité de circulation et de rétention de l'eau.
- les colloïdes, macromolécules hydrophiles minérales (ex. argile) ou organiques (humus), intervenant dans le processus d'alimentation hydrique.
- la « solution du sol », mélange d'eau et de substances dissoutes qui est directement accessible pour les racines (phase liquide).

- la phase gazeuse.

⇒ *Pouvoir de rétention d'eau du substrat*

Quand le sol est arrosé copieusement, une fois le ruissellement terminé, il reste une quantité d'eau qui constitue la capacité de rétention maximale. Après quelques heures, la quantité d'eau restante se stabilise et permet d'évaluer le pouvoir de rétention du sol (capacité du champ).

Des forces interviennent sur le pouvoir de rétention.

L'eau contenue dans le sol est liée aux autres constituants par 3 types de forces (osmotique, imbibition, capillarité) qui conditionnent sa disponibilité pour l'arbre.

FORCES		NATURE	EFFET
	Osmotique	Attraction exercée sur l'eau par les ions de la solution du sol	Rétention très faible (fraction de bar) => « eau libre »
Matricielle	Capillaire	Tensions superficielles retenant l'eau dans les interstices fins	Ne concerne qu'une faible partie de l'eau et ne gêne pas la plante
	Imbibition	Attractions électrostatiques entre les charges des colloïdes et de l'eau	Très variable selon hydratation du sol et nature des colloïdes. Peut être très élevée.

Sans entrer dans le détail de l'action de ces forces, il est établi que les forces osmotique et de capillarité ne posent pas de problème particulier pour l'hydratation de l'arbre quand le sol est correctement irrigué. En revanche, quand le sol s'assèche la rétention exercée s'élève (10 à 20 bar).

L'action des forces d'imbibition est beaucoup plus marquée. Elles dépendent des colloïdes. Dans les sols riches en argile ou en humus la pression est élevée. La rétention peut atteindre plusieurs centaines de bars quand le sol s'assèche rendant l'eau inaccessible à l'arbre. Heureusement, les substrats utilisés pour la culture des bonsaï n'ont pas des taux d'argile ou d'humus pouvant conduire à ces pressions extrêmes, sauf certains bonsaï du commerce .

⇒ *Notions de potentiel hydrique*

« Le potentiel hydrique d'un sol est égal, mais de signe opposé, à l'énergie qu'il faut lui appliquer pour en libérer un gramme d'eau. »

C'est toujours une valeur négative. Quand le sol s'assèche les liaisons entre les éléments augmentent, abaissant ainsi le potentiel hydrique.

L'attraction exercée par le sol sur l'eau est dénommée succion ou DPD (déficit de pression de diffusion).

Lorsque le sol est asséché la succion est très élevée. Dans une telle situation, si on arrose, le sol va exercer une attraction très forte sur l'eau versée de façon à rétablir son propre

équilibre. L'eau versée ne sera disponible pour l'arbre qu'après diminution de la succion (DPD).

C'est ce qui conduit à conseiller d'arroser en 2 temps un bonsaï dont le substrat est « entièrement » desséché. Sachant qu'une partie de l'eau va s'écouler directement, le premier arrosage va seulement permettre au sol de s'irriguer et au potentiel hydrique de remonter. Le deuxième arrosage, un peu plus tard, pourra profiter à l'arbre. Il serait dangereux de penser qu'un seul arrosage très copieux résoudrait le problème car il faut du temps pour que l'hydratation du sol se fasse suffisamment.

⇒ *Le point de flétrissement permanent*

C'est le seuil d'humidité du sol en dessous duquel la plante se déshydrate de façon irréversible. Ce point ne varie pas d'un arbre à l'autre, si on se limite aux arbres indigènes. C'est une caractéristique du substrat.

L'écart entre pouvoir de rétention et point de flétrissement permanent constitue la quantité disponible pour la plante.

L'observation de différents sols montre une relation assez facile à mémoriser : la quantité disponible est environ la moitié de la capacité du champ.

Sol léger => capacité du champ assez faible => eau disponible = un tiers

Sol lourd => capacité du champ importante => eau disponible = deux tiers

Plus le sol est riche en colloïdes plus il faut l'arroser pour dépasser le point de flétrissement mais ensuite la quantité d'eau disponible étant plus importante on arrosera moins souvent.

2.2- Analyse de l'activité des racines

L'apport principal d'eau se fait par les poils absorbants situés à l'extrémité des racines. Il a lieu aussi par les parties non subérifiées des jeunes racines dont la zone apicale est entourée d'une phase humide qui régule les échanges d'eau. Les mycorhizes interviennent pour les espèces dont les racines sont dépourvues de poils absorbants.

Le passage de l'eau dans la racine résulte encore du jeu des pressions internes et externes.

La cellule exerce une succion (attraction exercée par la surface) qui est confrontée à la succion exercée par le sol. Chaque élément cherche à attirer l'eau qui va toujours migrer dans le sens des potentiels hydriques décroissants. Elle va du milieu le plus riche en eau vers celui qui l'est moins, sauf quand le sol atteint le point de flétrissement. Arrivé à cette limite, comme nous l'avons vu, le sol ne laisse plus partir l'eau.

Dans un sol correctement irrigué, l'arrosage reconstitue la partie d'eau disponible pour l'arbre. Si l'arrosage est fait avec une solution nutritive la concentration de cette solution est primordiale. Si la solution est trop concentrée, c'est le sol qui attirera l'eau des racines provoquant une déshydratation des cellules. D'où l'importance de respecter les

dosages préconisés et de ne pas sur-doser. En cas de surdosage accidentel, en intervenant rapidement, il est possible de réhydrater les cellules des racines en arrosant copieusement. La solution nutritive sera évacuée par les trous de drainage et remplacée par une solution beaucoup plus diluée (tout ne sera pas évacué.)

⇒ *Les facteurs intervenant sur l'absorption de l'eau par la racine*

- la pression osmotique au niveau des cellules des racines

Le suc vacuolaire exerce une succion supérieure à celle du sol ce qui conduit au pompage de l'eau jusqu'au point de turgescence de la vacuole. Au point de turgescence la paroi exerce une contre-pression qui stoppe l'entrée d'eau.

- La transpiration crée un appel vers le haut. L'eau captée au niveau des racines subit une tension vers le haut qui contribue à diminuer le gonflement des vacuoles et donc la contre-pression de la membrane. La transpiration étant l'élément majeur de sortie d'eau, les variations d'intensité de la transpiration modulent directement le pompage au niveau des racines.
- L'autre élément fondamental est le développement du feuillage. A partir du moment où les bourgeons entrent en activité, jusqu'à celui où le feuillage est bien développé, il y a une forte prolifération de cellules qui crée aussi un appel d'eau important puisqu'elles sont gorgées d'eau.
- L'état de la racine : Plus les racines du bonsaï sont ramifiées et saines et plus l'absorption de l'eau pourra se réaliser. Si les racines sont endommagées, manquent d'oxygène, sont pourries... les extrémités des radicelles risquent d'être dépourvues de poils absorbants vivants, le pompage ne se fera pas.

Il en résulte une première constatation. Après un rempotage accompagné de taille des racines l'arbre doit recréer de nouvelles radicelles qui seront porteuses de poils absorbants actifs. En attendant que cette reconstitution du capital « de pompage » se fasse, la capacité d'hydratation racinaire sera réduite. C'est ce qui conduit à conseiller de faire ces opérations de rempotage au moment où les besoins en eau sont limités.

D'une façon plus marginale, l'arbre peut aussi bénéficier de l'eau atmosphérique. Le brouillard et la rosée constituent la 2^{ème} source d'eau disponible pour l'arbre. Ils sont absorbés par les feuilles, d'autant plus que celles-ci ont subi un déficit hydrique. En cas de déshydratation cet apport peut aider à la survie de l'arbre.

