

## La fisiologia i l'arquitectura radical

### Dr. Pierre Rimbault

Institut National d'Horticulture - INH, Angers (França)

Degut a què el sistema radical és invisible, la seva importància ha estat sempre infravalorada. Això no obstant, les arrels de les plantes vivaces poden desenvolupar-se durant diversos mesos sense la presència d'una tija, mentre que són rares les plantes (*Crassulaceae*, *Cactaceae*) les tiges de les quals poden sobreviure més d'uns quants dies sense arrels. Dedicar un congrés a les arrels no és pas un luxe: evitarà als paisatgistes nombrosos errors de concepció i als empresaris errors d'execució.

Las arrels són mal conegudes ja que són poc accessibles i, per tant, difícils d'estudiar. Però avui en dia en sabem el suficient per a millorar les tècniques de producció, de plantació i de gestió dels arbres, de la mateixa manera que la posada en obra i el manteniment dels sòls. Veurem successivament alguns aspectes de la fisiologia radical, la morfologia del sistema radical i finalment la influència de les tècniques culturals sobre el desenvolupament de les arrels.

### Alguns aspectes de la fisiologia radical

El medi edàfic i el funcionament estan estretament lligats.

#### Respiració

La respiració condiona totes les altres funcions. El proveïment d'oxigen no es realitza a través de la part aèria, sinó per absorció directa de l'aire contingut en la porositat del sòl. Per sota del 15% d'oxigen, l'absorció mineral decreix. Per sota del 12%, s'atura la formació de noves arrels. Per sota del 5%, deixa d'haver-hi creixement radical. Per sota de l'1% les arrels perden pes i moren.

El manteniment d'una forta microporositat general i la constitució d'una macroporositat vertical reaprovisionant els horitzons profunds, són la garantia d'un bon desenvolupament radical; la profunditat límit d'arrelament està generalment determinada per la taxa d'oxigen en el sòl.

#### Creixement i ramificació

Hem vist la influència de l'oxigen sobre el creixement. L'efecte de la temperatura sobre el creixement varia en funció de l'espècie, el nivell zero de creixement anant des de 4-5° per a la prunera (*Prunus*) fins a 16-18° per al taronger (*Citrus*). A les zones fredes, cal plantar les espècies exigents en calor bastant tard, a l'abril, el maig, fins i tot el juny.

Una baixada en la humitat del sòl, encara que sigui passatgera, a prop del punt de marciment, és suficient per a parar el creixement de manera durable i orientar la morfogènesi radical en vers al creixement secundari (en gruix). Cal per tant mantenir una taxa d'humitat suficient durant els anys següents a la plantació per a afavorir l'extensió de les arrels.

Tant la carència com l'excés en nitrogen alenteixen el creixement radical. El fòsfor i el potassi afavoreixen la divisió radical.

El diàmetre de les noves arrels està determinat des del seu naixement. Sembla dependre del proveïment d'oxigen i de glúcids dels meristems dels quals neixen.

La textura i l'estructura del sòl també intervenen. En sòls arenosos, les arrels són rectilínies i es ramifiquen poc. En sòls argilosos, són sinuoses i ramificades. La humitat, la matèria orgànica i particularment la torba són factors que potencien la ramificació. El creixement radical para en contacte amb l'aire, de la mateixa manera que: els sòls

entollats són desfavorables per al seu creixement. En la plantació és convenient un lleuger grau de compactació per assentament seguit d'un reg.

### Cabellera i carcassa radical

Correntment distingim entre la carcassa o esquelet i la cabellera. La carcassa està formada per arrels que tenen un gran diàmetre (d'un a més mil·límetres) des del seu naixement, les quals, després d'unes setmanes, desenvolupen una forta activitat cambial. Aquestes arrels, llenyoses i perennes, tenen les funcions de conducció i emmagatzematge de reserves i no estan micorrizades. La cabellera està formada per arrels de diàmetre molt petit (d'algunes dècimes de mil·límetre com a màxim) en l'origen i no presenten gens d'activitat cambial o molt poca, estan micorrizades i tenen una vida curta, de setmanes fins a alguns mesos. Compleixen una funció d'absorció. Existeixen arrels conductores intermèdies igualment caduques. Totes les arrels caduques es renoven una o més vegades a l'any, durant diversos anys, més o menys des dels mateixos punts de la carcassa. La seva descomposició contribueix fortament en el manteniment de la taxa de matèria orgànica en el sòl.

