

## CRITERES ET METHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'ENRACINEMENT POUR LE CHOIX DES ARBRES EN PÉPINIÈRE

*Avertissement : Cette fiche constitue un cadre de réflexion et n'a pas vocation à être utilisé en tant que telle dans les transactions commerciales.*

### 1. PREAMBULE : PRINCIPE METHODOLOGIQUE

Pour apprécier la qualité racinaire de la fourniture végétale produite en pépinière, il est impératif de posséder quelques références concernant l'organisation et le développement de l'enracinement des arbres.

Un enracinement de qualité sera conforme ou se rapprochera le plus possible de celui observé en milieu naturel non contraignant sur les aspects suivants :

- son organisation : nombre, nature et effectif des différentes catégories de racines en présence
- leurs relations hiérarchiques (position relative de ses différentes catégories dans le système ramifié)
- les mécanismes de croissance, ramification et différenciation à l'origine de leur installation
- l'ordre de déroulement de ces mécanismes au cours du développement.

L'évaluation de la qualité doit donc se fixer pour objectif :

- de replacer l'enracinement observé dans un des stades de développement racinaire spécifique
- d'en apprécier la conformité à ce stade de référence
- d'en identifier les écarts, d'en interpréter l'origine et les conséquences sur le développement ultérieur.

Pour cette raison il est impératif d'être à même de retracer l'historique du plant acheté en particulier les différents traitements appliqués en pépinière de production puis d'élevage. La partie introductive qui suit rappelle quelques points essentiels concernant l'organisation, le développement du système racinaire des arbres et ses réactions aux pratiques de taille. Pour plus de précision, nous renvoyons le lecteur vers les fiches intitulées « Racine et système racinaire des arbres : structure et développement » et « Le système racinaire des arbres : influences du milieu et de la taille. Mécanismes de réponses aux contraintes ».

### 2. RAPPEL

#### 2.1. Sur l'organisation du système racinaire des arbres

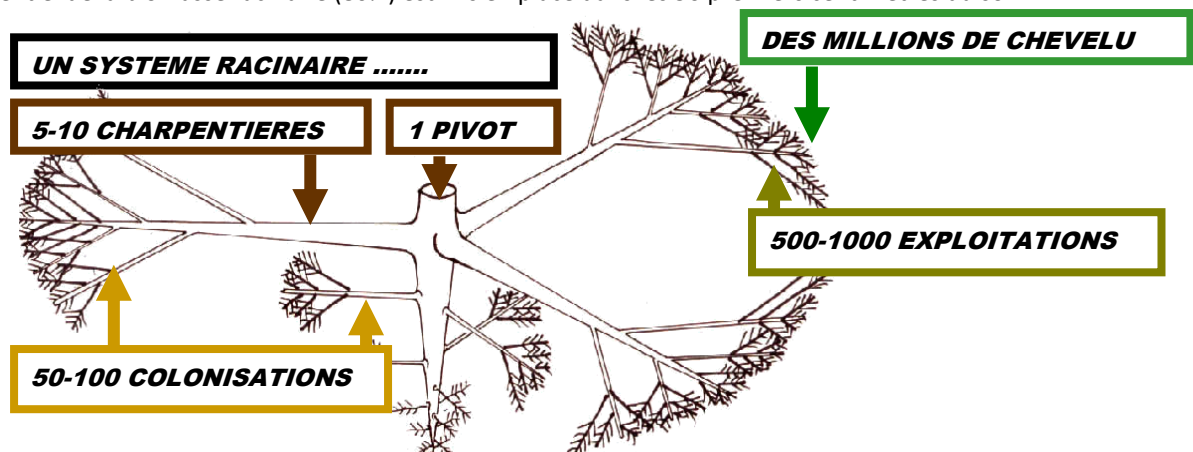
L'enracinement des végétaux ligneux est composé de 2 classes racinaires : Les racines courtes « non ligneuses » et les racines longues « ligneuses ». Ces dernières sont représentées par 2 sous-classes :

- **les racines ligneuses pérennes** constituent la charpente, assurent l'ancrage et explorent le milieu (en marron foncé pivot et charpentières) .
- **les racines ligneuses caduques** naissent latéralement sur la charpente parallèlement à son extension (en marron clair racine de colonisation et d'exploitation). Elles assurent la colonisation et l'exploitation du sol exploré par la charpente puis s'élaguent.

Toutes ces racines ligneuses développent latéralement le chevelu caduc à court terme (en vert).

**Fig 1 : Organisation élémentaire de l'enracinement, proportion relative des différentes catégories racinaires en présence (ATGER 1992).**

L'essentiel de la biomasse racinaire (80%) est mis en place dans les 50 premiers centimètres du sol.



## 2.2. Sur les stades de développement du système racinaire des arbres

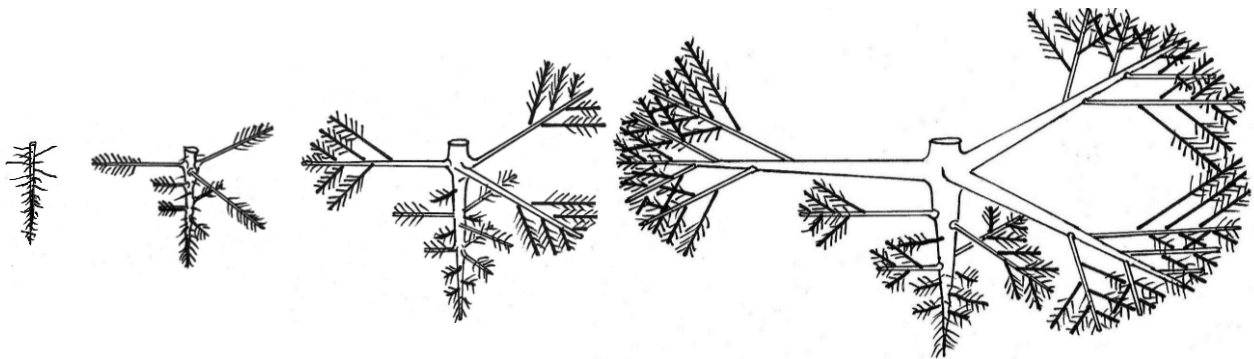
L'enracinement du jeune arbre se développe selon quatre étapes assurant successivement :

- 1) L'ancrage de la plantule au sol et l'acquisition de l'autonomie nutritionnelle grâce au chevelu.
- 2) L'exploitation du milieu immédiat et la multiplication des chevelus préparant,
- 3) La colonisation de l'environnement proche préliminaire à,
- 4) L'exploration extensive du milieu et l'expansion de l'infrastructure

**Fig 2 Stades de développement successifs, « fonction » acquise à chaque stade (soulignée) et évolution de la position des différentes catégories fonctionnelles au cours du développement racinaire**

Les chevelus, toujours en périphérie, sont mis en place par les portions les plus jeunes de toute racine ligneuse (pivot compris). Les chevelus sont souvent des ensembles ramifiés courts non ligneux.

<b>1) Plantule =</b> Ancrage Autotrophie	<b>Pivot</b>	<b>+ Chevelus</b>			
<b>2) Jeune plant =</b> Exploitation	<b>Pivot</b>	<b>+ Exploitation</b>	<b>+ Chevelus</b>		
<b>3) Jeune Individu =</b> Colonisation	<b>Pivot</b>	<b>+ Colonisation</b>	<b>+ Exploitation</b>	<b>+ Chevelus</b>	
<b>4) Jeune adulte =</b> Exploration	<b>Pivot</b>	<b>+ Exploration</b>	<b>+ Colonisation</b>	<b>+ Exploitation</b>	<b>+ Chevelus</b>
<b>Position dans le système ramifié du centre vers la périphérie</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>



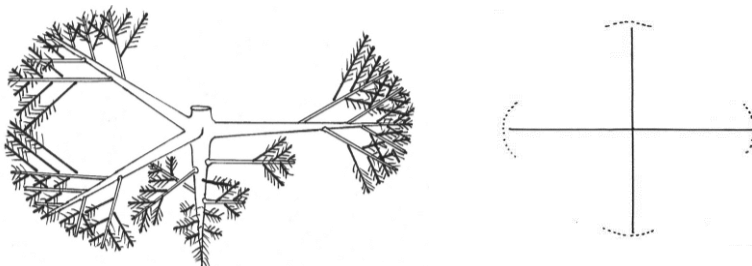
Les quatre stades successifs décrits dans le tableau et schématisés ci-dessus.

## 2.3. Sur les stratégies d'occupation du sol

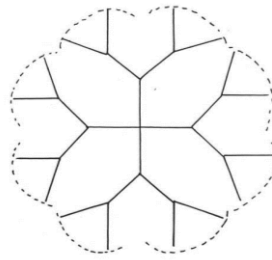
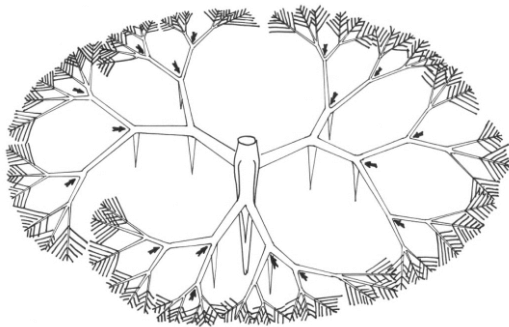
Au terme de ces 4 étapes, chaque espèce met en œuvre une des 3 stratégies de colonisation de l'espace décrites ici (ATGER 1995) :

**Fig 3 ABC : Le gigantisme, la fourchaison ou (et) le développement retardé (ATGER et EDELIN 1995).**

**A Gigantisme :** Pas de fourche, pas d'axes co-dominants, pas de substitution possible, une organisation très hiérarchisée. Expansion limitée et stratégie peu agressive. Plasticité restreinte a priori



**B Fourche : Codominance d'axes, substitution possible mais forte expansion. Plastique mais fortement colonisateur**



Plasticité plus importante car possibilité de substitution d'axes équivalents mais développement extensif. Besoin constant de plus de place. Investissement dans l'exploration et la conduction. **Maintien de la surface absorbante toujours plus loin du collet en périphérie.**

Les fourches sur racines charpentières sont symbolisées par des flèches (pour la lisibilité de la figure elles ne sont figurées que sur la charpente horizontale mais le processus de fourchaison touche toute catégorie de racine ligneuse).

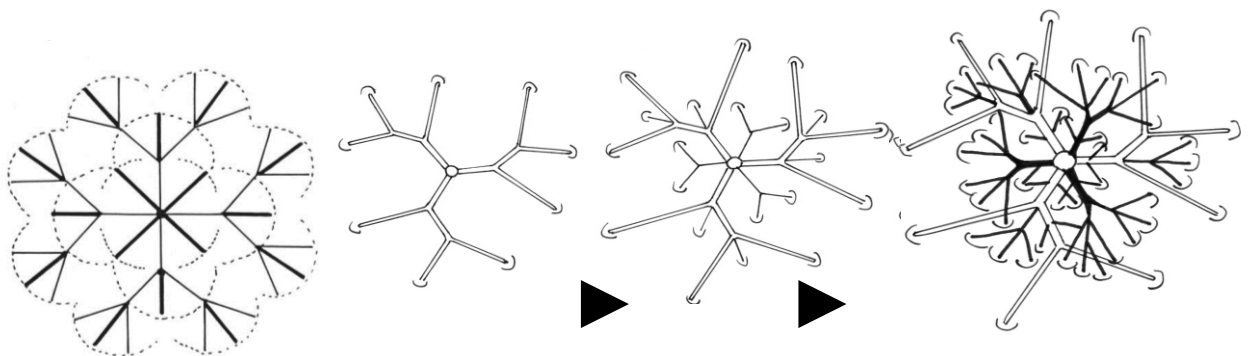
**C Développement retardé et recolonisation de sites délaissés par l'élagage. Plastique et autarcique**

Possibilité de substitution entre axes par production de plusieurs générations successives de racines homologues à partir d'un même point (ici expression précoce du phénomène et percée d'une 2<sup>ème</sup> génération de racines ligneuses à proximité du collet sur le pivot d'un jeune plant de Troène).