3- L'EQUILIBRE HYDRIQUE

Quand toutes les cellules sont gorgées d'eau la plante est à son maximum hydrique (turgescence) mais c'est rarement le cas. En général, selon les variations de l'environnement, l'état hydrique varie sans cesse entre la turgescence et le seuil de flétrissement sans atteindre ces deux extrémités. L'arbre effectue en permanence un travail de rééquilibrage hydrique.

Actuellement les résultats des différents travaux scientifiques conduisent à confirmer que les stomates sont l'élément fondamental de gestion de l'équilibre hydrique.

Les facteurs climatiques conduisant à une modulation sont

⇒ *Le vent*

Il a pour effet de déplacer l'humidité qui s'était formée autour du bonsaï par la transpiration ce qui ré-assèche l'air environnant.

Dans le choix des emplacements pour une collection l'observation des courants d'air et la création de brise-vent peut aider à limiter les risques de déshydratation.

⇒ *La sécheresse et la température du sol*

La chaleur et l'humidité du substrat sont favorables à l'activité racinaire. A contrario, quand ces deux éléments diminuent, l'absorption de l'eau par les racines devient plus difficile. Quand le sol est à une température inférieure à 15°C le ralentissement de l'absorption peut provoquer un déséquilibre hydrique déclencheur de la fermeture des stomates. Cette situation peut se produire, au printemps, quand le pot du bonsaï est enterré et que les arbres démarrent. Le sol peut être encore froid malgré une montée de la température extérieure.

⇒ *La sécheresse et la température de l'air*

Les 2 paramètres température et sécheresse sont intimement liés puisqu'ils déterminent la notion d'humidité relative (degré hygrométrique). La même quantité d'eau dans de l'air à 10°C engendre une humidité relative plus élevée que dans de l'air à 30°C. Nous avons vu que l'évaporation résulte d'une compétition entre deux milieux (interne et externe) pour attirer l'eau disponible.

Dans les pays tempérés :

Plus la température s'élève

=> plus l'humidité relative de l'air baisse

=> plus l'air exerce une succion importante sur l'eau contenue dans les cellules de la feuille

=> plus la transpiration est importante.

En revanche, l'été 2009 a connu un mois d'août froid (températures diurnes inférieures à 10°C durablement dans l'est de la France) alors que les arbres étaient en pleine végétation. L'humidité relative de l'air s'est élevée réduisant la transpiration des arbres d'où un moindre besoin d'eau.

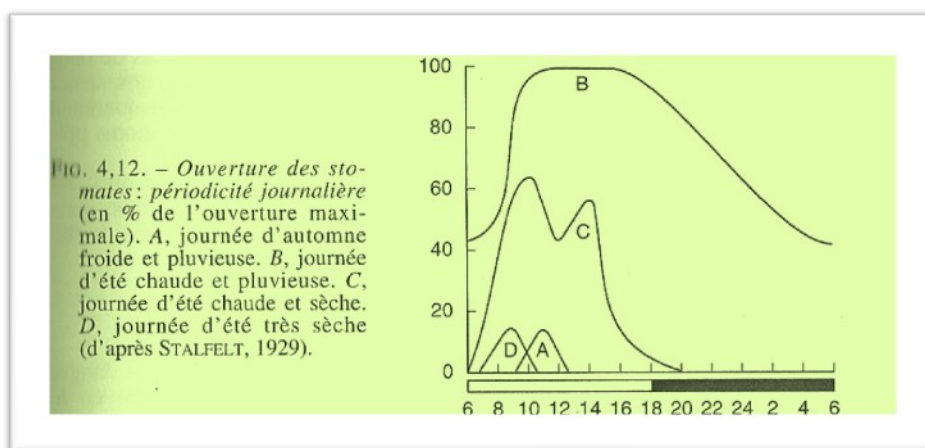
Contrairement à ce que l'on pourrait craindre, même en cas de très grande sécheresse de l'air, il ne peut pas attirer toute l'eau de la cellule végétale. Il y a 2 facteurs qui limitent la sortie d'eau.

- Quand l'évaporation importante conduit à atteindre un seuil de déficit hydrique déterminé (variable selon les végétaux) l'arbre réagit en fermant ses stomates. Mais si la cuticule est fine l'évaporation cuticulaire continue.
- Entre la surface des feuilles et l'air ambiant il y a une « couche limite », fine épaisseur composée d'un mélange d'air et de vapeur d'eau stable qui constitue une sorte de film protecteur empêchant la sortie de la vapeur d'eau de la feuille.

⇒ *Les cycles journaliers et saisonniers*

Tous les facteurs qui ont été abordés précédemment nous montrent que l'ouverture et la fermeture des stomates sont modulées par les influences extérieures. La variation joue sur 2 critères

- Le degré d'ouverture de l'ostiole qui régule la quantité d'eau sortante
- Le temps d'ouverture dans la journée.



Heller, Esnault, Lance

- Cycle journalier:

Les stomates s'ouvrent seulement quand il fait jour, avec une ouverture d'autant plus forte que la luminosité est importante. Dans la journée la fermeture intervient dès que le seuil de déséquilibre hydrique est atteint. L'arbre se protège en limitant ses sorties d'eau quand il ne peut pas les compenser par l'absorption au niveau des racines.

- Cycle annuel :

Le printemps est la période d'ouverture maximale des stomates surtout si la saison est « normale ». Bonne luminosité, températures du sol et de l'air modérées, humidité moyenne.... Les jours s'allongent donc l'amplitude de temps d'ouverture augmente en parallèle avec la reprise d'activité racinaire.

On obtient une situation comparable en début d'automne doux, avec inversion des évolutions (jours qui raccourcissent). La luminosité est souvent plus faible qu'au printemps d'où une ouverture moins marquée.

Quand on passe à des conditions plus extrêmes le temps d'ouverture se module fortement. L'ouverture est aussi faible en amplitude et en durée par temps froid et pluvieux que par temps chaud très sec !

Autre constat intéressant : les stomates réduisent naturellement leur ouverture pendant les heures les plus chaudes (12h-14h) des étés secs alors qu'elles s'ouvrent au maximum par temps humide.

En conclusion de cette première partie un constat s'impose. Dans la nature, les arbres ne disposent pas en permanence de conditions idéales d'hydratation mais leur adaptation physiologique leur permet de résister. Le jeu combiné de la transpiration et de l'absorption racinaire limite les déséquilibres et l'arbre se développe normalement.

Dans la culture des bonsaï nous ajoutons des contraintes à l'arbre mais nous pouvons aussi contribuer à son bon développement, en pleine santé, si nous nous appuyons sur cette connaissance du fonctionnement physiologique pour

- ⇒ Lui apporter ce qui est nécessaire sur le plan hydrique.
- ⇒ Ne pas agir en allant contre ses propres mécanismes de régulation.

DEUXIEME PARTIE

**QUELQUES ENSEIGNEMENTS POUR LA CULTURE DES
BONSAÏ**

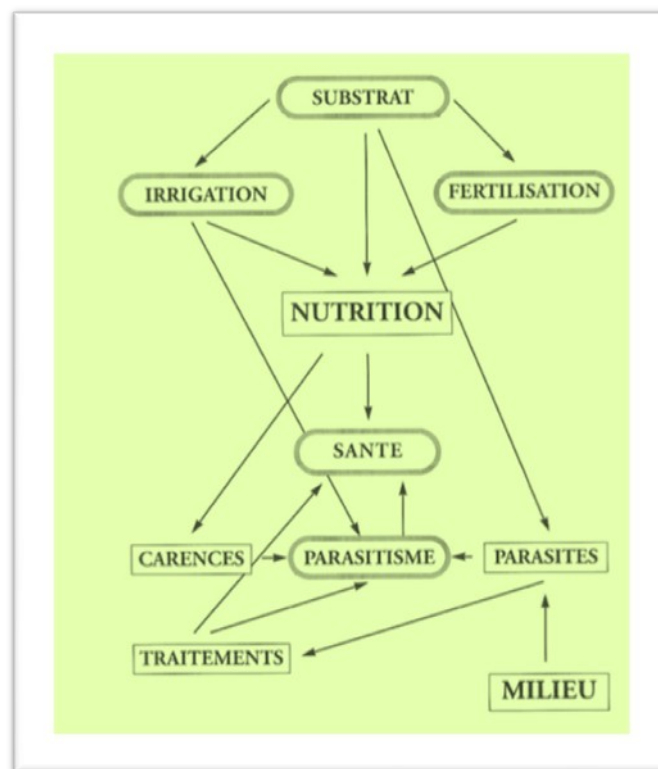
Bien gérer sa collection pour assurer un bon équilibre hydrique et une bonne santé à nos bonsaï passe par un travail préalable d'organisation de l'espace où ils sont présentés.