### Absorció i micorrizes

L'absorció depèn de la taxa d'oxigen, de la humitat i de la temperatura del sòl. L'arrel esgota el sòl en el seu entorn immediat molt més ràpidament que la capacitat de reaprovisionament per migració dels ions. L'arrel estén la seva zona d'exploració per creixement, però sobretot gràcies als fongs micorrizants que multipliquen per cent, àdhuc per mil, la superfície d'intercanvi amb el sòl. El fong es nodreix d'hidrats de carboni produïts per l'arrel, i ells a canvi aporten aigua i sals minerals. La micorrizació és sobretot eficaç en sòls pobres i secs, però en canvi pot ser inhibida o destruïda per excés de fertilització.

Existeix una sinèrgia entre l'absorció de nitrogen i la de fòsfor. En sòls pobres, és interessant associar aquests dos elements alhora de la fertilització.

### Excreció

L'arrel excreta els ions  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ , segons la natura i la quantitat d'ions absorbits, amb l'objectiu de conservar el seu equilibri electroquímic. D'aquesta manera, una fertilització nitrogenada basada en nitrats  $NO_3^-$  augmenta el pH del sòl, mentre que una fertilització basada en amoni  $NH_4^+$  l'acidifica. L'arrel excreta igualment diverses substàncies orgàniques, generalment àcids. Per tant influeix sobre el pH i sovint sobre l'estructura del sòl.

### Síntesi

En la majoria dels arbres, el nitrogen només s'envia massivament en forma mineral a la part aèria si la fertilització i l'absorció són excessives; en condicions normals, és l'arrel la que sintetitza una gran part dels aminoàcids que les fulles utilitzaran en la síntesi de proteïnes.

Els àpexs de les arrels en creixement, juntament amb les llavors, són el lloc de síntesi de les citoquinines. Aquestes substàncies de creixement, complementàries o antagòniques de les auxines sintetitzades pels àpexs de les tiges en creixement, són el veritable motor de la morfogènesi de les tiges.

### Posada en reserves

Els productes resultants de la fotosíntesi són emmagatzemats, principalment en forma de midó, en les parts perennes de l'arbre, en particular a la base del tronc, la soca i la base de les grans arrels. Aquestes reserves poden ser hidrolitzades per ésser utilitzades en el creixement aeri i radical, o transformades en polifenols, barreres químiques contra els insectes i fongs agressors.

El sistema radical no serveix només per a proveir la planta en aigua i per a fixar-la al terreny; apareix com la meitat complementària de la part aèria en totes les funcions de la planta.

### **La morfologia del sistema radical**

La morfologia del sistema radical és extremament important ja que condiciona una gran part del desenvolupament i del funcionament de l'arbre.

#### Arrels superficials i arrels profundes

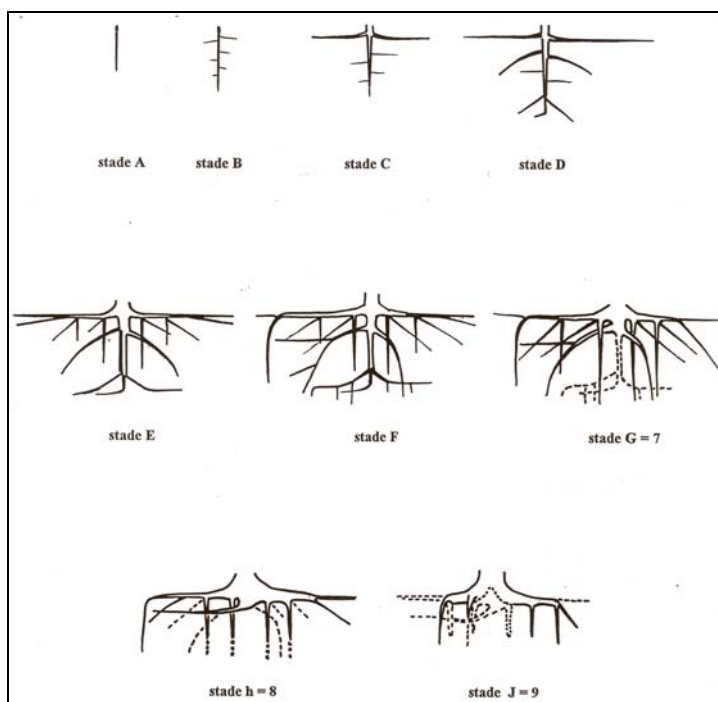
Ja hem fet una distinció morfològica i funcional entre cabellera i carcassa radicals. És útil distingir igualment les arrels horitzontals que colonitzen entre els 20 i els 50 primers centímetres del sòl i les arrels més profundes.