**Recolonisation des espaces délaissés Maintien de la surface absorbante sous le houppier**

**B+C Fourche avec codominance ET recolonisation des sites délaissés par développement retardé. Le Cas du platane avec fusion des charpentières horizontales de générations successives en un socle unique à partir du pied de l'arbre. Plasticité et adaptabilité a priori maximale.**



Les schémas plans sont des vues d'avions de la couronne de racine charpentièr, le cercle central figurant le tronc. Les traits les plus gras indiquent les racines à développement retardé venant renforcer la charpente initiale. La fusion de ces générations successives de racines crée un véritable socle.

Le développement racinaire s'inscrit dans une séquence ordonnée d'évènements (croissance, ramification différenciation) déterminant l'organisation spécifique de l'enracinement. La radicule (pivot) en est le centre organisateur. Comme relais de ce pouvoir central, le méristème terminal de chaque racine exerce sur ses ébauches latérales une dominance qui définit, dès leur formation, leur potentiel de développement au sein de

cette séquence spécifique. La dominance apicale est le support d'expression de la hiérarchie du développement racinaire.

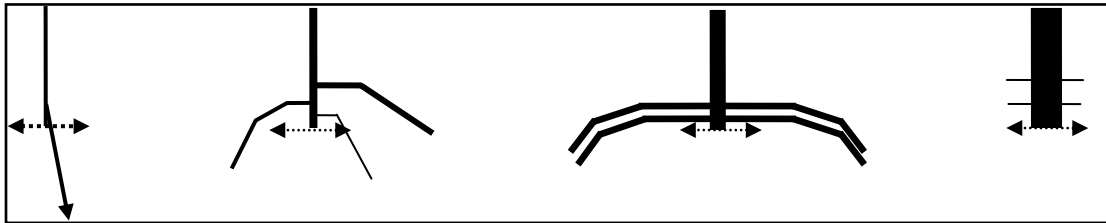
## 2.4. Sur la réponse des racines à la taille

La suppression d'une partie de l'enracinement conduit les racines de remplacement à reprendre la séquence de développement à l'endroit où elle a été interrompue (réitération traumatique).

En l'absence d'ébauches programmées pour rester « jeunes » et latentes (cf bourgeons à méristèmes dormants des tiges), les racines montrent des **difficultés de régénération d'autant plus importantes que la taille a lieu sur des organes âgés (de gros diamètre) et de manière répétée**. La vitesse et la performance de la régénération sont à mettre en relation avec l'âge et le volume de la partie sectionnée. La régénération est d'autant plus difficile que :

### 2.4.1. La portion sectionnée est âgée chronologiquement (de gros diamètre) et physiologiquement (lointaine du collet).

Les portions les plus juvéniles sont mises en place par le plant jeune (à proximité du collet), les plus matures sont installés par des sujets adultes (plus loin du collet). Pour un niveau donné de taille sur une racine, le délai d'obtention d'une régénération conforme (identique en forme et fonction) à la portion amputée augmente avec l'âge chronologique de cette dernière. Il y a perte progressive et à terme définitive des aptitudes de régénération au cours du vieillissement chronologique de la racine (donc de son épaissement en diamètre).



**Fig 4: Effet de l'âge chronologique (du diamètre) sur l'aptitude de régénération d'une racine**

*Ce schéma montre après la coupe (matérialisée par une double flèche) les variations de qualité de la reprise en fonction du diamètre donc de l'âge chronologique de la racine sectionnée : de gauche à droite la racine est de plus en plus âgée, le diamètre de la plaie est croissant, parallèlement la performance de la régénération est décroissante (le nombre de racines mis en place augmente et leur similitude à celle de racine sectionnée diminue).*

Même si l'impact de la taille voit son expression largement modulée par l'espèce, le type racinaire concerné, sa position, l'âge chronologique et physiologique de la portion taillée sur la racine considérée (ainsi que la période de taille), **IL EST PRUDENT DE CONSIDERER QUE :**

**LA TAILLE RACINAIRE PRATIQUEE SUR DES DIAMETRES SUPERIEURS A 3 CM ET SUR DES PORTIONS AGEES DE PLUS DE 3 ANS PEUT AFFECTER FORTEMENT L'APTITUDE A UNE REGENERATION EFFICACE ET CONFORME.**

### 2.4.2. Les racines sont nombreuses au niveau de la blessure sur et à proximité de la plaie – chacune rentre en concurrence pour tenter de restaurer cette dominance (tête de chat racinaire).

La présence d'un grand nombre de rejets présentant une vitesse initiale d'allongement élevée n'est pas la garantie de l'efficacité de la reprise et de la régénération racinaire. Même si l'allongement initial est vigoureux, et ce d'autant plus que la portion sectionnée est de gros diamètre, la régénération complète (dans sa forme et sa fonction) peut être fortement différée voire impossible à réaliser. La présence d'un effectif élevé de racines rend inopérante la sélection entre ces rejets racinaires et de fait la réinstauration une véritable dominance.

**L'ABSENCE DE SELECTION RAPIDE ENTRE REJETS PEUT DEBOUCHER SUR UN BLOCAGE DEFINITIF DE LEUR DEVELOPPEMENT ET DONC DE L'INCAPACITE A RESTAURER LA HIERARCHIE INITIALE.**

**PARCE QU'ELLES BOULEVERSENT PLUSIEURS FOIS LE PROCESSUS DE RESTAURATION DE LA HIERARCHIE, LES TAILLES REPETEEES (A FAIBLE DISTANCE ET/OU A INTERVALLES DE TEMPS PROCHES) CONSTITUENT UN FACTEUR DE VIEILLISSEMENT PREMATURE DE L'ENRACINEMENT, LE CONDUISANT VERS LA PERTE DEFINITIVE D'UN POTENTIEL DE REGENERATION CONFORME A SON AGE ET SON STADE DE DEVELOPPEMENT :**

- SUR DES PORTIONS AGEES ET/OU PLUSIEURS FOIS MUTILEES, MEME SI LA PERCEE DE NOUVELLES RACINES PRES DU POINT DE TAILLE SE POURSUIT, LA REGENERATION N'EST PAS COMPLETE ;

- LES REGENERATIONS NAISSANT SUR UN ORGANE AGE OU PREMATUREMENT VIEILLI NE SONT PLUS APTES À EXPRIMER LE POTENTIEL DE CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT PROPRE À LA PORTION QU'ELLES SONT CENSEES REMPLACER. ELLES SONT UNE FORME REDUITE (UNITE MINIMALE) DE L'ENSEMBLE QU'ELLES SONT CENSEES REGENERER.

#### **2.4.3. L'environnement est contraignant et vient exacerber la concurrence entre rejets (déficit hydrique, changement profond des caractéristiques des sols des motte/fosse/encaissant).**

Pour des sujets mutilés, un déficit de qualité de l'environnement de plantation vient constituer un facteur très nettement aggravant de cette concurrence et du défaut de reprise qui en découle.

**La conjonction de ces paramètres détermine des déficits de reprises racinaires des arbres à chaque nouvelle contreplantation. Entre la véritable régénération conforme à la portion amputée et l'absence totale de réaction, il existe une très grande variabilité de réponses à la taille racinaire. La pérennisation d'un grand nombre de rejets sur une blessure racinaire est la traduction d'une incapacité à restaurer la hiérarchie initiale. Elle n'est pas la manifestation d'une « vigueur » de la reprise.**

### **3. LA FOURNITURE VEGETALE**

Le parcours cultural en pépinière est largement conditionné par l'utilisation qui sera faite de la fourniture végétale :

#### **3.1. L'arbre forestier et la production de bois**

**Il est généralement planté très jeune** en parcelle forestière (âgé de 1 à 3 ans) et en densité élevée. Le peuplement est ensuite progressivement éclairci pour stimuler la production la plus rapide possible de troncs élancés droits réguliers de fort diamètre, dépourvus de nœuds donc de grosses branches.

Pour une adéquation optimale entre fourniture végétale et contraintes climat/sol dans la perspective d'une production de bois de qualité, la provenance des jeunes plants est garantie par des producteurs forestiers labellisés (multiplicateurs de jeunes plants issus de semis ou multiplication végétative). La traçabilité du jeune plant forestier permet donc de remonter jusqu'à l'origine de la graine, (ou de l'explant en cas de multiplication végétative) et de connaître le contexte pédoclimatique de sa zone de production (voir p 13, § 541 : 3<sup>ème</sup> tableau extrait du catalogue en ligne des pépinières Naudet).

Afin de limiter les déformations racinaires induites à l'arrachage puis à la plantation, le très jeune sujet est souvent dé-pivoté, soulevé et/ou repiqué pour ralentir temporairement la croissance en longueur de son pivot, renforcer son diamètre et stimuler sa ramification (voir la nomenclature des différents traitements § 541 et planche photo 1).

#### **3.2. L'arbre fruitier et la production de fruit**

**Il fait généralement l'objet de manipulations plus nombreuses que son homologue forestier** en raison de son mode de production lié à son utilisation. L'objectif est une production rapide, accessible et généreuse de fruits dont les caractéristiques doivent être conservées tout en limitant au maximum le développement végétatif (tronc et branches). Les variétés proposées sont certifiées par des organismes agronomiques (INRA-CTIFL ou équivalent) pour stabiliser les caractères recherchés des fruits. Ces variétés sont issues de fragments de tige certifiés (rejets de souche, bouture, marcotte, drageons plus rarement semis direct de semence contrôlée). Soit le fragment de la variété élue reconstitue son propre système racinaire (bouture) soit il est greffé sur un porte-greffe raciné lui permettant de s'adapter au mieux au contexte pédoclimatique de sa future culture. Le porte greffe est également garanti, et lui-même issu de semis ou de multiplication végétative. L'arbre fruitier, souvent planté légèrement plus âgé, est fréquemment composé de 2 entités génétiques différentes ayant des parcours de production et des vocations différents (porte greffe pour l'adaptation au milieu/ greffon pour la production de fruits voir planches photo 2 et 3).

#### **3.3. L'arbre d'agrément ou d'ornement : un cas particulier**

**Le sujet d'ornement est planté plus tardivement et généralement plus gros. Il fait l'objet du plus grand nombre de manipulations, échanges et négoes. Sorti de la pépinière de multiplication, il subit le plus grand nombre de contraintes lors de l'élevage puis de la plantation sur site.** Son « intérêt » est « purement » esthétique même si sa fonction « écologique et bioclimatique », indéniable en milieu urbain, est de plus en plus souvent mise en avant.

Avec cette vocation très différente, il voit l'origine de sa production pour partie dans les deux filières précédentes (pépinière de multiplication forestière et/ou fruitière). Il est généralement commercialisé nettement plus tard après le passage en pépinière de 1<sup>er</sup> élevage et éventuellement de 2<sup>ème</sup> élevage (forçage). Son parcours met en œuvre des pratiques répétées de contre-plantations propres à la filière d'ornement. Sa traçabilité est généralement perdue au cours de ce long parcours complexe et lourd de conséquence.