L'installation des arbres répond à un souci esthétique de mise en valeur de l'arbre mais aussi de création d'un espace agréable, source de plaisir, de détente voire de méditation. A cela s'ajoute parfois un souci plus pratique, parvenir à installer tous les arbres dans un espace limité.

Nous allons ajouter un troisième critère, la mise en place des arbres de façon à faciliter le suivi des besoins en eau et, plus particulièrement, les arrosages.

Avec l'étude de la physiologie de l'arbre nous avons déjà largement développé la façon dont il se procure et utilise l'eau pour satisfaire ses besoins et préserver son équilibre hydrique. Nous allons maintenant regarder d'une façon plus pratique comment nous pouvons intervenir.

Le fait de vivre dans un espace restreint rend le bonsaï entièrement tributaire du bon équilibre hydrique que l'amateur va savoir établir. Le schéma très connu de Joseph Somm met facilement en évidence toutes les interactions entre l'irrigation et la santé du bonsaï.



J. Somm

Tous les paramètres sont importants et le déséquilibre dans un domaine provoque directement ou favorise l'installation d'un déséquilibre dans un autre domaine, voire facilite l'arrivée des parasites et maladies.

⇒ *Effets possibles des excès d'eau*

- La pourriture des racines. L'arrivée d'eau permet de renouveler l'air qui se trouve dans le pot. L'air dégradé est chassé par le mouvement d'eau et remplacé par de l'air nouveau au fur et à mesure que l'eau excédentaire est évacuée par les trous de drainage. Si l'eau reste en trop grande quantité dans le substrat les racines s'asphyxient et pourrissent. Il faut faire attention à un bonsaï dont le sol reste anormalement humide.
- Le lessivage du sol. Les éléments nutritifs sont entraînés vers le fond du pot puis emportés par l'eau qui s'écoule hors du pot.
- La dégradation des substrats entraînant le tassement du sol. Selon la nature du substrat la dégradation peut être plus ou moins rapide mais la déstructuration progressive rend le substrat plus lié ce qui augmente la remontée capillaire. L'eau s'évapore plus vite en surface et le sol devient plus difficile à réhydrater.
- Le développement des champignons pathogènes et la présence des nématodes

Quelques exemples d'espèces craignant les excès d'eau : hêtres, genévriers, certains pins...

⇒ *Effets possibles du manque d'eau*

- La mort de l'arbre. Dans les cas extrêmes, mais moins rares pour des mame, s'il y a dépassement du « point de flétrissement permanent » de façon prolongée (déficit léthal).
- L'affaiblissement de l'arbre source d'une mauvaise croissance et d'une plus faible résistance aux maladies
- Le dessèchement des extrémités des feuilles puis des feuilles entières. Cette diminution de la surface d'évaporation disponible réduit la photosynthèse. Le préjudice est aussi esthétique.
- La chute des fruits

Quelques exemples d'espèces craignant le manque d'eau : cyprès chauve (très avide d'eau), potentille, érables japonais.....

⇒ *Effets de l'irrégularité dans les apports*

L'arbre aura du mal à assurer son équilibre. Dans la nature, il ne pleut pas tous les jours ni avec une périodicité régulière mais l'arbre peut développer ses racines pour puiser plus profondément dans le sol. Dans son pot il subira ce déséquilibre et cela se traduira par un mauvais développement et une plus forte vulnérabilité.

I- BIEN CHOISIR LES EMPLACEMENTS POUR FACILITER LE SUIVI

Pour assurer de façon satisfaisante l'équilibre hydrique de l'ensemble des bonsaï d'une collection il convient déjà de structurer l'approche de la question. Un temps d'analyse préalable conduisant à une bonne mise en place des arbres peut faire gagner du temps par la suite et éviter des problèmes. Tout ne se maîtrise pas mais les amateurs connaissent des déboires se traduisant parfois par la perte d'un arbre alors que cela aurait pu être évité.

Tout ce qui suit vise à aider l'amateur débutant à prendre en compte des facteurs auxquels il ne penserait peut-être pas spontanément. Face à un problème cela peut lui fournir des pistes pour trouver l'origine possible de ce dernier et la solution adaptée. Mais, de la même façon que l'on ne compare pas toutes les étiquettes des produits chaque fois qu'on veut faire un achat, on ne va pas réfléchir à tous ces points avant chaque arrosage !

Le bon sens, l'expérience et l'observation restent les meilleurs indicateurs des besoins de nos bonsaï.

Plusieurs facteurs interviennent pour choisir les regroupements d'arbres à effectuer. Ils sont présentés ici en partant des données les plus permanentes pour aller vers les plus ponctuelles.

1- IDENTIFICATION DES BESOINS DES BONSAÏ DE LA COLLECTION

1.1-Les données de base

Ce sont les invariants qui vont permettre de situer l'arbre dans un environnement précis.

⇒ *Le lieu où l'amateur réside*

Sauf déménagement, le propriétaire des arbres vit durablement dans un environnement qui possède ses caractéristiques propres.

- La région.

La France est un pays tempéré ce qui n'empêche pas d'avoir de très fortes différences climatiques entre le nord et le sud, les zones de plaine et de montagne etc. La proximité de la mer, en plus des vents porteurs de sel, peut aussi modifier le climat.

La prise en compte de ces caractéristiques peut sembler une évidence mais pour le débutant qui n'a parfois aucune expérience de culture antérieure, bien connaître le climat pour la vie quotidienne et pour la culture d'un bonsaï sont deux choses différentes. Il faut apprendre à observer les variations climatiques saisonnières (période et intensité du gel, de la pluie), regarder d'où viennent les vents (qui assèchent l'air)

- Le lieu précis d'habitation

- Jardin dans un lieu proche de la nature (campagne, montagne...), proximité d'arbres ou d'eau qui vont fournir une humidité naturelle qui peut être importante. Bonsaï qui seront aussi parfois plus exposés aux gelées et aux vents.
- Jardin en ville pouvant avoir de la verdure et de l'eau à proximité mais dans un environnement où le béton et le chauffage des habitations provoquent des accumulations de chaleur et diminuent les amplitudes jour-nuit.
- Balcon ou bord de fenêtre où le dessèchement peut être très rapide à cause de la réverbération de la chaleur contre les murs ou des courants d'air. Selon l'orientation, le bonsaï peut prendre les pluies de plein fouet ou ne jamais recevoir une goutte d'eau sans qu'il soit possible d'y changer quelque chose.
- La modularité de l'espace

Possibilité de disposer de plusieurs espaces à caractéristiques différentes ou pouvant être différenciées (ombre- soleil, exposition nord-sud, dégagé-protégé....) ou espace unique difficilement aménageable.

En prenant en compte ce premier facteur d'environnement l'amateur peut déjà mesurer sa capacité à accueillir dans sa collection un éventail plus ou moins large d'espèces. Est-il en mesure de créer l'environnement hydrique favorable aux espèces qui l'attirent, pourra t'il les faire vivre en pleine santé ?

Cela peut être aussi le rôle de l'animateur de club. Le débutant a des coups de cœur, il réagit aussi par rapport aux arbres travaillés par les autres au cours des séances. L'aider à choisir en fonction des caractéristiques de son lieu d'habitation peut lui éviter des déceptions futures.