A vegades es pot desenvolupar sobre el sòl mineral un estatge d'arrels superficials, sota un llit de fulles en descomposició: bedoll (*Betula*), avet roig (*Picea*); però generalment les arrels superficials es desenvolupen en els primers horitzons minerals. Aquests estan airejats, són rics en matèria orgànica i en elements minerals. S'escalfen ràpidament durant la primavera però es refreden ràpidament a la tardor, són massa calents i secs a l'estiu i massa freds a l'hivern. Les arrels que poblen densament aquests horitzons tenen una activitat intensa d'absorció hidromineral a la primavera i a la tardor, assegurant l'essencial del creixement estacional i de les reserves. Les arrels profundes asseguren l'alimentació hídrica, i per tant la supervivència de la planta, a l'estiu i durant els períodes de glaçada. Algunes arrels profundes creixen i es ramifiquen cada any, però poden estar sense alimentar a la planta durant nombrosos anys.

#### Les arrels i l'ancoratge

L'estabilitat de l'arbre no depèn només de l'extensió de les arrels, sinó que també de la densitat de colonització i de la cohesió entre sòl i arrels. En cas de tempesta, les arrels s'extirpen fàcilment dels sòls poc cohesionats, com ara els arenosos o els entollats: l'arbre és arrencat encara que l'extensió radical sigui important. Per contra, si la cohesió entre sòl i arrels és forta, l'estabilitat de l'arbre depèn del conjunt arrels + sòl, i la massa a aixecar és llavors d'algunes desenes de tones. És el cas de sòls rocosos fissurats i ben colonitzats.

## Les fases de desenvolupament



En la majoria de les espècies, el sistema radical passa per les mateixes fases de desenvolupament:

Fase A- El creixement de l'arrel axonomorfa o pivotant continua durant algunes setmanes.

Fase B- Les arrels secundàries es desenvolupen sobre la pivotant que continua essent fortament dominant.

Fase C- Algunes arrels de la base de la pivotant, sovint també algunes arrels adventícies de la base del tronc, es desenvolupen ràpidament de forma horitzontal.

Fase D- Per diferents raons, l'arrel pivotant perd la seva dominància i es ramifica. Les arrels horitzontals i les noves arrels obliqües acceleren el seu creixement i formen totes elles el sistema fasciculat.

Fase E- Les arrels fasciculades emeten arrels verticals.

Fase F- Les ramificacions de la pivotant assoleixen la seva profunditat màxima. Són atrapades en profunditat per les ramificacions verticals del sistema fasciculat.