Dans la filière ornementale sont surtout certifiées les variétés résistantes à des pathogènes (ex platane au chancre coloré, diverses variétés d'orme à la graphiose). L'origine du matériel végétal est garantie, les différentes étapes de la culture ultérieure n'étant pas détaillées. L'historique de production et de culture (lieu, code de la parcelle, traitement appliqué à chaque étape, nombre de contre-plantation) reste souvent inconnu.

LE DIAGNOSTIC DE QUALITE RACINAIRE DE LA FOURNITURE VEGETALE DOIT S'ATTACHER, PAR UNE ANALYSE MORPHOLOGIQUE ET MACROANATOMIQUE DETAILLEE, A RECONSTITUER AVEC LE PLUS DE PRECISION POSSIBLE L'ORIGINE DU PLANT, LA NATURE ET LA FREQUENCE DES TRAITEMENTS SUBIS QUELLE QUE SOIT LA FORCE A L'ACHAT POUR MIEUX EN COMPRENDRE L'ETAT.

Il est donc important de connaître les différentes pratiques de production et de conduite en pépinière, leurs motivations et leurs conséquences sur le développement racinaire.

#### 4. TECHNIQUES DE PRODUCTION DE JEUNES PLANTS D'ORNEMENT

En pépinière de multiplication (production), le plant est issu :

- soit de la germination d'une graine (semis) (planche 1)
- soit de la multiplication végétative (tige racinée -bouture, greffe, marcotte, rejet, rarement stolon/rhizome/tubercule- ou racine émettant un drageon\* planches 2 à 6 et 14).
  - **drageon** : tige perçant sur une racine. Alors que les tiges présentent souvent la capacité de développer des racines adventives spontanément ou en culture dans un milieu favorable, l'aptitude des racines à développer des bourgeons évoluant en tiges est beaucoup plus rare. Le drageon est parfois abusivement nommé bouture de racine.
  - **rejet** : tige perçant sur une tige ancienne le rejet de souche perce à la base du tronc près du collet
  - **marcotte** : tige (rejet ou branche) qui au contact du sol développe son propre enracinement
  - **bouture** : fragment de tige, qui isolé du reste de la plante, produit son propre système racinaire
  - **greffe** : fragment de tige isolé (greffon) artificiellement soudé (greffe) à un individu raciné (porte greffe)
  - **stolon, rhizome, tubercule** : tige se développant au ras du sol ou juste sous sa surface et développant un enracinement adventif (stolon du fraisier). Le rhizome (Iris gingembre bambou) est une tige rampante souvent spécialisée dans le stockage de réserves. Le tubercule (pomme de terre) est une tige souterraine dont la partie terminale est modifiée en organe stockant les réserves.

##### 4.1. Production par multiplication végétative

La multiplication végétative met en œuvre des techniques qui lui sont propres pour l'obtention d'un explant raciné qui subira par la suite des traitements analogues à ceux supportés par le semis dans une filière d'élevage commune.

La multiplication végétative est inféodée à l'aptitude des tiges de la plante à développer des racines dites « adventives » : ces dernières percent latéralement la tige ou naissent de sa section sans dériver d'une racine centrale opposée à l'organe aérien organisatrice du développement racinaire (même lorsque l'explant est un drageon).

La performance de la rhizogenèse adventive dépend de multiples facteurs :

- l'essence,
- la nature du fragment mis à raciner  
(tronc-drageon-rejet de souche / branche-marcotte ; rameau/rameau court ; nœud ; feuille ; fragment de tissus)
- le volume du fragment  
(micro-fragment ou macro-fragment ; organe ou ensemble d'organe, nombre d'entre nœuds et bourgeons, ou de pousses sur la portion de tige utilisée)
- son âge chronologique (en année) et ses caractéristiques anatomiques\*
- son âge ontogénique : juvénile, jeune, adulte, mature  
(la portion juvénile est celle développée par le jeune plant donc la plus proche du collet alors que les parties adultes sont mises en place plus tard, plus loin du collet dans le houppier)
- la position du fragment considéré dans la plante mère qui traduit l'âge ontogénique
- la période d'intervention (dans le cycle de croissance/dormance du plant mère)
- la manière de procéder (traitement au froid, hormones etc.).

*\* Certaines espèces bouturent aisément en vert (tige toute jeune) alors que d'autres ne produiront de racines qu'à partir de fragments dits aoûtés (déjà pourvu d'écorce et de bois). Les tissus peu différenciés (parenchyme) sont souvent les points de production racinaire.*

La performance de la rhizogenèse adventive peut être évaluée par :

- la durée du processus de rhizogenèse
- la quantité de racines produites
- la diversité des catégories racinaires produites
- l'aptitude à reproduire en qualité et quantité la séquence de développement racinaire de l'espèce.

Les espèces qui, spontanément, rejettent de souche, marcottent ou drageonnent (produisent donc tardivement des tiges à caractère juvénile) sont souvent recherchées pour leur plus grand potentiel de bouturage. La multiplication végétative naturelle peut être plus efficace que le bouturage de fragment de tige isolé pour l'obtention rapide d'un explant raciné vigoureux (planches 4, 5 et 6).

Certaines essences perdent très vite leur faculté à développer des racines adventives ou voient la qualité de la rhizogenèse précocement altérée :

- La production de racine devient impossible pour de jeunes tiges d'Eucalyptus australiens au-delà de la 50<sup>ième</sup> ou de la 100<sup>ième</sup> feuille produite.
- Les boutures « herbacées » de Séquoia géant (partie terminale des tiges) regroupant des explants d'origines variées (récoltés sur le tronc, les branches ou les rameaux) présentent des aptitudes très différentes à l'enracinement déterminant une forte hétérogénéité de production et de qualité des plants.

Le micro bouturage *in vitro* (culture de micro fragment isolé sur substrat artificiel en laboratoire) permet de contourner les difficultés de rhizogenèse des essences réfractaires au bouturage ou de se rapprocher le plus du développement racinaire du semis.

La performance de ce développement racinaire adventif pour la restauration d'un système racinaire complet et similaire en tout point à celui d'un semis est également très variable.

Certaines essences arborescentes pratiquent spontanément et plus ou moins efficacement la multiplication végétative. En effet, une tige racinée (marcotte, drageon, voire rejet de souche) peut s'affranchir spontanément du pied mère et constituer un « individu complet et autonome » si son enracinement le lui permet.

Cependant l'enracinement adventif n'est pas forcément identique à celui d'un plant issu de graine et peut participer à la nutrition de la tige sans jamais restaurer une charpente pérenne. La partie racinée reste alors une fraction du plante mère inapte à régénérer un individu efficacement ancré au sol et en cas d'isolement. Chez le cacaoyer par exemple, le bouturage des branches horizontales donne 50% de boutures incapable de développer un système racinaire pivotant.

***Bilan : dès les premières étapes de la production, la multiplication végétative, si elle produit une tige racinée, ne permet pas toujours l'obtention d'un système racinaire conforme aux caractéristiques de l'espèce. La tige peut limiter son développement à une partie seulement de celui de l'individu issu de graine.***

#### **4.2. Production par semis**

Le développement racinaire du sujet issu de semis doit idéalement être conforme, à stade équivalent, à celui décrit en paragraphe 2 dans la limite des contraintes induites par l'environnement. Sa qualité est la traduction directe des pratiques et contraintes appliquées aux différentes étapes de son parcours cultural en pépinières de multiplication puis d'élevage.

En pépinière de multiplication, des pratiques de taille racinaire (soulèvement, dépivotage, habillage) touchent un enracinement jeune le plus souvent constitué d'un pivot et de racines d'exploitation de petit diamètre les plus aptes à régénérer (planche 1). La réponse des racines à des tailles répétées est variable selon l'espèce, la fréquence des tailles, l'âge des portions concernées, la distance entre deux points de taille successifs, etc. (voir fiche « Le système racinaire des arbres : influences du milieu et de la taille. Mécanismes de réponses aux contraintes »).

### 4.3. Traitements du jeune plant en pépinière de multiplication (semis ou explant raciné).

Dès les toutes premières étapes, en pépinière de multiplication le plant peut subir différents traitements selon la vigueur de son développement racinaire :

- soit il est laissé en place sur son substrat de production sans action particulière sur ses racines
- soit son système racinaire est soulevé, cerné, dépivoté (plein champ planche 1).

Dans chacun de ces cas, le sujet est par la suite repiqué en plein sol ou en container, le repiquage ayant pour objectif :

- de cultiver le plant à une densité de plantation moindre que celle du simple semis
- d'augmenter le volume de sol laissé disponible aux racines.

Le repiquage peut avoir lieu

- en parcelle naturelle
- en plaque-godet, container ou pot de nature et forme très variées.

Les tailles racinaires interviennent donc dès la phase de multiplication :

- La réponse du pivot à la taille (lors d'un soulèvement ou d'un dépivotage) est variable selon l'essence, la localisation du point de taille, son âge et son stade de développement (âge ontogénique et chronologique) (voir fiche « Le système racinaire des arbres : influences du milieu et de la taille. Mécanismes de réponses aux contraintes »).
- Le dépivotage mais aussi les repiquages et rempotages peuvent être couplés à un « habillage » racinaire (taille des extrémités). Cette pratique de taille a pour objectif d'éviter la spiralisation des racines dans le container ou dans le trou de plantation et la formation d'un chignon racinaire tout en multipliant les extrémités en croissance.

Ces tailles racinaires ont donc des objectifs différents :

Le soulèvement et le dépivotage viennent limiter les impacts de la transplantation future sur l'enracinement :

- ralentir la croissance en longueur et diamètre d'une racine dominante (le pivot par exemple),
- favoriser sa fourchaison en plusieurs racines homologues dont les allongements et épaississements individuels seront moins importants que celui de l'unique racine qu'elles viennent régénérer,
- faciliter à terme leur régénération lors des futurs arrachages.

**Les pratiques de soulèvement, dépivotage s'apparentent à la contreplantation conduite plus tard en pépinière d'élevage pour limiter les impacts des arrachages et des tailles racinaires.**

L'habillage racinaire a pour objectif de faire disparaître les portions racinaires susceptibles d'être mises en contraintes dans le container ou dans le trou à la plantation.

Une fréquence adaptée des rempotages dans des containers de volume croissant « permettrait » d'éviter la spiralisation. Cependant elle multiplierait grandement le nombre des manipulations, fragilisant les plants, et les surfaces nécessaires à la production du matériel végétal.

**L'habillage est donc pratiqué pour supprimer les effets potentiels et avérés du confinement de l'enracinement dans un volume restreint.**

En complément, de nombreuses recherches techniques proposent des containers anti-chignons visant des objectifs différents (planche 1) :

- Guider la croissance des racines et éviter leur spiralisation contre les parois du container en aménageant des cloisons internes contre lesquelles les racines progressent vers le fond du container sans se croiser
- Stopper la croissance des racines dès qu'elles touchent la paroi du container (effet de « cernage » racinaire à l'air ou à l'aide de molécules).

Néanmoins la vitesse d'allongement des racines d'un jeune plant (issu de semis ou de multiplication végétative) est telle que cette pratique s'apparente souvent à une course contre la montre qui peut difficilement être gagnée à chacune des phases de repiquages. Pratiqué dans les règles de l'art, l'habillage est donc là pour supprimer les torsions et déformations juste amorcées dans la phase de multiplication.