Cette identification peut aussi le guider dans l'interprétation des articles traitant des besoins en eau car ces articles sont souvent situés. L'auteur ne peut jamais envisager tous les cas de figure. Il fait souvent référence au milieu dans lequel il vit. Un auteur japonais n'a pas le même vécu qu'un Canadien ou un Espagnol. En connaissant bien son propre milieu, l'amateur peut voir ce qui peut être directement applicable et ce qui doit être transposé à son propre cas.

⇒ *L'espèce*

Il s'agit du facteur le plus permanent car comme nous l'avons vu dans l'introduction, les besoins hydriques des arbres sont déterminés par leur espèce et l'arbre ne s'adapte pas à l'environnement en modifiant ses exigences. Les bonsaï gardent donc ces caractéristiques spécifiques d'où la nécessité de chercher à les identifier à chaque fois qu'une espèce nouvelle entre dans notre collection.

Quand on se procure un nouvel arbre (pas forcément déjà un bonsaï) c'est avec l'envie de partager le plus possible d'années avec lui. Bien connaître ses besoins dès le début augmente la probabilité que ce soit des années de plaisir et non de problèmes successifs à résoudre.

Beaucoup de choses peuvent être utiles à connaître mais, pour ce qui concerne notre sujet, nous nous limiterons à 4 éléments principaux

- L'identification de ses zones d'habitat naturel pour connaître la relation sol-pluviosité-température.
- La connaissance du type de structure racinaire de l'arbre dans la nature. Certains arbres ont une racine descendante, type pivot, adaptée à la recherche de l'eau dans la profondeur du sol. Ils développeront plus difficilement un système racinaire adapté à la culture en pot, souvent assez peu profond, que les arbres qui ont naturellement un système racinaire étalé. L'arrosage devra être adapté.
- L'observation du type de feuillage (cuticule) permet d'anticiper sur l'intensité de l'évaporation qui interviendra par temps sec et chaud. Ainsi nous pourrons prévoir quels seront les arbres à protéger pour réduire la transpiration ou à arroser plus pour compenser la perte hydrique.
- Pour être complet on pourra aussi rechercher les parasites et maladies auxquels il est sensible, ce qui permettra de mesurer sa fragilité et les risques encourus si on ne lui donne pas de bonnes conditions de végétation.

1.2-Les données évolutives

⇒ *La maturité de l'arbre*

Les arbres jeunes en phase de formation sont en pleine activité. Leur croissance se traduit par le développement de toutes les parties de l'arbre : tronc, ramification des branches, feuillage. Les besoins en eau seront élevés. A espèce identique, un arbre mature qui assure le renouvellement des cellules pour le maintien de son équilibre aura des besoins moindres.

⇒ *La nature et la structure du substrat*

- Le pouvoir de rétention de l'eau du substrat varie selon le mélange utilisé, sa granulométrie et la forme du pot. Tous les bonsaï n'auront donc pas la même quantité d'eau disponible et l'assèchement du sol ne se fera pas au même rythme (remontée d'eau par capillarité, surface évaporante, influence de la matière et de la couleur du pot sur le réchauffement interne...).
- Comme tous les arbres ne sont pas repotés tous les ans, il faudra aussi différencier ceux qui sont fraîchement repotés et ceux qui sont dans le même substrat depuis plus longtemps. La structure du substrat change progressivement (tassement, structure plus liée) et les racines occupent plus de place dans le sol, modifiant la capacité de réhydratation et de rétention d'eau.

⇒ *Le niveau d'activité de l'arbre*

L'arbre a un cycle d'activité annuel plus ou moins marqué selon qu'il s'agit d'un caduc ou d'un persistant. Les besoins en eau en dépendent directement. Nous aborderons ce point en détail avec l'arrosage.

⇒ *Son état de santé*

Malheureusement tous les bonsaï ne sont pas toujours au meilleur de leur forme. Les maladies, les carences..... influent sur l'état et l'activité des racelles ainsi que sur l'ensemble du métabolisme. Les apports d'eau doivent être adaptés pour ne pas accentuer le problème initial. Une surveillance rapprochée devient nécessaire, d'où la mise en place à un endroit où on ne risque pas de l'oublier.

Après un stress dû au repotage ou à une mise en forme le bonsaï peut avoir une période de déséquilibre (taille des racines, réduction du feuillage) dont il faut tenir compte en arrosant.

La liste des facteurs à prendre en compte pourrait sans doute être plus longue mais nous limiterons à ceux qui me semblent les principaux, chacun pouvant en rajouter d'autres. L'objectif est plus d'introduire une forme de raisonnement que d'être exhaustif.

L'idée est de répartir les arbres par groupes relativement comparables en termes de besoins en regardant sa propre collection sous l'angle de la gestion de l'équilibre hydrique, surtout en prévision des périodes de forte chaleur. De cette façon, en regroupant les bonsaï ayant les mêmes types d'exigences la surveillance des arrosages sera facilitée.

2- L'AMENAGEMENT DE L'ESPACE

Cela permet aussi d'aménager l'espace pour leur créer un environnement favorable.

A titre d'exemple nous pouvons aborder quelques moyens d'aider l'arbre à réduire ses pertes d'eau et en conséquence à nécessiter moins d'apports.

⇒ *Le bonsaï isolé*

Il est mis en valeur mais il subira une déshydratation plus forte par temps sec car l'humidité dégagée par la transpiration sera facilement éloignée par les mouvements d'air et il ne bénéficiera pas de l'humidité ambiante fournie par d'autres végétaux. Il est préférable de mettre à ces endroits des espèces ayant une faible évaporation (espèces de milieu naturel sec, feuillage à cuticule épaisse...).

⇒ *Les arbres sensibles à la sécheresse*

Les bonsaï sensibles (feuillage fin, substrat à faible rétention d'eau....) seront regroupés dans une zone ombragée, l'idéal étant l'ombrage naturel apporté par la présence d'arbres qui fournissent en même temps de l'humidité par leur propre transpiration. Une toile d'ombrage ne produit pas d'humidité comme un arbre mais elle diminue la température et l'intensité du rayonnement lumineux, deux facteurs qui contribuent à abaisser le point de saturation de l'air. La succion externe est diminuée ce qui réduit la transpiration et l'évaporation au niveau du substrat. En plus, en réduisant les mouvements d'air, elle conserve à proximité des bonsaï une partie de l'humidité provenant de la transpiration.

Les moyens de limiter la déshydratation sont connus.

- Les coupe-vent assurent une protection contre la déshydratation liée aux courants d'air et limitent la perte de l'humidité obtenue par évaporation ou arrosage.
- Les supports en bois absorbent une partie de l'eau déversée au moment de l'arrosage (ou de la pluie) et la restituent progressivement en augmentant l'humidité ambiante.
- Il est intéressant de placer les bonsaï sensibles à la déshydratation au-dessus d'une soucoupe remplie d'eau mais il ne faut pas faire tremper le pot dans l'eau (risque d'asphyxie et de pourriture des racines). Il existe quelques exceptions, comme le cyprès chauve, mais elles sont rares.
- Dans l'installation il est bon aussi penser à l'accessibilité de tous les pots et de toute la surface du sol, sinon les racines situées dans une partie cachée, mal arrosée, risquent de dépérir condamnant les branches qu'elles alimentaient.

Et surtout il ne faut pas oublier que la mise en place n'est pas immuable. Il ne faut pas hésiter à changer un bonsaï de place si l'endroit choisi ne lui convient plus (changements intervenus dans les facteurs cités plus hauts, observation de l'apparence de l'arbre et du sol...). L'évolution des saisons doit aussi nous guider. Un besoin d'ombre en été peut parfois se transformer en risque d'oïdium par temps très humide !

II- LES APPORTS D'EAU

Par l'installation des bonsaï dans un espace bien aménagé nous pouvons déjà l'aider à réduire la perte d'eau liée aux différentes formes de transpiration mais il ne pourra pas s'hydrater tout seul. Les apports d'eau restent le travail quotidien de l'amateur.

Le point fondamental concerne l'arrosage que nous verrons donc en premier. Mais l'eau est aussi en contact avec l'arbre sous d'autres formes. Nous les aborderons ensuite pour mesurer leur impact sur la culture des bonsaï.