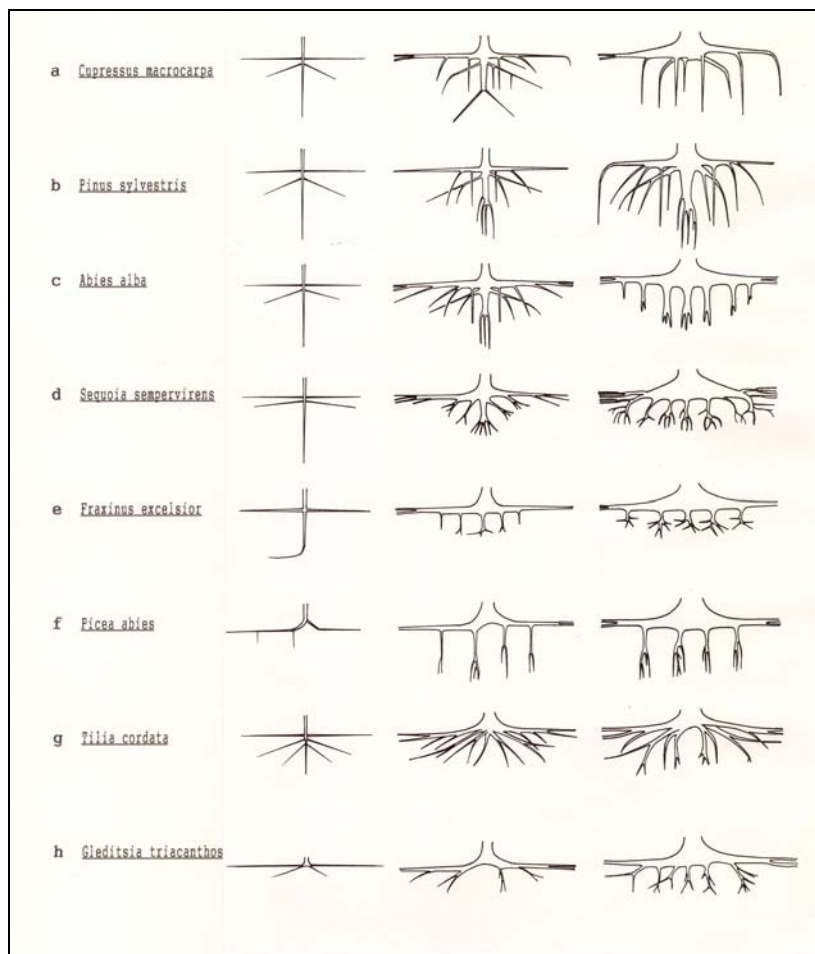
Fase G- L'arrel pivotant desapareix fisiològicament, i pot desaparèixer físicament. És reemplaçada per les nombroses arrels pivotants del sistema fasciculat. El sistema radical es troba en el seu apogeu, la part aèria assoleix la seva màxima extensió i densitat (fase aèria 7).

Fase H- Les arrels obliqües i les extremitats profundes de les arrels pivotants van morint progressivament. La cabellera ja no es renova tan intensament. El sistema radical torna a ser superficial, sensible a petites variacions ambientals, és massa feble per a mantenir la massa de la part aèria, per la qual cosa el creixement s'atura i després retrocedeix (fase aèria 8, inici fase 9).

Fase J- En alguns certs vells individus, el desenvolupament de noves branques molt vigoroses en proximitat del tronc (reiteracions totals) (final de la fase 9 i fase 10) reactiva certs sectors del cambium que indueixen al seu torn el desenvolupament de noves arrels a la base dels esquelets radicals, i fins i tot a la base del tronc. Paral·lelament a la reorganització de la part radical, l'arbre refà totalment o parcialment un nou sistema

radical en equilibri amb la part aèria. Molt sovint, l'arbre es compon de diversos conjunts tija-arrel fisiològicament independents.

### Diversitat d'arquitectures radicals



Existeixen variacions a partir d'aquest esquema general. En algunes espècies: sequoia (*Sequoia*) i avet (*Abies*), l'arrel pivotant, molt desenvolupada en les fases inicials, és progressivament substituïda per les pivotants secundàries del sistema fasciculat. La noguera europea (*Juglans regia*) i el pi roig (*Pinus sylvestris*), la pivotant pot mantenir-se important durant tota la vida de l'arbre. En l'avet roig (*Picea*) i el freixe (*Fraxinus*), al contrari, la pivotant es torna horitzontal molt ràpidament i conforma, amb dues o tres arrels adventícies en el coll, un sistema horitzontal que emet aviat pivotants secundàries. En els til·lers (*Tilia*), la pivotant té un desenvolupament feble i l'arbre desenvolupa ràpidament un sistema radical fasciculat molt potent que dura tota la vida de l'arbre.