**Bilan : En phase de multiplication, la régénération précoce et conforme d'un système pivotant (pivot central opposé à la tige et doté de racines d'exploitation) est un critère de qualité de la production racinaire adventive d'un plant issu de multiplication végétative. Elle est la preuve de sa juvénilité.**

**De même, chez le semis, la régénération conforme du pivot après amputation ou soulèvement est un critère de qualité du plant prouvant la juvénilité de la portion sectionnée et son futur potentiel de développement (voir paragraphe 2 et fiche « Le système racinaire des arbres : influences du milieu et de la taille. Mécanismes de réponses aux contraintes »).**

## 5. TECHNIQUES D'ÉLEVAGE DES PLANTS D'ORNEMENT

### 5.1. Les étapes de l'élevage

La filière d'élevage en ornement est organisée en grandes étapes et les pépinières peuvent être spécialisées dans l'une d'entre elles :

- le premier élevage débute à la sortie de la pépinière de production-multiplication et débouche sur l'obtention de sujets commercialisés sous les appellations, baliveau (voire jeune baliveau) (force\* <6cm et hauteur <2m) ou tige de force\* comprise entre 6/8 et 14/16.
- le deuxième élevage ou forçage conduit les tiges les plus jeunes à des forces et tailles largement supérieures à celles atteintes au terme du premier élevage (30/35 mais parfois nettement plus).
- certaines pépinières sont spécialisées dans la production de sujets remarquables très volumineux parfois en petit nombre (de 60 à plus) voire à l'unité.

\*La force est l'unité de mesure reconnue soit la circonférence de la tige à 1m de hauteur, le diamètre étant plus délicat à mesurer chez des sujets présentant des méplats ou des cannelures sur le tronc. La mesure à 1m de haut est impérative pour s'affranchir des variations de diamètre liée à la présence d'empatement, de point de greffe, courbure ou autre

REMARQUE : quelques exemples du parcours d'élevage sont donnés en §54 NOMENCLATURE p 12/13

#### 5.1.1. Le premier élevage.

- Généralement repiqué et retaillé au terme de sa première (voire 2<sup>ème</sup>) année de croissance en pépinière de multiplication, le jeune plant est transplanté en pépinière de premier élevage à l'âge de 1 à 3 ans\* au plus. Ce transfert de la pépinière de multiplication à la pépinière d'élevage s'inscrit comme première contre-plantation.
- Le jeune plant parvient à l'état de baliveau\*\* à l'âge de 4 à 6 ans soit au terme de 2 à 3 années d'élevage. Il est alors contre-planté une 2<sup>ème</sup> fois.
- Après cette 2<sup>ème</sup> contre-plantation 3 années supplémentaires de culture assurent la production d'une tige\*\* commercialisable en force 10/12 âgée de 5 à 7 ans.
- La 3<sup>ème</sup> contre-plantation la conduit au terme de 5 à 6 ans de culture en force 16/18. Elle est alors âgée de 13 à 15 ans.

\* REMARQUE : les relations force/âge/durée varie légèrement (+ /- 1 à 2 ans) selon la vigueur de croissance des espèces et des plants considérés. Les valeurs données ici doivent servir de repère.

\*\* voir §54 nomenclature p13

#### 5.1.2. Le deuxième élevage (forçage).

- La première étape du deuxième élevage débutant à la 4<sup>ème</sup> contre-plantation assure la production de sujets de force comprise entre 18-20 et 25-30
- La cinquième contre-plantation doit être conduite pour des sujets de force 30-35 et au-delà.
- Pour des sujets plantés en force au-delà de 60, certains pépiniéristes garantissent 7 contre-plantations\*\*\*.

\*\*\* Remarque : les diagnostics conduits sur de tels sujets ne font pas toujours apparaître les traces de 7 interventions. Quelques exemples du parcours d'élevage sont donnés en §54 NOMENCLATURE p 13

L'élevage a pour objectif de conduire le jeune plant (tige racinée ou semis de petite taille et petit diamètre) sorti de la pépinière de multiplication vers un sujet commercialisable (jeune baliveau, baliveau, tige, cépée, ou autre forme etc..). L'obtention à terme de sujets de « grande taille », bien conformés (pour une tige par exemple tronc rectiligne élancé, houppier régulier, plaies de taille de surface réduite et cicatrisées) requière de diminuer progressivement la densité de plantation de la parcelle d'élevage pour adapter l'effectif des arbres à l'accroissement progressif de leur volume aérien.

En plantation forestière cette étape passe par la pratique d'éclaircies répétées au cours desquelles certains sujets sont abattus, sacrifiés pour laisser place aux autres, selon un maillage et une fréquence évoluant avec l'âge de la parcelle.

En pépinière ornementale une telle pratique est inenvisageable pour différentes raisons :

- La culture de l'arbre d'ornement n'est pas une culture de rente mais une culture de production : il est donc impératif de libérer au plus vite les parcelles pour la production suivante, ceci sans les épuiser.
- La culture de production implique pour la commercialisation l'arrachage à terme d'un sujet vivant à replanter.

Cette étape culturale (arrachage et plantation sur site) particulièrement traumatisante doit être préparée.

## 5.2. La contre-plantation.

L'élevage d'arbre d'ornement est généralement ponctué de contre-plantations\*\*\*\*, c'est-à-dire d'arrachage puis transplantation du sujet sur une parcelle de densité moindre. La transplantation d'abord racine nue du jeune plant ou du baliveau est par la suite conduite en motte sur la tige au-delà de la force 16. Dans les jeunes stades de développement, l'arrachage est fait manuellement, les plants sont livrés racines nues. Dans les stades plus avancés, l'arrachage est mécanique et les plants sont livrés en motte.

**\*\*\*\*Remarque importante : la mécanisation des étapes culturales est lourde de conséquence sur la qualité des enracinements. L'arrachage et la fabrication de mottes à la machine crée sur les plaies des déchirures et des éclatements des racines de plus de 2-3 cm de diamètre qui mettent en péril leur capacité de régénération. La proportion d'enracinement ainsi altérée à chaque étape de transplantation est impossible à évaluer au cœur de la motte. Chez les plants plus jeunes arrachés racines nues à la main, ces plaies sont moins importantes, sont visibles, et peuvent être reprises au sécateur au moment de la plantation.**

La contre-plantation a pour objectif d'anticiper les processus naturels de fourchaison et de développement retardé (voir partie 2) augmentant ainsi l'effectif tout en diminuant **transitoirement** le diamètre racinaire (planches 9 à 15).

Dans son principe, la répétition de contre-plantation devrait être bénéfique pourvu que :

- le diamètre des mottes soit régulièrement et conséquemment accru de manière à assurer dans tous les cas la section de racines de faible diamètre (moins de 2 à 3 cm)
- l'intervalle de temps entre 2 contre-plantations autorise
  - une véritable régénération des racines amputées
  - la poursuite de leur développement et le passage au stade de développement suivant.

**LES CONTRE-PLANTATIONS NE DOIVENT EN AUCUN CAS BLOQUER LE DEVELOPPEMENT RACINAIRE A UN STADE DONNE.**

Les normes françaises (norme AFNOR NF V12-051 et NF V12-55 (décembre 1990), et les règles de l'art actuelles préconisent :

- un diamètre de motte au moins égal à 3 fois la circonférence du tronc à 1m, toute espèce et tout stade de développement confondus\*.
- une contre-plantation tous les 2 à 5 ans, le nombre de contre-plantation exigibles étant fonction de la force (et indirectement de l'âge) du plant (voir premier et deuxième élevages).

\*les propositions de norme européenne tendent à augmenter le volume des mottes vers un rapport égal à 4x la force.

Constituant une moyenne, ces valeurs ne peuvent pas prendre en compte le stade de développement racinaire, la cinétique spécifique de déploiement de l'enracinement et les aptitudes propres de chaque essence à régénérer.

Les jeunes stades de développement conduisent à l'installation de très nombreuses racines généralement de faible diamètre et longueur (racine d'exploitation, chevelus ou jeune colonisation voir partie 2). A ce stade, une taille « proche » du tronc (rayon = 3 fois la circonférence) est le plus souvent sans risque car :

- La régénération de racines juvéniles de petit diamètre est la plus aisée
- L'enracinement est largement pourvu d'axes d'exploitation à proximité des zones sectionnées compensant la perte de volume
- Le sujet est généralement arraché racine nue ce qui détermine :
  - un rapport force/rayon de l'enracinement le plus généreux et le plus favorable

- une qualité du stockage et de la protection des racines la plus facile à mettre en œuvre
- un délai arrachage-transplantation le plus court possible
- une saison de transplantation adéquate (on ne se permet pas de faire attendre de la racine nue).

Les stades de développement ultérieurs assurent la mise en place d'un effectif moindre de racines de colonisation puis de charpentières pérennes de gros diamètre si le développement n'est pas bloqué. Parallèlement la proximité du tronc se dégarnit de son chevelu et de ses racines d'exploitation.

- Corrélativement, le rapport diamètre du tronc / diamètre de la motte sectionnant des racines de moins de 3 cm de diamètre n'est plus le même que dans les premières étapes.
  - Il est largement supérieur à 3x la circonférence de la tige si le développement n'a pas été bloqué
  - Il est extrêmement variable selon la vigueur de l'enracinement, son degré de fourchaison, la tolérance des racines à la taille changeant fortement selon le diamètre et l'essence considérée.
- Dans la mesure où les rapports force/diamètre de la motte restent constants, la proportion d'enracinement laissé dans la parcelle à chaque transplantation augmente donc.
  - Elle est d'autant plus importante que l'arbre est gros, âgé, si son développement racinaire n'a pas été bloqué.
  - Elle affecte la charpente pérenne de l'arbre.
- Les essences tolérant le mieux les contre-plantations répétées sont celles aptes au développement retardé. Ce processus leur permet de maintenir un potentiel rhizogène de survie et de nutrition au niveau de la souche.

Pour limiter en parallèle le diamètre des mottes et celui des plaies racinaires, les tailles devraient être plus fréquentes et n'intervenir que sur de toutes jeunes régénérations de faible section (une autre alternative d'élevage supposée étant le conteneur supprimant l'opération de taille voir §533).

Mais une fréquence élevée des tailles racinaires bloque le développement\* et débouche sur la production d'un enracinement s'apparentant à une énorme tête de chat dans laquelle toute hiérarchie du développement a disparue.

\* remarque : de la même manière, la taille répétée des arbres fruitiers a pour résultat de limiter le développement végétatif au profit de la production de fruits. Dans certains cas des portes greffes « nanisants » (système racinaire de faible développement) sont utilisés pour accomplir cette fonction.

L'enracinement est prématurément vieilli. Hors du carré de pépinière et de ses apports optimums (eau, engrais), dans un environnement plus contraignant, la régénération conforme de ces enracinements est souvent bloquée même si la mort est différée.

En conséquence, le conditionnement en motte avec des contre-plantations répétées peut maintenir en vie (*éventuellement via le développement retardé*), les racines d'exploitation, le chevelu et au mieux de jeunes racines de colonisation dans un enracinement profondément mutilé, souvent inapte à régénérer à terme une véritable charpente pérenne.

C'est pourquoi dans la perspective d'une plantation durable, le conditionnement racine nue doit être de rigueur pour juger de la qualité des plants. Et par conséquent, la force à la plantation et le nombre des contreplantations doivent être diminués. L'investissement doit être orienté sur la préparation du site de plantation, la rapidité de l'opération de plantation et le suivi adéquat des besoins en eau et de la reprise.

La motte (ou le conteneur) ne sont à utiliser que ponctuellement, pour une plantation de prestige demandant un effet immédiat, à considérer cependant comme transitoire en accompagnement éventuel de jeunes sujets d'avenir peu mutilés et plantés racine nue.