1- L'ARROSAGE

⇒ *Quelle eau utiliser?*

L'eau apportée à nos bonsaï n'est pas de l'eau pure. On n'arrose pas à l'eau distillée ce qui serait rapidement catastrophique pour l'arbre. La provenance de l'eau est soit :

- Eau d'une source ou d'un puits

Il est nécessaire de savoir d'où l'eau provient car les éléments véhiculés par l'eau ne sont pas de même nature si le tracé de la source passe par des zones de forêts ou de culture intensive.

Si dans le premier cas une analyse préalable suffit pour vérifier qu'elle peut être utilisée pour l'arrosage, dans le second il faudra sûrement être plus vigilant.

Les apports saisonniers d'engrais, de pesticides dans les champs gagnent les nappes phréatiques et modifient les possibilités d'utilisation de l'eau. S'il s'agit de résidus d'engrais attention au cumul avec nos propres apports entraînant une augmentation de la concentration de la solution (qui peut conduire à une déshydratation des racines) et un déséquilibre des N-P-K fragilisant l'arbre. S'il s'agit de pesticides et autres désherbants chimiques mieux vaut ne pas utiliser l'eau tant que les résidus seront présents.

- Eau du robinet

Elle contient du chlore et des particules qui sont très variables selon les régions. Elle a souvent été déconseillée à cause du chlore. Mais cette eau propre à la consommation humaine est très surveillée avec des normes de plus en plus strictes à respecter ce qui en fait une eau aux caractéristiques régulières, souvent ne présentant pas d'inconvénient pour l'arrosage. Aucun problème majeur de croissance du bonsaï ne se produira à cause de l'arrosage à l'eau de ville. Pour obtenir l'évaporation du chlore et réduire le choc thermique il est toujours possible de stocker l'eau d'avance....selon le nombre d'arbres à arroser chaque jour.

En revanche, plusieurs données sont à prendre en compte même si elles n'ont aucun rapport avec la physiologie des bonsaï.

La praticité a un coût qui n'est pas négligeable quand il y a une collection importante à arroser en été.

Ensuite, l'utilisation de l'eau du robinet pose actuellement un problème d'ordre écologique et pratique. La prise de conscience de la rareté de l'eau conduit à une nouvelle gestion de l'eau et à des mesures de restriction. Prévoir une source d'arrosage uniquement à partir de l'eau de ville peut devenir critique au moment où les arbres en ont le plus besoin. Des limitations d'utilisation sont souvent mises en place par décret (ex : interdiction d'arroser entre 9h et 20h) pouvant aller jusqu'à des interdictions totales d'arrosage des espaces verts et plantations privées en cas de sécheresse prolongée.

D'un côté, c'est positif quand il s'agit de limitation d'horaire car cela oblige à attendre le soir ce qui permet une baisse de la température des pots et limite le choc thermique provoqué par l'eau du robinet. Il y a moins de risque ainsi de voir des bonsaï arrosés alors qu'ils sont encore en plein soleil.

D'un autre côté, il est plus difficile de faire face rapidement à un problème de déshydratation. Cela peut aussi devenir catastrophique en cas de grande sécheresse car l'interdiction peut être générale. Les situations exceptionnelles tendant à l'être de moins en moins à cause du dérèglement climatique, il vaut mieux anticiper surtout s'il y a beaucoup d'arbres à arroser. En revanche, quand il y a seulement 2 ou 3 bonsaï sur un balcon ou un bord de fenêtre personne ne fera attention.

Mais les décrets permettent la poursuite des arrosages s'il s'agit d'eau de récupération.

- Récupération d'eau de pluie

Actuellement la récupération d'eau est à la fois considérée comme la solution la plus écologique et la plus économique (pas de coût de traitement) pour tous les problèmes d'arrosage. Encore faut-il pouvoir en récupérer ! Il faut d'abord avoir une possibilité d'installer un récupérateur (éviter de percer la gouttière de l'immeuble sans autorisation) et ensuite stocker l'eau pour les périodes de sécheresse. Sauf posséder de grandes cuves, la réserve est souvent vite épuisée quand la sécheresse dure et qu'il y a

beaucoup de bonsaï à arroser. C'est justement à ce moment là que les décrets de limitation paraissent.

Il est souhaitable aussi de pouvoir contrôler la récupération. Après une période de sécheresse la première eau qui s'écoule des toits est fortement chargée en impuretés et résidus de pollution. Il faut laisser la pluie nettoyer le toit (ou avoir de bons filtres) sinon l'eau utilisée pour arroser risque d'apporter des éléments nocifs à l'arbre. La vérification du pH par du papier pH évitera de stocker l'eau des pluies acides.

Le stockage prolongé pour répondre à la demande des périodes sèches peut aussi conduire à avoir de l'eau plus ou moins croupie.

Pour ceux qui n'ont pas la chance d'avoir une rivière ou un puits à proximité la solution est souvent un mix entre eau de pluie récupérée et eau du robinet.

Dans ce qui précède la provenance de l'eau est évoquée dans ses caractéristiques générales.

⇒ *La question du pH*

L'eau distillée a un pH de 7 (pH neutre) mais celle que nous utilisons n'est pas distillée. Son pH peut être modifié par les éléments qu'elle transporte. De façon ponctuelle nous pouvons avoir les pluies acides (voire irradiées ?) que l'on ne peut pas éviter et qui déséquilibrent le pH du substrat si elles sont intenses.

Ce qui est préjudiciable à l'arbre ce sont les arrosages répétés avec une eau chargée.

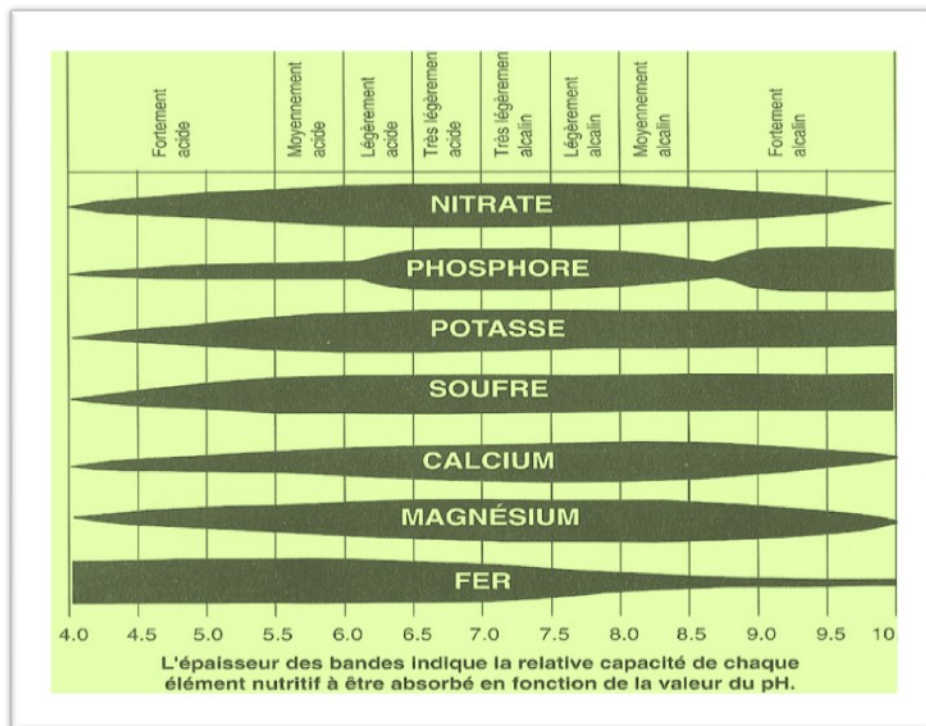
Nous avons évoqué le chlore de l'eau traitée mais ce n'est pas le seul problème.

Le cas le plus fréquent est l'eau chargée en calcaire. Selon la nature du sous-sol des zones de captage il peut y avoir plus ou moins de carbonate de calcium dissous dans l'eau. Cela concerne aussi bien l'eau puisée que l'eau du robinet, pas l'eau de pluie.