La natura del sòl influeix fortament en la morfologia. Els sòls airejats i profunds afavoreixen l'expressió del desenvolupament-tipus, mentre que els sòls hidromorfs o superficials obliguen a l'arbre a desenvolupar precoçment un sistema radical horitzontal amb arrels verticals.

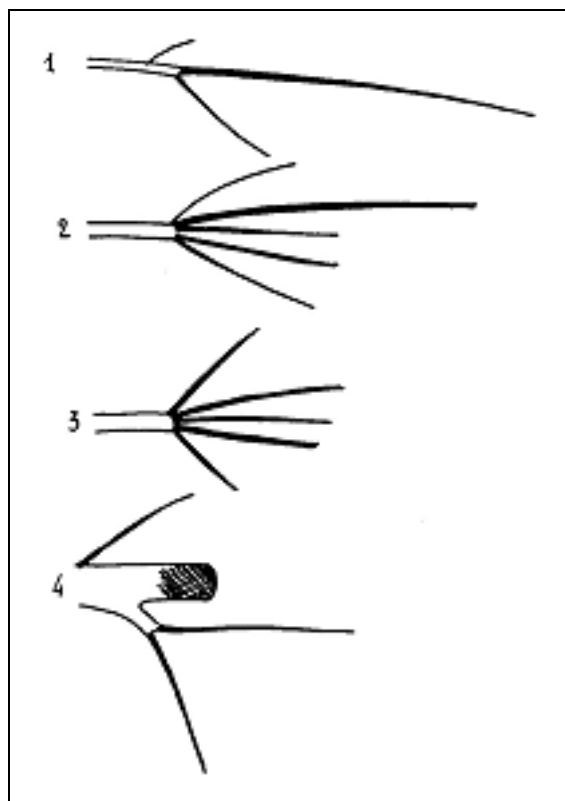
En resum, podem dir que el sistema radical al llarg de la seva vida passa per tres esquemes: pivotant, fasciculat, horitzontal amb arrels pivotants, però segons les espècies o el tipus de sòl, la durada relativa d'aquestes fases varia enormement.

### **Influència de les tècniques culturals sobre el desenvolupament de les arrels**

Els arbres plantats no segueixen sempre els esquemes precedents. Les podes repetides i els repicaments o trasplantaments successius alteren el desenvolupament de la part aèria

i el del sistema radical. Les nostres observacions ens permeten d'esquematzar la influència dels trasplantaments segons tres lleis.

#### Diàmetre de l'arrel seccionada



L'arrel seccionada reacciona desenvolupant diverses arrels a una proximitat més o menys immediata al tall.

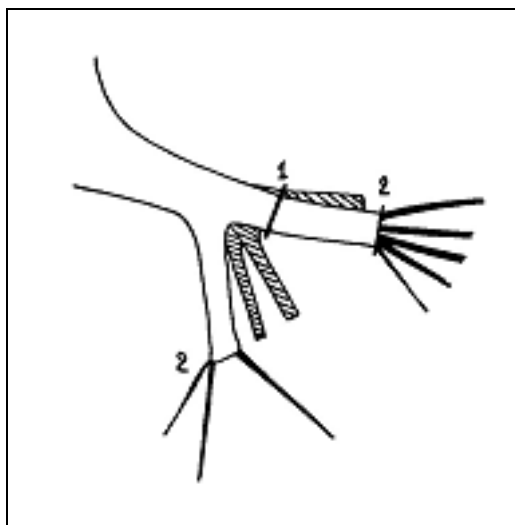
Si l'arrel seccionada té menys d'un centímetre de diàmetre, l'arbre generalment restitueix un eix principal.

Si l'arrel té d'un a dos centímetres de diàmetre, l'arbre selecciona dues o tres arrels: el tall ha provocat una ramificació.

Si l'arrel té uns quants centímetres de diàmetre, cap arrel en pren el relleu i totes elles es desenvolupen poc.

Les arrels gruixudes seccionades generalment no reaccionen al tall, al menys de forma durable. És una arrel situada per sobre, sobre la cara superior, i de poc diàmetre la que pren el relleu.