### 5.3. Autres pratiques d'élevage.

#### 5.3.1. Tranchage et travail du sol

D'autres pratiques culturales peuvent venir compléter voire suppléer les arrachages : le passage d'engins tranchants, dans l'inter-rang parallèlement à la ligne d'arbres, sectionne les racines, limite ainsi leur progression latérale entre deux contre-plantations lors du travail du sol. Néanmoins ces pratiques ont des désavantages qui se répercutent ultérieurement sur la qualité de l'enracinement :

- Elle ne concerne que la partie d'enracinement développée dans l'inter-rang et pas celle située dans le rang

- Le travail du sol peut induire un entrainement des racines par les engins lors de leur passage de sorte que
  - *la distribution des racines n'est plus homogène autour du tronc,*
  - *les plaies peuvent être en biais voire longitudinales et non perpendiculaires à l'axe racinaire\*,*
  - *des phénomènes d'étranglement du collet peuvent apparaître ultérieurement dans les mottes.*
- Elles se substituent parfois à une véritable contre-plantation.

### 5.3.2. Plançons et Macrobouturage

Certaines pratiques de multiplication végétative sont conduites hors pépinière de multiplication directement en phase de 1<sup>er</sup> élevage (planches 4, 6 et 14). Elles utilisent des explants très volumineux (perches parfois de plus d'1 m de haut et 1,5 cm de diamètre) de certaines essences (platanes, peuplier, orme, tilleul, etc.) produisant beaucoup de racines d'exploitation.

Certains des traitements pratiqués en pépinière d'élevage (irrigation, apport massif d'engrais, etc.) favorisent de plus une croissance très vigoureuse de ces jeunes tiges racinées atteignant très vite (trop vite) les forces de commercialisation (tige de 12-14 / 14-16 âgées au total de 5-7 ans seulement) sans avoir régénéré une véritable charpente racinaire. Brutalement sevrés d'engrais et d'eau en abondance, ces sujets rencontrent de très grandes difficultés de reprise sur site, leur enracinement s'apparentant à une énorme tête de chat dans laquelle aucune hiérarchie ne parvient à s'établir.

**\*Remarque : L'étude de la partie aérienne de ces sujets (nombre de vague de croissance dans la pousse annuelle, longueur totale de la pousse annuelle et évolution dans le temps de l'accroissement annuel, mode de ramification - présence d'anticipés- et distribution des rameaux sur la pousse) sont des indicateurs d'un développement extrêmement vigoureux. Placés en situation contraignante (environnement urbain), de tels sujets auront de grandes difficultés de reprises.**

### 5.3.3. Tiges, cépées élevées en conteneur

Malgré les connaissances acquises sur l'impact du confinement de l'enracinement sur son développement ultérieur, l'élevage en container est également une pratique en voie de progression visant à s'affranchir de contraintes saisonnières diminuant les capacités régénératives des racines après la taille.

Le container qui n'offre pas un volume plus grand que la motte permet de s'affranchir de la taille racinaire. Le sujet élevé en container « serait ainsi plantable » en toute saison.

Cependant, dans la mesure où le développement racinaire est synonyme de croissance en longueur et diamètre, le confinement dans un volume restreint, sans pratique de taille, est à proscrire : il ne peut déboucher que sur le chignonage pour des sujets ayant dépassé les toutes premières étapes de l'élevage et non conditionnables en racines nues. Pour s'affranchir de la contrainte induite par un volume de culture restreint, le container cache souvent une énorme tête de chat fortement mutilée et élevée dans un substrat de forçage.

## 5.4. Nomenclature des plants

### 5.4.1. En pépinière de multiplication

En pépinière de multiplication (plus particulièrement en pépinière forestière, et moins systématiquement en pépinière ornementale), un codage de la fourniture végétale permet de connaître l'origine du plant, les différents traitements subis et la durée de chacun d'entre eux. La nature du matériel végétal d'origine, les interventions types et les volumes de substrat de culture sont signifiés par des lettres associées à des chiffres indiquant la nature de chaque traitement et sa durée en année.

Chaque changement du milieu de culture est précédé d'un signe / ou + voire x. Les opérations de soulèvement (passage d'une lame sectionnant la radicule sous le semis laissé sur place) ou dépivotage (section du pivot au repiquage) font l'objet d'un codage propre. Une explication du codage est le plus souvent fournie. Le plant issu de la pépinière de multiplication âgé de 3 ans au plus est donc identifié par son nom scientifique latin (nomenclature binomiale internationale) et décrit par son code et sa hauteur en cm. La provenance des graines peut être spécifiée pour les plants forestiers.

Matériel original	Codage	Opération culturale	Codage	Volume de culture codage
Semis	1	Soulevé / dépivoté	U	Pas de code pour le plein sol
Végétatif : bouture	0	Repiqué / repoté	/ ou + ou x	A alvéole
Végétatif : greffe	X			P godet
Végétatif : marcotte rejet stolons drageons etc.	-			C container
Vitro plant	TC			

Exemple de codage : extrait du catalogue des pépinières A Briand

Genre espèce variété cultivar	CODE	DECODAGE	AGE TOTAL
BETULA nigra	0/1/1P1L	Bouture/ 1 an / repiqué 1 an en pot de 1 litre	2 ans
BETULA pendula	1/1	Semis 1 an / repiqué 1 an	2 ans
BETULA pendula Crispa (=dalecarlica)	TC/1/2	Vitroplant / repiqué 1 an / repiqué 2 ans	3 ans
BETULA pendula Fastigiata	TC/1/1P1L	Vitroplant / repiqué 1 an / repiqué 1 an en pot 1 litre	2 ans
BETULA utilis Dorenboos (=jacquemontii)	X/1/1P9	Scion greffé / 1an / repiqué 1 an en pot 9 cm diamètre	2 ans
CARPINUS betulus Fastigiata	X/1/0P9	Scion Greffé / 1an / repiqué en pot 9 cm diamètre	1 an
CUPRESSOCYPARIS leylandii	0/1/0A4	Bouture/ 1 an / repiqué sur alvéole 4 cm diamètre	1 an
CUPRESSOCYPARIS leylandii 2001	0/1/0A5	Bouture/ 1 an / repiqué sur alvéole 5 cm diamètre	1 an
CUPRESSOCYPARIS leylandii Blue jeans cov	0/1/1A8	Bouture/ 1 an / repiqué 1 an sur alvéole 8 cm diam	2 ans
CUPRESSOCYPARIS leylandii Blue jeans cov	0/1/1P9	Bouture/ 1 an / repiqué 1 an en pot 9 cm diamètre	2 ans
CORYLUS avellana	1/1	Semis 1 an / repiqué 1 an	2 ans
CORYLUS avellana Géante de halle	0/1/2	Marcotte drageon rejet de souche 1 an / repiqué 1 an	2 ans
PRUNUS lusitanica	1/0A7	Semis repiqué au stade cotylédon en alvéole 7 cm	1 an

PROVENANCES DISPONIBLES POUR LES ESSENCES (forestières) RÉGLEMENTÉES Extrait du catalogue NAUDET en ligne

<p><b>PINUS HALEPENSIS Pin d'Alep</b> Matériel sélectionné (étiquette verte) PHA 700-Région méditerranéenne</p> <p><b>PINUS NIGRA var AUSTRIACA Pin noir d'Autriche</b> Matériel sélectionné (étiquette verte) PNI 902-Sud-Est</p> <p><b>PINUS NIGRA var.CALABRICA Pin laricio de Calabre</b> Matériel qualifié (étiquette rose) PLA-VG-002 Les Barres Sivens VG</p> <p><b>PINUS NIGRA var.CORSICANA Pin laricio de Corse</b> Matériel qualifié (étiquette rose) PLO-VG-002 Corse-Haute serre-VG Matériel testé (étiquette bleue) PLO-VG-001 Sologne Vayrières VG</p> <p><b>PINUS PINASTER Pin maritime</b> Matériel qualifié (étiquette rose) PPA-VG-005 Hourtin VF2 PPA-VG-006 Mimizan VF2 PPA-VG-007 St Augustin VF2 Matériel identifié (étiquette jaune) PPA 301-Massif Landais</p>	<p><b>ACER PSEUDOPLATANUS Erable sycomore</b> Matériel sélectionné (étiquette verte) APS 101-Nord APS 200-Nord-Est APS 500-Alpes et Jura APS 600-Pyrénées All 801.03 All 801.08</p> <p><b>FAGUS SILVATICA Hêtre commun</b> Matériel sélectionné (étiquette verte) FSY 101-Massif Armoricaïn FSY 102-Nord FSY 201-Nord-Est FSY 401-Massif central nord basse altitude FSY 402-Massif central nord haute altitude FSY 403-Massif central sud FSY 501-Jura FSY 601-Pyrénées occidentales FSY 633-Pyrénées orientales Slovaquie</p>
---	---

Cette nomenclature détaillée disparaît en pépinière d'élevage. Les 3 étapes (multiplication, premier élevage, forçage) étant le plus souvent conduites dans des pépinières différentes, la traçabilité de l'origine des plants (pépinière de multiplication) et des traitements subis lors du parcours culturel (élevage) est le plus souvent perdue. **La transplantation de la pépinière de multiplication vers la pépinière d'élevage (1 à 3 ans) est comptabilisée comme première contre-plantation et constitue le départ du cycle culturel d'ornement.** L'acheteur apprécie le plus souvent la qualité du lot sur pied en très grande partie sur la base du développement aérien alors que l'essentiel du potentiel de reprise se situe dans les qualités de l'enracinement. Le diagnostic de qualité racinaire doit donc s'attacher à revenir sur l'ensemble des étapes.

#### 5.4.2. En pépinière d'élevage

En pépinière d'élevage les références sont la hauteur, la circonférence et le nombre de contre-plantations :

**Le Jeune baliveau** : végétal exempt de toute taille (des tiges) et élevés à des distances suffisantes pour autoriser un développement équilibré des systèmes aériens et racinaires. La hauteur est comprise entre 1,5 et 1,75 m (on admet en jeune baliveau des hauteurs de 1,0 à 1,2m pour certaines espèces, charme, hêtre greffé, ginkgo, liquidambar, tulipier). Le jeune baliveau peut être utilisé pour la production ultérieure de toute forme (tige, cépée, forme libre, etc.). Il a été contre-planté une fois à la sortie de la pépinière de multiplication.

**Le Baliveau** : La tige est unique et les branches latérales ont pu être taillées en pépinière. La hauteur est supérieure à 1,75 m (on admet en baliveau des hauteurs de 1,25 à 1,75 m pour les mêmes essences que citées plus haut), la force inférieure < à 6cm et le diamètre au collet égal ou supérieur > 3cm. Au terme de 3 années de culture le baliveau est contreplanté (2<sup>ème</sup> contreplantation) pour évoluer selon le traitement subi en tige ou cépée.

**La Cépée** est un individu composé de plusieurs tiges homologues partant au ras du sol de la même souche. La Cépée est produite par section basale de la tige centrale (recépage) du baliveau (ou de la forme tige avant élagage des branches) et développement de plusieurs rejets de régénération (les brins). La force n'étant pas mesurable, la cépée est généralement caractérisée par sa hauteur et éventuellement le nombre de ses brins outre le nombre de contre-plantations.

**La Tige** a une force supérieure à 6 cm. C'est un sujet présentant un fût cylindrique élagué à sa base et surmonté d'un ensemble de plusieurs branches. Les tiges sont classées en fonction de leur circonférence à 1 m du sol de 2cm en 2cm du calibre 6/8 au calibre 18/20 et de 5 cm en 5 cm à partir du calibre 20 (20/25) voire 10 cm pour les très gros spécimens. Elles peuvent subir différentes tailles de formation (fléchage, palissage, couronnage, rideau, etc.). La fréquence des contreplantations est variable selon l'essence, la force et le producteur (voir ci-dessous).