Les végétaux ne peuvent vivre que dans un sol dont le pH est compris entre pH 6.0 (acide) et pH 7.0 (alcalin), pH 6.5 étant l'optimum. Il y a cependant des espèces qui sont calcicoles (genévriers, buis) et apprécient un pH 7.0, voire un peu plus, d'autres sont calcifuges (pins, azalées) leur préférence allant vers un pH proche de 6.0.

Lorsque nous préparons le substrat nous l'adaptions à ces spécificités mais ensuite l'arrosage avec une eau calcaire modifie son pH. L'analyse de sol faite par M.Hansen au Texas avait révélé un pH monté à 7.5 – 8.0. C'est un cas extrême mais même à des niveaux plus limités la modification de pH provoquée par l'eau intervient sur la capacité de l'arbre à absorber les minéraux.

Une simple analyse de l'eau avec du papier réactif permet de mesurer la teneur locale. En cas d'eau calcaire des corrections de sol périodiques seront à prévoir. L'autre solution est d'utiliser l'eau de pluie le plus souvent possible en limitant l'usage de l'eau chargée en calcaire aux périodes de manque.



M. Hansen

⇒ *Comment et quand arroser ?*

Certains articles indiquent qu'en cas de forte chaleur sèche il faut arroser jusqu'à 3 fois par jour et ne pas hésiter à arroser un arbre qui donne des signes de déshydratation. En théorie c'est l'idéal mais dans la réalité ce n'est pas aussi simple. L'activité professionnelle, les règlementations limitent la pratique. Nous avons déjà vu comment limiter les risques de déshydratation, le besoin d'arrosage en pleine journée devrait donc heureusement être extrêmement rare.

Il est impossible d'indiquer la conduite à tenir pour chaque situation donc nous allons déjà rappeler les grands principes avant de voir quelques cas particuliers.

Rappelons que le besoin d'eau est induit par l'activité de l'arbre. L'arrosage s'adapte en fonction de cette dernière donc tous les arbres n'ont pas besoin des mêmes apports.

- Arrosage manuel ou automatique ?

L'observation de l'arbre et du substrat est le premier indicateur du besoin, ce qui plaide en faveur d'un arrosage manuel plutôt qu'automatisé. Nous avons vu l'importance de l'équilibre hydrique pour l'arbre et ce que cela implique comme adaptation pour l'arrosage. Il est difficile d'envisager de se décharger totalement de ce problème sur un système automatisé. L'arrosage est une activité contraignante, répétitive mais indissociable de la pratique de cet art. Si les apports sont bien maîtrisés le temps de

l'arrosage devient aussi celui de la satisfaction d'admirer des bonsaï en bonne santé, vigoureux.

Le bonsaï n'est pas seulement une création esthétique voire artistique. Si les contraintes ou le style de vie ne permettent pas de dégager le temps nécessaire à l'arrosage d'autres pratiques artistiques sont sans doute préférables.

Même hypersophistiqués (et coûteux) les systèmes d'arrosage automatique ne sont pas infailibles (panne, coupure de courant). Les plus courants arrosent de façon régulière tous les arbres, y compris ceux qui n'en auraient pas besoin, même s'il pleut, en revanche rien avant l'heure programmée.

C'est mieux que rien quand il n'y a pas de solution alternative, à réserver aux durées courtes (si personne ne peut venir arroser pendant une absence de week-end) mais à éviter si on part 1 mois en vacances ! Cela peut en revanche être pratique pour quelqu'un qui est présent et qui peut surveiller l'opération, couper le système s'il pleut, écarter les arbres qui ne sont pas à arroser.....

- A quelle fréquence arroser ?

Si dans d'autres domaines la notion de saison donne des indications précises sur les travaux à réaliser, c'est moins certain pour ce qui concerne l'arrosage. Il n'est pas possible d'adopter un comportement strictement lié à une saison. Actuellement on peut constater des pics de température en hiver suivis d'un retour immédiat du gel (2010). Il peut faire plus froid et plus humide en août qu'en mai (2009). Les changements brutaux étant de plus en plus fréquents nous tiendrons plus compte des conditions météorologiques et de l'activité de l'arbre à un moment donné que de la saison.

- Le repos hivernal

En période dite de repos hivernal les besoins en eau se différencient.

Pour les bonsaï à feuilles caduques, à partir du moment où les feuilles sont tombées jusqu'à l'ouverture des bourgeons il n'y a pas de transpiration sauf pour le cas spécifique de la transpiration lenticellaire. Les sorties d'eau sont alors fortement réduites. Il reste seulement les besoins liés à l'activité végétative. Arroser une fois par semaine peut suffire mais il faut surtout regarder l'état de la motte.

Pour les persistants la transpiration intervient toute l'année du fait de la possibilité d'ouverture des stomates. Il faut continuer d'arroser pratiquement toute l'année à un rythme qui peut-être de 2 à 3 fois par semaine (en respectant les limitations mentionnées pour les périodes de gel) et surveiller tout ce qui peut élever le niveau de saturation de l'air ambiant (élévation de température, vent). En effet si l'air ambiant devient relativement plus sec, la transpiration augmente.

Il faut être vigilant par rapport aux journées ensoleillées en hiver ou au printemps car, durant quelques heures, la chaleur peut monter très vite dans une serre, une véranda

voire même à l'extérieur. L'ouverture des stomates provoque alors une transpiration importante avec un risque de déshydratation de l'arbre s'il n'a pas été arrosé préalablement. Derrière des vitres, la montée de température étant souvent brutale, le déséquilibre hydrique risque de dépasser le seuil de tolérance avant que les mécanismes naturels de déclenchement de la fermeture des stomates interviennent. Comme cela se passe dans la journée c'est aussi le moment où l'amateur est sur son lieu de travail. Quand il rentre la température est redescendue (en hiver il peut déjà faire nuit) et le phénomène peut passer inaperçu, le feuillage d'un buis, par ex, ne marquant pas son manque d'eau comme le ferait un érable.

Ce risque est d'autant plus important pour les arbres pourvus d'un nombre important de stomates, mais aussi pour les feuillus qui débourent de façon précoce quand ils sont en serre. En revanche, les arbres adaptés aux hivers secs et ensoleillés ont en général des feuilles plus petites (ex : aiguilles), une cuticule épaisse et moins de stomates ce qui réduit l'impact des pics de température sans pour autant dispenser d'arrosage régulier.

- La reprise d'activité et le développement du feuillage

Cette période nécessite une surveillance particulière pour la gestion des arrosages en suivant bien toutes les manifestations de transformation de l'aspect de l'arbre. Dès qu'un signe de démarrage apparaît l'arrosage doit s'intensifier sans pour autant excéder les besoins.

Les besoins en eau sont très critiques au moment du développement des feuilles. Cela ne concerne pas seulement l'arrosage de printemps. Ce qui est valable au démarrage de la végétation est très comparable à ce qui se produit plus tard dans l'année après une défoliation, volontaire ou non.

Tout d'abord les bourgeons s'hydratent et grossissent. Les fleurs peuvent précéder les feuilles. Comme c'est une période où il n'y a pas encore de transpiration, l'effet pompe ne joue pas encore. C'est la poussée radiculaire qui assure la montée de l'eau. L'insuffisance d'eau disponible à ce moment crucial peut conduire au blocage et au dessèchement des bourgeons. La fréquence de l'arrosage augmente en étant très attentif à l'aspect du substrat, les différences entre les arbres pouvant être encore assez marquées.

Ensuite les feuilles apparaissent et se développent. Nous avons vu que les jeunes cellules ont un rapport eau/masse sèche extrêmement élevé. Les parois sont plus minces et la feuille sera très sensible à la déshydratation provoquée par la transpiration. Si le temps est sec c'est le moment où il faut commencer à arroser tous les jours.