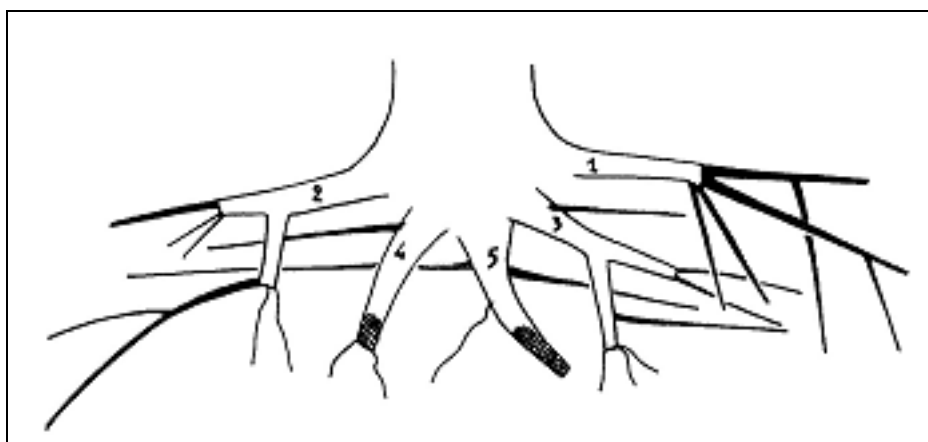
### Successió de diversos repicaments



Si els dos primers repicaments posteriors a la sembra són realitzats en bones condicions, essent l'arbre encara jove (uns pocs anys), aquest reconstitueix una arquitectura radical típica de l'espècie, eventualment una mica més ramificada.

Si hi han més repicaments, en el cas d'alguns grans individus per exemple, la capacitat de selecció d'eixos minva, es destrueix l'arquitectura, el sistema radical tendeix cap al tipus "porro"! L'estabilitat de l'arbre pot veure's afectada, ja que cap veritable carcassa es desenvolupa. Per sort, la part aèria es desenvolupa igualment de forma molt modesta.

### Creixement diferencial de les arrels superficials i profundes



En la plantació definitiva de grans individus, les dues lleis precedents no s'apliquen de la mateixa manera a totes les arrels.

Les arrels horitzontals i superficials es desenvolupen molt ràpidament, primer colonitzen els horitzons superiors abans d'emetre arrels verticals o de verticalitzar-se elles mateixes.

Les arrels obliqües i verticals profundes reaccionen tan més feblement quan més allunyades estan de la superfície. Algunes ni tan sols reaccionen, i després de diversos anys de la plantació, el pla de tall resta intacte, sense ramificació ni necrosi. Probablement existeixen diferències específiques: l'arrel pivotant seccionada d'una noguera (*Juglans*) acaba per emetre arrels verticals, mentre que el freixe (*Fraxinus*) i el faig (*Fagus*) no reaccionen.

## Conclusió

Vegeu aquí breument resumits algunes dades sobre els sistemes radicals. Quan s'enuncien qüestions precises, sovint ens manquen elements per respondre amb precisió i amb certesa, talment els estudis són rars.

Volem acabar amb dos exemples per mostrar la vulnerabilitat del sistema radical, el taló d'Aquil·les de l'arbre.

La passada tardor, després d'una visita a una obra de plantació important i a dues plantacions recents, vam constatar en els tres llocs compactacions inadmissibles dels sòls lligades a la circulació de les màquines d'aterrament, compactacions que respectivament anaven a comprometre o havien compromès definitivament el futur dels arbres.

Molt recentment, en dues les experiències, vam condemnar a la tala dues sequoies (*Sequoiadendron giganteum*) més que centenàries, una en decrepitud, l'altra amb molt bon creixement. A l'alçada del coll presentaven una podridura important. L'origen d'aquesta afecció? En tots dos casos s'havia obert una rasa a uns quants metres de l'arbre: 50 anys per la primera, 20 anys per la segona.

És probable que els successius trasplantaments, la mala preparació del terreny i les ferides en arrels siguin, juntament amb les podes dràstiques de la part aèria, les quatre causes principals d'alteració i desaparició dels arbres ornamentals.