#### EXEMPLES DE CYCLES CULTURAUX :

Dans les tableaux ci-dessous sont indiqués la forme, la force le gain maximal de diamètre du tronc à 1m et le nombre de contre-plantations dans l'étape culturale définie.

Le Platane *Platanus platanor*<sup>R</sup> *vallis clausa* Rouy Imbert résistant au chancre coloré sélectionnée en 2004 par l'INRA issu de plançons.

- Baliveau et tige	5/6 à 12/14	+2.8	2xTR
- Tiges	14/16 à 20/25	+3.5	3xTR
- Tiges	25/30 à 35/40	+4.7	4XTR

Différentes essences produites en tige et conditionnées en motte grillagée à vocation d'alignement pour les plus petits sujets, de plantation isolée pour les plus gros (les intermédiaires étant proposés dans les 2 fonctions – exemple extrait catalogue Lappen 2011/2012).

	Platane hybride ( <i>P. acerifolia</i> )	Charme ( <i>Carpinus betulus</i> )	Tulipier de virginie ( <i>Liriodendron tulipifera</i> )	Metasequoia ( <i>M. glyptostroboides</i> )
3XTR	12/14 à 20/25 +4.1*	12/14 à 20/25 +4.1	12/14 à 18/20 +2.5*	12/14 à 16/18 +1.9*
4XTR	20/25 à 30/35 +4.7	20/25 à 30/35 +4.7	18/20 à 30/35 +5.4	18/20 à 20/25 +2.2
5XTR	30/35 à 40/45 +4.7	30/35 à 40/45 +4.7	30/35 à 40/45 +4.7	20/25 à 40/45 +7.9
6xTR	40/45 à 70/80 +12.7	40/45 à 60/70 +9.5	40/45 à 60/70 +9.5	45/50 à 60/70 +9.5
7xTR	80/90 à 100/120 +12.7	45/50 à 70/80 +11.1	45/50 à 60/70 +7.9	70/80 à 90/100 +9.5

### 5.5. Les références écrites (Normes et Règles de l'art)

Les fiches conseils de l'arboriculture ornementale « arbre en question » (SFA Jac Boutaud et CAUE 77 Augustin Bonnardot) s'appuient sur les normes pour définir les caractéristiques exigibles des plants en pépinières (norme AFNOR NF V12-051 et NF V12-55 (décembre 1990), norme de l'Association Européenne des Pépiniéristes (ENA) de 1996 (valeur de recommandation uniquement) normes forestières de la CEE et du Fond Forestier National (FFN)).

Selon les normes AFNOR NF V12-051 et NF V12-55 le système racinaire doit:

- être normalement constitué
- ne pas présenter de défauts (torsions des racines, lésions ou altérations physiologiques)
  - de nature à porter préjudice à la reprise ou la croissance ultérieure

- et qui seraient dues au système de culture, à l'arrachage, aux différentes manipulations.

La fiche SFA CAUE précise que le système racinaire doit être bien développé avec des racines principales réparties de façon équilibrée tout autour du collet et présenter un chevelu abondant. Il ne doit pas y avoir de racines principales déformées (grosses racines remontantes, chignon, racines étranglantes). Les racines de trop grosse section ne doivent pas être coupées. Le volume du système racinaire doit être bien équilibré avec celui de la partie aérienne.

Pour aller plus loin dans cette définition, il est important de garder en mémoire que lors de la phase d'élevage,

1. La composition de l'enracinement doit régulièrement évoluer avec la force du sujet aussi bien au niveau quantitatif que qualitatif et ce, en harmonie avec le développement aérien (voir partie 2).
2. Les contre-plantations successives ne doivent en aucun cas bloquer ni la croissance, ni le développement racinaire à un stade donné. Elles doivent autoriser la régénération des racines amputées ET la poursuite de leur développement. Il doit donc y avoir des changements qualitatifs importants dans la composition de l'enracinement parallèlement à l'accroissement de la force de plantation.
3. Les contre-plantations doivent respecter l'équilibre quantitatif comme qualitatif des deux sous unités de la plante (houppier/racine).

Ainsi il va de soi que le diagnostic de qualité de l'enracinement ne peut faire abstraction de celui de la partie aérienne : A chaque couple essence/force correspond un stade donné du développement du houppier et parallèlement un état concordant de l'enracinement. Le développement de l'enracinement étant le plus souvent préparatoire à celui du houppier, sa complexité est généralement plus élevée que celle de la partie aérienne (nombre de catégorie racinaire en présence et/ou stade de développement).

L'objectif de l'évaluation de la qualité de l'enracinement est donc de déterminer

- à quel stade de développement l'enracinement se situe au sein de la séquence décrite en partie 2,
- si ce stade est en équilibre avec le développement aérien affiché par le houppier,
- quels sont les déficits éventuels dans l'expression de ce stade (quantitatifs et qualitatifs),
- quels sont les origines de ces déficits,
- si ils peuvent être considérés comme transitoires,
- quels sont les processus de développement en cours susceptibles de compenser dans l'avenir ces déficits.

Les normes mentionnent également que les sujets cultivés et livrés en conteneur ou arrachés en mottes doivent avoir une motte « solide », « proportionnée » à leur taille et suffisamment protégée pour que les différentes opérations de manutention ne portent pas atteinte à la solidité de cette motte.

Elles doivent présenter un « enracinement apparent » sur les parois de la motte au dépotage ou des racines à travers les parois des récipients ajourés. Il est évident que le diagnostic de qualité de l'enracinement ne peut se satisfaire d'une observation aussi sommaire de la périphérie de la motte ou du conteneur.

La sélection de sujets livrés racines nues est à privilégier en grande partie puisque elle est la seule autorisant un véritable diagnostic de l'enracinement à réception de la fourniture. Le fournisseur refusant une garantie sur un couple espèce/force qu'il estime inadéquat pour être traitée en racines nues devrait justifier techniquement et explicitement son refus de garantie. Si le choix du sujet en motte est fait, la sélection dans les carrés devra s'attacher à trouver des arbres dont la partie aérienne a été abimée et qui seront sacrifiés au diagnostic racinaire.

Parallèlement à ce sacrifice, d'autres critères guideront le choix :

#### Critères de croissance aérienne.

Rapport diamètre/hauteur et Rapport hauteur/largeur de la couronne, Nombre de pousses annuelles sur le tronc et les branches, nombre de vague de croissance dans la pousse annuelle, longueur totale de la pousse annuelle, évolution dans le temps de l'accroissement annuel, mode de ramification –présence éventuelle d'anticipés- et distribution sur la pousse) indicateurs du « forçage » subi et du déficit éventuel d'enracinement. La croissance annuelle des tiges doit augmenter régulièrement et faiblement. Les pousses annuelles de 80 cm à 1m de longueur sont à éviter.

Critères de compatibilité de terrain.

Au cours de l'élevage, l'arbre doit s'adapter à une succession de parcelles de contexte pédoclimatique (sol/climat) éventuellement différent. La succession d'étapes de culture sur des sols de qualités très différentes peut induire des perturbations importantes du transfert des flux hydriques entre les différents compartiments de sol constituant la motte (ou le container) lui-même d'une part, puis vers la fosse de plantation et enfin son encaissant d'autre part. Chaque interface entre 2 sols de natures différentes peut conduire à un véritable effet de cernage racinaire voire générer à terme un chignon.



## 6. TABLEAU DE DIAGNOSTIC DE QUALITE DES PLANTS ET GRILLE D'ANALYSE DU TABLEAU

### 6.1. Principe de remplissage du tableau

Le tableau qui suit constitue une grille de diagnostic de la qualité des plants. Il est décomposé en 4 parties successives :

- PARTIE 1 : diagnose de l'état des plaies de taille et de leur régénération
- PARTIE 2 : diagnose du parcours cultural\*
- PARTIE 3 : diagnose du stade de développement de l'enracinement
- PARTIE 4 : diagnose architecturale des différentes catégories d'axe en présence\*\*

\*Certaines parties comme la partie 2 « parcours cultural » sont à remplir en confrontant les résultats de l'enquête faite auprès du pépiniériste vendeur et les données collectées sur l'arbre.

\*\*Les parties 3 et 4 sont à remplir si besoin et en s'aidant éventuellement des tableaux annexes et de leurs clés

Cette grille d'analyse doit rester utilisable par tout professionnel, quel que soit son niveau d'exigence en terme de qualité de la fourniture végétale et quelle que soit l'évolution des normes et procédures de production dans l'avenir.

Elle a pour objectif de proposer un cadre permettant d'établir une comparaison des fournitures proposées.

Elle se réfère aux normes nationales éditées au moment de la réalisation de cette fiche lorsque ces dernières sont posées ou généralement admises (AFNOR, CCAG, CCTP).

Elle n'a pas vocation de se substituer à ces textes de références vers lesquels il convient de toujours se retourner. **En effet les exigences seront différentes selon l'espèce, la force du sujet, son stade de développement, son conditionnement, etc.**

En conséquence, l'utilisateur doit avoir à disposition :

1. des « valeurs » de références de ce qui peut (doit) être exigé (normes)\*
2. des écrits définissant la valeur des écarts acceptables par rapport à ladite référence (normes).

A titre d'exemple (*extrait CCTP de plantation Grand Lyon Plant conditionné en motte grillagée*) Seront refusés :

- les plants présentant une absence de racine sur un secteur couvrant plus d'1/4 des parois externes de la motte
- les plants présentant une absence de racine sur le 1/3 inférieur de la motte

Le diagnostic proposé peut être conduit :

- dans le carré de plantation lors de la sélection de la fourniture végétale : un sujet est arraché par le pépiniériste mais non conditionné
- sur le site de plantation lors de la réception de la fourniture avant plantation : un sujet est observé dans le détail, sa motte si présente est cassée
- sur le site de plantation (avant ou après le terme de la période de confortement) pour rechercher l'origine des défauts de reprise avant remplacement des sujets non repris.

**\*Une méthode performante de compilation de «références» passe par l'exercice de ce diagnostic et la rédaction de fiche-diagnostic à chacune de ces 3 étapes. Elle devrait être systématiquement appliquée sur les chantiers les plus prestigieux et les plus onéreux (exigence à intégrer au CCTP de plantation).**

Il est préférable de remplir ce tableau dans l'ordre proposé ci-dessus, le contenu des premières parties pouvant justifier un refus immédiat de la fourniture sans besoin de pousser plus loin le diagnostic. Des exemples d'objet de refus sont donnés ici à titre d'exemple :

- Valeur du rapport du diamètre de la motte à la circonférence du tronc à 1m <3c. (contractuellement toujours supérieur à 3x c) OU
- Diamètre des plaies racinaires (>> 3cm) + état (fissuration arrachement) + effectif + distribution de ces défauts dans l'enracinement OU
- Paramètres culturaux (mode production du plant, qualité sol motte/sol de plantation, apport d'engrais massif ou irrigation, âge du plant, temps de culture chez le vendeur) en inadéquation avec les ressources du futur site de culture/plantation OU
- Absence de certaines catégories racinaires (chevelus axe d'exploitation).

\* Selon la phase du chantier à laquelle l'analyse est conduite (sélection dans le carré de pépinière / réception de la fourniture sur le chantier / diagnostic postérieur à la plantation), l'ordre de remplissage des 2 premiers tableaux peut être interverti.

Plus le diagnostic exige un remplissage détaillé, complexe, long, des différentes parties du tableau, plus la « qualité de l'enracinement est bonne ». Le fait d'identifier puis de décrire toutes les catégories de racines nommées, leur stratégie de développement et de répétition révèle que l'on s'approche au plus près d'un enracinement bien développé, les proportions relatives des différents types d'axes en présence étant alors susceptibles de mettre en évidence des déséquilibres.