- Le ralentissement de l'activité

Il intervient à des moments différents selon les espèces et les lieux. Avec la chute des feuilles et le ralentissement de l'activité les besoins en eau diminuent. Il faut espacer les arrosages. Dans certaines régions cela coïncide avec des périodes de forte pluviosité ce

qui amène à protéger les bonsaï contre l'excès d'eau de pluie que les racines ne peuvent pas utiliser.

- A quel moment arroser ?

Pendant les périodes d'activité de l'arbre les moments les plus efficaces sont le matin avant la montée de la température ou le soir quand les bonsaï ne sont plus exposés au soleil.

Si on arrose en plein soleil, la transpiration se déclenche par ouverture des stomates avant que l'eau puisée par le système racinaire ait eu le temps de monter dans l'arbre. Les feuilles grillent.

- L'arrosage du matin intervient sur un sol rafraîchi. Il convient bien aux arrosages des périodes où les nuits sont encore (ou déjà) très fraîches ou froides. L'évaporation au niveau du sol et l'utilisation de l'eau par l'arbre se feront dans la journée. Le matin, le bonsaï a de l'eau à sa disposition mais si la température monte, dans une ambiance sèche, l'évaporation sera rapide et l'eau restera moins longtemps présente.

Si le sol est très froid l'arrosage se fait en fin de matinée quand le substrat est réchauffé. Il a le temps de ressuyer avant la nuit et le gel éventuel.

- L'arrosage du soir, quand le soleil n'est plus sur les arbres, procure une humidité plus durable dans le pot et autour du pot. Il faut cependant attendre que le pot et le substrat aient eu le temps de refroidir un peu, sinon il faut d'abord arroser l'extérieur du pot avant le substrat. L'évaporation au niveau du substrat étant plus faible, il y a plus d'eau disponible pour le bonsaï. Par contre, si le temps change et que l'air ambiant est moins sec, avoir trop d'humidité la nuit peut favoriser les maladies ou les champignons pathogènes.

Les deux moments présentant des avantages et des inconvénients, trois options sont possibles

Arroser tous les arbres le matin ou le soir en modulant la quantité d'eau, en mouillant ou non le support, en fonction de la sensibilité de chacun à l'humidité ambiante. C'est évidemment plus facile à réaliser quand les arbres sont groupés selon les critères énoncés plus haut. La troisième option est d'arroser une partie des arbres le matin, une autre le soir, ce qui suppose une connaissance fine des réactions des arbres aux deux moments d'arrosage. En cas de grande sécheresse avec forte température arroser tout le monde matin et soir peut aussi s'avérer nécessaire.

Dans le cas le plus courant, il est plus simple de tout faire en une seule fois.

Par temps chaud et sec, quand le substrat est asséché, il est préférable d'arroser en deux temps. Comme nous l'avons vu plus haut, le premier apport permettra au substrat de se réhydrater, le deuxième fournira de l'eau disponible pour l'arbre.

La régularité est un facteur qui compte plus que le moment. Par temps sec et chaud, pas question d'arroser un jour le matin et le soir le lendemain. L'écart entre deux arrosages peut être fatal, le substrat trop asséché ayant atteint le point de flétrissement de façon parfois irréversible pour l'arbre. La modulation est en revanche possible en fonction des variations météorologiques.

Si un accident arrive il faut d'abord mettre l'arbre à l'ombre et attendre un petit peu pour que la température du substrat baisse, ensuite bien vaporiser sur l'ensemble du feuillage, des branches et du tronc. Dès que la température du substrat a diminué bien arroser, en deux fois. Normalement tout devrait rentrer dans l'ordre sinon l'arbre devra être gardé à l'ombre et surveillé jusqu'à ce qu'il ait refait des racelles actives.

- Faut-il arroser quand il pleut ?

La pluie en quantité suffisante remplace avantageusement un arrosage car l'eau de pluie est plus chargée en oxygène. Il faut cependant vérifier que tous les bonsaï ont bénéficié de la pluie (selon l'inclinaison de la pluie, la disposition des arbres) et qu'il y a eu assez d'eau pour hydrater toute la motte. Un feuillage dense peut faire écran au passage d'une pluie fine. Une averse ne dispense pas d'une tournée de vérification.

S'il pleut beaucoup et durablement la question est plutôt de protéger les racines pour éviter le pourrissement. Un sol très drainant réduit considérablement les risques mais il reste que certaines espèces, les pins par ex, ont besoin d'un ressuyage entre deux apports d'eau.

La solution d'incliner le pot est valable si on le fait soi-même, en inclinant des 2 côtés successivement pour faire sortir l'eau qui sera remplacée par de l'air (comment fait-on pour les pots lourds ou pour une grosse collection ?). Incliner le pot sur un côté en glissant une plaquette sous les pieds, comme c'est parfois indiqué, peut provoquer une stagnation d'eau dans une zone du pot préjudiciable aux racines qui s'y trouvent.

L'utilisation de « jupes » en plastique est une bonne solution pour empêcher de détremper le substrat. Il suffit que l'air continue de circuler.

Quand on dispose d'espaces protégés et bien aérés, on peut aussi mettre les arbres sensibles à l'abri.

- Arrosage au jet ou à l'arrosoir ?

On n'a pas toujours le choix. L'arrosage à l'arrosoir est souvent considéré comme préférable à condition d'avoir une pomme à trous fins. Cependant, les systèmes actuels fixés sur les tuyaux d'arrosage possèdent des réglages variés qui permettent de retrouver la même diffusion de l'eau que les pommes d'arrosoir.

Quand il y a peu de bonsaï l'arrosoir convient très bien. De plus il instaure une sorte de rituel associé à l'observation des arbres. En revanche, si la collection est importante ou le temps limité, c'est souvent le jet qui s'impose.

La différence vient plus de la température de l'eau à la sortie. Que ce soit avec un jet ou un arrosoir, si l'eau provient directement du robinet elle sera plus fraîche, voire froide que de l'eau préalablement stockée. Le réchauffement du substrat dans la journée est favorable à l'activité racinaire. Un choc thermique peut se produire si on arrose avec de l'eau froide tôt en fin de journée, quand le pot et le substrat sont encore trop chauds. Attention aussi au tuyau d'arrosage resté en plein soleil car l'eau sera très chaude !

- Peut-on tremper l'arbre pour arroser ?

Pour des bonsaï dont le substrat est bien adapté, le trempage n'est pas recommandé. Il est même déconseillé. Quand l'arbre est trempé dans l'eau, les échanges se font du milieu le plus concentré vers celui qui l'est moins ce qui signifie que les minéraux contenus dans la solution du sol vont migrer vers l'eau de la bassine. La solution du sol s'appauvrit en nutriments. Le trempage peut aussi contribuer à déstructurer le substrat.

Si on a un bonsaï importé avec une terre très compacte, difficile à réhydrater, le trempage est parfois le seul moyen d'apporter de l'eau.... en attendant le repotage.

- Faut-il vaporiser l'arbre ?

Combien de bonsaï offerts à des néophytes sont morts à cause de la recommandation de bien vaporiser figurant sur les « notices » d'accompagnement. Combien croient encore que cela remplace l'arrosage ?

La vaporisation légère sur le feuillage, comme elle est pratiquée par les néophytes, est trompeuse et de ce fait dangereuse. Elle apporte de l'humidité de façon très ponctuelle ce qui perturbe les mécanismes de régulation intervenant au niveau des stomates. Sa contribution à l'humidification de l'air ambiant est minime.

Si on vaporise il faut le faire de façon copieuse en mouillant suffisamment l'ensemble du feuillage (dessus et dessous) et le tronc. Il est cependant préférable de disposer les bonsaï sur des supports situés au-dessus de l'eau. La diffusion d'humidité se fait progressivement, selon l'hygrométrie ambiante, ce qui profite durablement à l'arbre.

En revanche bassiner l'arbre, ce qui ne veut pas dire tremper l'arbre dans une bassine mais arroser copieusement l'ensemble de l'arbre par le dessus, est bénéfique. Cela permet de nettoyer le feuillage, comme lorsqu'il pleut, ce qui améliore les échanges au niveau de la feuille (photosynthèse, transpiration) et débarrasse l'arbre de certains parasites. L'eau qui s'écoule humidifie aussi l'espace situé autour de l'arbre.