## 6.2. Mise en œuvre du remplissage

### 6.2.1. Menu

Ce tableau est à remplir avec les éléments proposés. Le Menu est déroulé dans la colonne de gauche du tableau (extrême droite de la colonne de gauche).

Les réponses sont codées par des lettres (= initiale de la réponse y compris Oui/Non) ou des chiffres (gamme de grandeur ou valeur absolue à mesurer X= ?).

Les mesures sont conduites à l'aide d'un mètre de couturière (souple pour mesurer les circonférences) et d'un pied à coulisse : l'unité de mesure est généralement le cm.

### 6.2.2. Principe d'échantillonnage

Pour faciliter l'analyse, le système racinaire est virtuellement décomposé en 4 quartiers. Si besoin chaque quartier est à son tour subdivisé en 3 strates (tiers supérieur proche du collet, tiers médian intermédiaire, tiers inférieur correspondant au fond de l'enracinement). Cette opération permet si nécessaire la caractérisation de 12 entités volumiques différentes.

Le nombre de sous unités volumiques ainsi définies et qu'il convient de décrire est à adapter à l'ampleur de la variabilité des données à collecter :

- En cas d'homogénéité totale de l'enracinement, la description d'une entité volumique sera suffisante et les données seront extrapolées à l'ensemble.
- Plus l'hétérogénéité est forte, plus le nombre d'entités à décrire est élevé, l'objectif étant de conduire l'analyse sur un nombre suffisant de sous-unités pour embrasser l'ensemble de la variabilité.

Selon le même principe, chaque racine (ou entité ramifiée) peut être décomposée en 3 compartiments (le tiers basal le plus ancien débute à l'insertion de l'entité considérée sur son axe porteur, le tiers terminal le plus périphérique et le plus jeune est situé sous l'apex, le tiers médian entre les 2 précédents).

Une plaie de taille sera virtuellement subdivisée en 4 quarts pour évaluer le pourcentage de surface cicatrisée et l'hétérogénéité de la répartition et de la nature des rejets.

### 6.2.3. Méthode d'analyse

Les effectifs sont à donner par ordre de grandeur relatif (par tranche de 0 à 5 ; 5 à 10 ; 10 à 20 ; 20-50 ; 50-100 ; 100 à 200 etc.).

Pour chaque sous unité volumique à décrire (telle que définies en 622), il convient de procéder du centre vers la périphérie du système ramifié selon le protocole qui suit :

Combien d'axes centraux en présence au niveau du collet : pivots A1 prolongeant le tronc OU racines charpentières A2 OU forme intermédiaire entre les 2 ?

Pour chaque axe central, combien de racines latérales du type attendue sur ses 3 tiers successifs (charpentières sur le pivot, racine de colonisation sur les charpentières ?).

Il va de soi que si aucun pivot ou aucune racine charpentières ne sont présents en position centrale, il y a lieu de s'interroger sur la raison de cette absence :

- Est-ce un jeune plant en cours de développement dont toutes les catégories ne sont pas encore différenciées ?
- Est-ce un plant fortement mutilé et en cours de régénération ?
- Est-ce un plant dépérissant ?

Se pose alors la question suivante : combien de racines de colonisation partent du pivot ou de la base du tronc ?

Combien de racines d'exploitation portée par chaque racine de colonisation ?

Pour chaque catégorie racinaire, la question supplémentaire est combien de fourches ou rejets sur chaque racine (combien de racines identiques à l'axe porteur) ?

L'analyse des effectifs racinaires a pour but de :

- caractériser les proportions relatives des différentes catégories de racines en présence
- vérifier la conformité des relations hiérarchiques entre catégories racinaires par rapport au stade de développement probable de l'enracinement\* (typologies, effectifs et position relatives des axes dans le système ramifié auxquels on est en droit de s'attendre).

*\*Il est évident que cette analyse requière de posséder des références permettant d'identifier les différentes catégories de racines et les différents stades de développement d'un enracinement (voir première partie de cette fiche). Les parties 3 et 4 du tableau constituent une aide à la réalisation de cette phase du diagnostic.*

### 6.3. Références pour l'analyse des données

#### 6.3.1. Partie 1 Plaies et régénération

Cette partie de l'analyse a pour objectif de caractériser la qualité du travail de contreplantation en pépinière. Cette étude est à conduire de la périphérie vers le centre de l'enracinement. En effet si la dernière des contreplantations, la plus périphérique, déroge aux règles de l'art, il est alors inutile d'analyser plus en détail les contreplantations antérieures.

#### **A propos des Contreplantations :**

Combien de contreplantations sont visibles? Leur nombre est-il en adéquation avec la force du sujet, en respect des règles de l'art? Quelle distance sépare 2 contreplantations successives ( $d < 10$  cm ou  $d > 10$  cm) ? Y a-t-il eu des contreplantations remontantes (coupe au niveau de la précédente voire en amont de celle-ci :  $d = 0$  ou négatif). A chaque contreplantation, le diamètre de l'enracinement a-t-il été toujours supérieur à 3 fois la force de l'arbre ?

#### **A propos de la Cicatrisation des plaies :**

Les plaies ont-elles été pratiquées sur des portions racinaires de diamètre inférieur à celui édicté par les règles de l'art (3-5 cm) ? Sont-elles franches perpendiculaires à l'axe sectionné sans fissuration ni arrachement ?

Les plaies des contreplantations antérieures sont-elles en cours de cicatrisation ? Quel est le taux de fermeture de chaque génération de plaie ?

***Pour chacune de ces questions si la réponse est non, indiquer quelle proportion de l'enracinement fait exception à la règle édictée (par génération de plaie et par sous-unités d'enracinement considérées).***

#### **A propos de la Régénération des racines amputées :**

Les contreplantations ont-elles été suivies d'une régénération et du développement de rejets ?

***Si non quelle génération de plaies et quelle proportion de l'enracinement font exception à la règle édictée (par génération de plaie et par sous-unités d'enracinement considérées) ? Quelle est l'ampleur du dépérissement (part de l'enracinement dont les plaies n'ont pas régénéré) ? Y a-t-il descente de cime racinaire amorcée ou établie ?***

Si oui pour chaque génération de plaie quelle est la localisation, le type et l'effectif des rejets (par quart et par strate) ? L'ensemble du volume racinaire est-il couvert par ce phénomène ?

Pour chaque contreplantation, la régénération a-t-elle été satisfaisante (amputation suivie du développement d'1 à 4 racines de nature équivalente à celle de la portion amputée à proximité immédiate de la plaie) ?

***Si non quel est le type régénéré le plus représenté ? Quel est l'écart de diamètre entre portion amputée et portions régénérées ? (par génération de plaie et par sous-unités d'enracinement considérées) ? Un dépérissement est-il amorcé (descente de cime racinaire ou absence de rejet) ? Sur quelle fraction de l'enracinement ?***

#### 6.3.2. Partie 2 Parcours cultureux

Cette partie a pour objectif de vérifier la validité des caractéristiques de la fourniture végétale et des données concernant le parcours culturel annoncées par le pépiniériste en particulier :

**A propos de l'Adéquation des Volumes :**

Conformité à la norme des paramètres :

Diamètre de l'enracinement / Force de plantation / Mode conditionnement.

**A propos de l'état de l'enracinement et du support du conditionnement :**

Conformité à la norme en ce qui concerne :

La nature, le diamètre du grillage de la motte et son état éventuel de dégradation

Le degré de cohésion de la motte à l'ouverture **complète** du grillage ou à la sortie du conteneur,

L'absence de déformation des racines en périphérie du volume de l'enracinement,

La présence/absence de tontine

L'état de dessiccation/gel de la motte

**A propos de l'environnement de culture**

Adéquation de :

La nature du support de culture en pépinière par rapport aux analyses de la parcelle de culture fournies par le pépiniériste / aux analyses du site de plantation

Des traitements culturels appliqués : arrosage, irrigation, intrants divers par rapport aux exigences du site de plantation

**A propos du mode de production et d'élevage du plant**

Adéquation :

Du mode de production / de l'âge du plant / du nombre d'années de culture chez le vendeur / de la qualité de la fourniture affichée / de la croissance aérienne.

Cette partie est à compléter par un diagnostic du développement aérien (circonférence à 1m, stade de développement, valeur des allongements annuels et répartition dans le houppier + évolution dans le temps, si possible analyse de cernes).

**6.3.3. Partie 3 Etat de développement / Partie 4 Diagnose architecturale axe par axe**

Cette double partie a pour objectif de caractériser le stade et la qualité du développement de l'enracinement en fonction de la nature des catégories racinaires en présence, de leurs relations hiérarchiques et de leurs effectifs relatifs (paramètres qualitatifs et quantitatifs). L'objectif de cette analyse est de définir l'ampleur des écarts à la référence que constituerait l'appareil racinaire d'un sujet de la même espèce au même stade de développement n'ayant subi aucune des contraintes culturelles du parcours en pépinière (tableau d'organisation de l'Unité architecturale racinaire fourni en annexe et en première partie de cette fiche).

Outre les variations quantitatives des effectifs racinaires induites par le parcours particulier en pépinière, ces écarts à la référence peuvent se manifester du point de vue qualitatif par :

- l'anticipation de certaines étapes du développement (fourchaison précoce par exemple)
- le développement de types racinaires hybrides, (dont la différenciation est intermédiaire entre celles de 2 types développés en dehors de tout traumatisme ou toute contrainte) voir effet de la taille en partie 1 de cette fiche

Selon son niveau de compétence, l'acteur pourra s'aider du tableau intitulé diagnose architecturale axe par axe pour identifier les différentes catégories de racines en présence avant de remplir le tableau « Etat de développement ».

PARTIE 1 : PLAIES ET REGENERATION						INFORMATION RECHERCHEE
Nombre de contre-plantation successives visibles X = ? Distance entre contreplantations successives d = ? Contreplantation remontante (si d=<0) Oui/Non Diamètre enracinement à chaque contreplantation D = ? Diamètre actuel motte (D) / circonférence tige (c) D/C						<u>Relations</u> <u>AGE / FORCE DU PLANT</u> NOMBRE /FREQUENCE /ESPACEMENT Des contreplantations
<b>ETAT DES PLAIES DE CHAQUE CONTRE-PLANTATION</b> Pour chaque contreplantation C visible (C1, C2, ..) et chaque catégorie racinaire présente, caractériser l'état dominant et les écarts : - Plaie : Oblique / Perpendiculaire O/P - Plaie : Franche / Déchirure Fr/D - Diamètre Plaie en cm : D = ? - Etat de cicatrisation plaie: o Fermée (F) F o Non Fermée (NF) %age surface non fermée	Pivot	Charpentières Exploration	Colonisation	Exploitation	Chevelu	PROPORTION DE TAILLE ORTHODOXE/ TAILLE MUTILANTE  ETAT ET PERFORMANCE DE LA CICATRISATION
<b>REGENERATION : NATURE DES REJETS DE CHAQUE CONTRE-PLANTATION</b> Pour chaque contreplantation visible (C1, C2, Cn) et chaque catégorie racinaire du tableau, caractériser l'état dominant et les écarts : - Distribution du potentiel rhizogène dans l'appareil racinaire o Limité aux plaies (O/N) o Remontant sur les racines sectionnées (O/N) o Touchant les parties plus anciennes (O/N) ▪ Base des plus vieilles racines (O/N) ▪ Base du tronc (O/N) - Nature des Rejets : dans chaque colonne ci-contre (O/N) o Types racinaires régénérés (O/N) o Effectif de chaque type par plaie 0-1-5-10-20-50 - Position distance des rejets /plaie (remplir chaque colonne) o Autours de la plaie (O/N) o A distance (d) de la plaie d = ?						PERFORMANCE DE LA REGENERATION  ETAT, PERFORMANCE ET DISTRIBUTION DU POTENTIEL RHIZOGENE  ETAT PERFORMANCE ET DISTRIBUTION DE LA REGENERATION