Cas particuliers :

La vaporisation est nécessaire, en complément d'un arrosage restreint, quand le système racinaire se trouve dans l'impossibilité d'assurer ses fonctions. Cela peut se produire, de façon temporaire, pour un arbre qui a subi une taille de racines au repotage ou en cas d'atteinte racinaire (pourriture ou maladie).

La vaporisation est aussi utilisée pour les apports d'engrais foliaire et les traitements.

2- L'EAU SOUS D'AUTRES FORMES ET SON IMPACT SUR NOS BONSAÏ

⇒ *La neige*

Elle joue un rôle protecteur car elle isole du froid (effet igloo). La présence de neige sur le sol et sur les rameaux permet aussi d'éviter la déshydratation complète de l'arbre. L'énergie dégagée par l'arbre fait fondre la neige qui est directement en contact et assure ainsi une légère hydratation. Il faut cependant se méfier car si la neige permet d'obtenir un affaissement des branches qui correspond de façon très naturelle à ce qui se produit dans la nature, elle peut aussi, comme dans la nature, casser une branche à cause de son poids. Il vaut mieux veiller à modérer l'épaisseur de la couche de neige plutôt que de courir le risque de perdre une branche.

⇒ *Le gel*

Le tronc et les bourgeons étant pauvres en eau ils ne craignent pas le gel, sauf espèces inadaptées. Le problème se rencontre plus au niveau des racines.

Normalement en période de repos, les colloïdes présents dans les vacuoles modifient le point de solidification de l'eau et limitent le risque de gel. Mais si le substrat est mouillé ou si le gel survient en période d'activité racinaire (gelées tardives de printemps) l'eau contenue dans les vacuoles peut geler et provoquer des dégâts irréversibles. C'est pourquoi il est recommandé d'arroser en fin de matinée et seulement dans la quantité nécessaire pour que le ressuyage soit fait avant le retour du gel. Les alternances prolongées de gel (la nuit) et dégel (dans la journée) sont particulièrement dangereuses. C'est pour cette raison qu'il est souvent recommandé d'enterrer ou de protéger la motte.

Si le gel dure il faut quand même trouver le moyen d'arroser de temps en temps pour éviter la déshydratation complète, quitte à arroser à l'eau tiède.

⇒ *La grêle*

C'est bien sûr de l'eau mais dont tout le monde se passerait facilement. Les glaçons n'ont aucun effet bénéfique pour l'arbre. La chute de glaçons parfois très gros va surtout trouer le feuillage et adieu le plaisir visuel pour l'année. Il ne reste plus qu'à faire une défoliation si c'est un arbre qui s'y prête et si le moment où c'est réalisable n'est pas passé ! Il est possible toutefois de limiter les dégâts en mettant à l'abri les arbres aux feuillages les plus fragiles (ou ceux qui doivent être exposés) à chaque alerte météo.

⇒ *Le brouillard et la rosée*

Dans les régions où le brouillard et la rosée sont importants de fines gouttelettes d'eau se déposent sur le feuillage et permettent une hydratation d'appoint. En excès le brouillard peut aussi favoriser le développement de champignons et de maladies.

En conclusion, que tirer de tout ce qui précède ?

L'obtention de l'équilibre hydrique si important est bien une question complexe puisque les facteurs influant sur son obtention sont nombreux et les interactions multiples. Mais ce n'est pas compliqué pour autant. Pour le niveau d'approche qui nous concerne, les mécanismes sont connus et clairement établis.

Pour la mise en pratique les choses sont différentes. Les actions sont relativement simples mais nous ne disposons pas des possibilités d'expérimentation des scientifiques pour mesurer leurs effets sur nos bonsaï. A partir de la connaissance de ce qui peut être fait, l'observation de la santé de nos arbres sera le meilleur guide pour nous dire ce qui doit être fait.

Quelques références bibliographiques (liste non exhaustive)

ESNAULT, R., HELLER, R., & LANCE, C. *PHYSIOLOGIE VEGETALE T1 Nutrition*. Masson.

GORENFLOT, R. *BIOLOGIE VEGETALE plantes supérieures T1 Appareil végétatif*. Masson.

GRANDJEAN, B. (1998). *La connaissance des bonsaï, 150 questions-réponses*. Edisud.

SOMM, J. (1998). *Vos bonsaï en pleine forme*. documents bonsaï.

TAVERNIER, R. (2006). *Enseigner la biologie et la géologie*. Bordas.

Articles de revues

Rédaction KINDAI BONSAI (2006, n°21). Arrosage: tout ce qu'il faut savoir. *Esprit Bonsaï*, pp. 18-26.

CHAMBA, J. (2007, n°31). Propriétés physiques des substrats. *Esprit Bonsaï*, pp. 61-67.

DELANOY, S. (2003, n°2). Arrosage: Eau, base de la vie. *Esprit Bonsaï*, pp. 47-48.

HANSEN. (1994/4). *pH, c'est quoi le problème?* France Bonsaï n° 20.

HOUETTE, F. (n° 7-8-9). Réussir sa terre. *Bulletin FFB*.

Rédaction (2005, n°51). L'arrosage pour débutants: pourquoi devons-nous arroser nos bonsaï. *France Bonsaï*, pp. 4-7.

Rédaction (2003, n°35). Le plus simple est le plus important. *France Bonsaï*, pp. 8-32.

MONTAGNE, A. (1995/4, n° 24). Les racines: bases physiologiques et botaniques. *France Bonsaï*, pp. 21-24.

PASCUAL, J. (2006, n°53). Le bonsaï et la terre: propriétés physiques des substrats. *France Bonsaï*, pp. 4-7.

PASCUAL, J. (2006, n°54). La terre et les bonsaï: propriétés chimiques des substrats. *France Bonsaï*, pp. 4-7.

PASCUAL, J. (2003, N°34). Physiologie végétale appliquée: l'eau. *France Bonsaï*, pp. 49-52.

PASCUAL, J. (2007, n° 59). Techniques pour la culture des bonsaï. *France Bonsaï*, pp. 6-9.

Rédaction (2008, n° 68). Manière d'arroser correctement les mini bonsaï. *France Bonsaï*, pp. 20-24.

SOMM, J. (2007, n°28). Exposition et arrosage. *Esprit Bonsaï*, pp. 4-5.

TSUSAKA, S. (1998, Décembre). Conseils pour améliorer la terre: du difficile ...au facile. *France Bonsaï*, pp. 5-9.

Glossaire

Adaptation : caractéristiques génétiques et héréditaires permettant à un organisme de vivre durablement dans un environnement donné.

Apoplasme : ensemble des parois, lacunes et méats en communication avec l'extérieur

Colloïdes : Macromolécules de nature minérale ou organique présentes dans le sol.

Cuticule : couche de cellules située à la surface de la feuille

Equilibre hydrique : Equilibre entre utilisations et arrivées d'eau au niveau de la cellule.

Potentiel hydrique : partant de la capacité d'un sol à se lier à l'eau, c'est l'énergie nécessaire pour libérer l'eau de ce sol.

Potentiel matriciel : partant de la capacité d'un sol à se lier à une solution, c'est l'énergie nécessaire pour libérer la solution de ce sol.

Pouvoir de rétention du sol : également dénommé capacité du champ ou humidité équivalente (sous entendu : humidité équivalente à la capacité du champ)

Solution aqueuse colloïdale : mélange d'eau et de colloïdes

Succion : action d'aspiration exercée par un milieu (cellule, air, sol..) sur un autre visant à obtenir ou à conserver un élément (ici l'eau).

Surface transpirante : surface totale de l'arbre susceptible de transpirer. Correspond à la surface représentée par la totalité du feuillage.

Symplasma : ensemble des cytoplasmes qui sont en continuité par la présence des plasmodesmes (points de communication intercellulaires)