PARTIE 2 : PARCOURS CULTURAUX	A remplir avec aide fiche de culture pépinière	INFORMATION RECHERCHEE
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diamètre motte/Circonférence tige D/C = ?</li> <li>- Modes de conditionnement et d'élevage               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Racine nue RN</li> <li>○ Motte grillagée MG                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cohésion de la motte O/N</li> <li>▪ Diamètre du grillage.....en mm</li> <li>▪ Dégradation du Grillage.....O/N</li> <li>▪ Tontine ..... O/N</li> </ul> </li> <li>○ Conteneur C</li> <li>○ Présence de racines déformées.....O/N</li> <li>○ Substrat* (texture) L A S EG MO</li> <li>○ Apport Engrais* O/N</li> <li>○ Irrigation O/N</li> </ul> </li> <li>- Mode de production :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Semis O/N</li> <li>○ Multiplication végétative O/N                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bouture OU Drageon B/D</li> <li>▪ Marcotte Mte</li> <li>▪ Greffe Gf</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Age du plant mois ou an à préciser X= ?</li> <li>- Nombre d'années de culture chez le vendeur** X= ?</li> </ul>		<p><u>AGE, ETAPES PARCOURS CULTURAL</u> FORCE DIAMETRE ENRACINEMENT</p> <p>RISQUES CULTURAUX LIES AU MODE DE CONDITIONNEMENT AU MODE DE PRODUCTION AU PASSE CULTURAL</p>

\*Demander analyse sol parcelle. Caractériser les dominantes L limon/ A Argile/ S sable/ EG éléments grossiers/ MO matière organique. Prélever dans la motte et faire analyser si diffèrent avec le vendeur \*\* Valider par analyse de cerne sur un sujet

<b>PARTIE 3 : ETAT DE DEVELOPPEMENT</b>	Pivot	Charpentières Exploration	Colonisation	Exploitation	Chevelu	<b>INFORMATION RECHERCHEE</b>
<b>STADE DE DEVELOPPEMENT DE L'ENRACINEMENT</b>						CONFORMITE DE
Types racinaires présents O/N						▪ COMPOSITION ET EFFECTIFS
Effectif (ordre de grandeur) 0-1-5-10-20-50-100-1000						▪ RELATIONS HIERARCHIQUES
Types racinaires hybrides* et effectifs O/N						▪ REPARTITION SPATIALE
Localisation						IDENTIFICATION DES ECARTS A LA
- Dans l'enracinement C/M/P						REFERENCE
- Sur l'axe porteur B/M/T						
Ordre d'axe * A1 ; A2 ; An						

La composition de référence des différents stades de développement est donné en partie 1 de cette fiche

Types racinaires hybrides : la reconnaissance de type racinaire hybride peut demander de passer à l'analyse détaillée axe par axe

C central /M médian/ P périphérique

B basal / Médian / T terminal

A1 axe central n°1 (tronc ou pivot) A2 axe porté par A1, A3 axe porté par A2 etc.

**COMPOSITION DES STADES DE DEVELOPPEMENT AVANT REITERATION (rappel)**

<b>Plantule</b>	<b>Pivot</b>	<b>+ Chevelus</b>			
<b>Jeune plant</b>	<b>Pivot</b>	<b>+ Exploitation</b>	<b>+ Chevelus</b>		
<b>Jeune Individu</b>	<b>Pivot</b>	<b>+ Colonisation</b>	<b>+ Exploitation</b>	<b>+ Chevelus</b>	
<b>Jeune adulte</b>	<b>Pivot</b>	<b>+ Exploration</b>	<b>+ Colonisation</b>	<b>+ Exploitation</b>	<b>+ Chevelus</b>
<b>Position dans le système ramifié</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>

<b>PARTIE 4 : DIAGNOSE ARCHITECTURALE AXE PAR AXE (se référer au tableau annexe)</b>	Pivot	Charpentières Exploration	Colonisation	Exploitation	Chevelu	<b>INFORMATION RECHERCHEE</b>
<b>DEVELOPPEMENT DE CHAQUE TYPE RACINAIRE</b> Orientation/changement d'orientation H/V/M Longueur en cm, Forme Co ; Cyl Défilement (FF) F; f (ff); 0 Diamètre Basal/Médian/Terminal Db, Dm, Dt cm Symétrie R BiL DV Racines latérales : - Type de racines latérales, remplir chaque colonne O/N - Effectif par axe porteur (ordre de grandeur) - Distribution sur l'axe porteur - Rangée latérale ventrale dorsale.....L/V/D - Portion basale médiane terminale..... B/M/T  <b>REITERATION SUR CHAQUE TYPE RACINAIRE</b> Remplir chaque colonne :						DEFINITION DES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES DE L'ARCHITECTURE DE REFERENCE DE L'ESPECE = UNITE ARCHITECTURALE STRATEGIE DE REITERATION  IDENTIFICATION EVENTUELLE DE TYPE MORPHOLOGIQUE HYBRIDE :  DEFINITION DE LA STRATEGIE DE REITERATION DE L'ESPECE
- <b>FOURCHE</b> OUI / NON - Nombre - Forme 2 H /2V / 2H+1V - Localisation sur l'axe porteur B/M/T <b>DEVELOPPEMENT RETARDE</b> OUI / NON - Type racinaire mis en place - Localisation sur l'axe porteur B/M/T						DESEQUILIBRE EVENTUEL RELATIONS HIERARCHIQUES REMONTEE EVENTUELLE DU POTENTIEL RHIZOGENE ■ DE LA PERIPHERIE VERS LE TRONC ■ DESCENTE DE CIME RACINAIRE ■ VIEILLISSEMENT PREMATURE

H horizontal/ V Vertical / M mixte

Co Conique, Cyl cylindrique

FF Très fort F Fort, f faible, ff très faible, 0 non perceptible à l'œil nu

Db diamètre basal, Dm diamètre médian, Dt Diamètre terminal







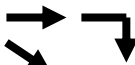

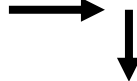





Symétrie R radiale, BiL Bilatérale, DV Bilatérale et différenciation dorsiventrale

Forme Fourche : 2H 2 racines horizontales, 2V 2 racines verticales, 2H+1V 2 racines Horizontales +1 racine verticale

B basal / Médian / T terminal



**ANNEXE : ELEMENTS DE CARACTERISATION DES CATEGORIES RACINAIRES ET DE L'UNITE ARCHITECTURALE RACINAIRE**

	PIVOT	CHARPENTIERE	COLONISATION	EXPLOITATION	CHEVELU
POSITION	CENTRALE A1	CENTRALE LATÉRALE A2	LATÉRALE A3	PERIPHERIQUE A4	PERIPHERIQUE A5
Anatomie	Ligneuse Epaisse	Ligneuse Epaisse	Ligneuse épaisse	Ligneuse Grêle	NON Ligneuse
Forme	Conique +/- cannelée	Conique +/- cannelée	Cylindrique	Cylindrique	Cylindrique
Défilement	Fort 	Fort 	Faible 	Sub nul 	non perceptible à l'œil nu 
Orientation possible	Verticale ou Mixte : verticale puis horizontale 	Horizontale ou Oblique ou Mixte : Horizontale puis verticale 	Verticale ou Horizontale 	Verticale ou Horizontale 	Sans orientation définie
Symétrie	Radiale	Bilatérale ou Bilatérale et dorsiventrale Bilatérale et devenant radiale	Bilatérale	Bilatérale	Bilatérale
Forme de la section					
Durée de vie	Pérenne	Pérenne	Définie Elagage à long terme	Définie Elagage à moyen terme	Définie Elagage à court terme
FONCTION MAJEURE	ANCRAGE ORGANISATION du développement	EXPLORATION	COLONISATION	EXPLOITATION	ABSORPTION
Fonctions secondaires	Exploration + Colonisation + Exploitation + Absorption	Colonisation + Exploitation + Absorption	Exploitation + Absorption	Absorption	<i>symbiose mycorhize nodule</i>

**Position et Nomenclature** : La première racine sortant de la graine, la plus centrale du système ramifié, est appelée Axe 1 ou A1. Issues de sa ramification, ses racines latérales sont des A2 portant eux même des A3 etc.

**Orientation** : Pivot et charpentières sont généralement sensibles à la gravité et montrent une orientation de croissance définie par rapport à cette dernière même si elle peut évoluer parallèlement à l'allongement.

**Symétrie** : La répartition des racines latérales en 2, 3 ou un plus grand nombre de rangées détermine la symétrie de la racine. La forme de la section racinaire et le départ des formations latérales sont schématisés :

- 2 rangées longitudinales de part et d'autre de l'axe porteur déterminent une symétrie bilatérale (symétrie par rapport à un axe vertical passant par le centre de la racine)
- 3 rangées longitudinales 2 latérales 1 ventrale détermine une symétrie bilatérale avec dorsiventralité (le « dos » et le « ventre » de la racine sont différents)
- plus de 3 rangées détermine une symétrie radiale par rapport au point central de la section racinaire

**L'orientation de croissance et la symétrie de la racine** sont généralement couplées : une orientation de croissance verticale est souvent associée à une symétrie radiale et à la distribution des racines latérales dans tous les azimuts, une orientation de croissance horizontale est souvent associée à une symétrie bilatérale et la distribution des racines latérales selon deux rangées horizontales. Les racines charpentières ont un comportement intermédiaire dans leur région basale (symétrie bilatérale dorsiventrale) en raison de la présence d'une rangée de pivots à leur face inférieure.

**Durée de vie et Fonction** Le cumul des différentes modalités d'expression de chacune des propriétés listées dans la colonne de gauche détermine la différenciation morphologique et fonctionnelle de chaque catégorie racinaire par rapport aux autres constituants de l'enracinement. Les différentes associations de caractères sont révélatrices des fonctions des racines :

- la racine ligneuse pérenne conique verticale à symétrie radiale est un pivot en position centrale
- la racine ligneuse caduque horizontale à symétrie bilatérale est une racine de colonisation ou d'exploitation périphérique.

Toute racine ligneuse absorbe et exploite le milieu dans sa portion la plus jeune. Par contre sa fonction majeure permet de la différencier des autres catégories. Ainsi plus une catégorie racinaire est éphémère, plus elle est spécialisée (nombre de fonction réduite). Plus elle est centrale plus le nombre des fonctions qu'elle remplit est élevé. Il est important de garder en mémoire qu'une catégorie racinaire donnée le plus souvent, développe différents types de formations latérales.

## **Bibliographie**

Guinaudeau, C . (1987). Planter aujourd'hui bâtir demain le préverdissement. Ed. IDF

Bourgery, C., Castaner, D. (1988). Les plantations d'alignement. Ed. IDF

Atger, C. (1995). Le système racinaire des arbres : structure et fonctionnement. Synthèse bibliographique  
Association Sequoia

Bonnardot, A., Boutaud, J. Le choix des arbres en pépinière. Fiche conseil du CAUE 77, juillet 2001.

European Nurserystock Association (2010). European technical and quality standards for nurserystock. ENA Ed.

Voir sites internet de pépinières de multiplication et d'élevage sur lesquels elles décrivent les parcours cultureux et les modes de conditionnement.