

Observation du système racinaire de clémentiniers exploités dans la plaine orientale de Corse

Alain Delaunay^{a*}
Jean Bouffin^b
Jean-Marc Gandoin^b
Victor Paolacci^b

^a Cirad-Flhor,
BP 153,
97202 Fort-de-France cedex,
France

^b Station de recherche
agronomique, Inra / Cirad
20230 San Giuliano, France

Observation of the root system of clementine trees on the eastern plain of Corsica.

Abstract — Introduction. On the eastern plain of Corsica, the soil type and the irrigation doses applied in clementine orchards have resulted in a soil-irrigation system whose main effect is to “mask” the effect of edaphic conditions on fruit quality. **Study methods and techniques.** The tree root system was studied by clearing the soil from around the feeder roots, to a depth of 20 to 30 cm, all around the trunk and using the pedological trenches dug in the orchards, level with the tips of the branches. **Results.** The clementine root system in the topsoil is split into two distinct strata: a lower stratum, whose position depends on the depth of the compact horizon in the soil, and an upper stratum, made up of efferent roots which grow vertically upwards towards the soil surface. A study of the clementine tree root profile revealed that the area of the topsoil colonized by the roots has gradually shrunk due to compaction of the lower part. The roots react to this modification by growing close to the soil surface. **Discussion.** The soil-irrigation system that develops appears to be behind the negative geotropism shown by certain roots. Controlling irrigation is essential in determining the optimum conditions of an anthropic system in which the amount of usable soil can be reduced to that of agricultural soil. **Conclusion.** In view of the observations made of clementine tree root system development under the soil conditions on the eastern plain of Corsica, it is essential to review the cropping techniques practised so as to more effectively maintain soil production capacity. © Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Corsica / *Citrus reticulata* / root systems / rooting / soil types

Observation du système racinaire de clémentiniers exploités dans la plaine orientale de Corse.

Résumé — Introduction. Dans la plaine orientale de Corse, la nature du sol et les doses d'irrigation appliquées en vergers de clémentiniers définissent un système de type sol-irrigation dont le premier effet est de « masquer » l'influence du milieu édaphique sur la qualité des fruits récoltés. **Méthodes et techniques d'étude.** Le système racinaire des arbres a été étudié en dégagant les racines superficielles, sur une épaisseur de sol de 20 à 30 cm, tout autour du tronc et en utilisant des fosses pédologiques ouvertes dans les vergers, à l'aplomb de la frondaison. **Résultats.** L'enracinement superficiel du clémentinier met en évidence deux strates distinctes de répartition des racines : la strate inférieure, dont la localisation dépend de la profondeur d'apparition de l'horizon compact sous-jacent au sol et la strate supérieure formée à partir de racines efférentes qui remontent verticalement vers la surface du sol. L'étude du profil racinaire des clémentiniers permet de montrer que la frange superficielle de sol colonisée par les racines a progressivement diminué par compactage de la partie inférieure. Les racines répercutent cette modification en se localisant en surface. **Discussion.** Le système sol-irrigation qui se met en place serait à l'origine du géotropisme négatif que manifestent certaines racines. La maîtrise de l'irrigation est un préalable pour déterminer les conditions optimales d'un anthroposystème où le sol utile serait réductible au sol agricole. **Conclusion.** À partir des observations effectuées sur l'évolution du système racinaire des clémentiniers dans les conditions pédologiques de la plaine orientale de Corse, il devient nécessaire de réviser les techniques culturales utilisées afin de mieux maintenir la capacité de production du sol. © Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 21 décembre 1998
Accepté le 28 avril 1999

Fruits, 1999, vol. 54, p. 331–340
© 1999 Éditions scientifiques
et médicales Elsevier SAS.
All right reserved

RESUMEN ESPAÑOL, p. 340

Corse / *Citrus reticulata* / système racinaire / enracinement / type de sol

1. introduction

Différents facteurs peuvent influencer la qualité des clémentines : d'une part la position des fruits dans la frondaison, leur exposition par rapport aux quatre points cardinaux et leur date de récolte [1], d'autre part les pratiques culturales appliquées au verger et la nature des sols.

Afin de mieux évaluer l'effet de ces deux derniers facteurs sur la qualité de la clémentine, une enquête a été entreprise en 1994, dans les vergers de la plaine orientale de Corse, pour identifier les pratiques des producteurs et, conjointement, analyser les sols d'une centaine de parcelles échantillonnées au cours de cette étude. Les résultats ont confirmé l'importance qu'avaient l'exposition des fruits et la conduite culturale des arbres sur un certain nombre de critères définissant la qualité des fruits : taux d'acidité et de sucres, rapport extrait sec/acidité, pourcentage de jus, etc. (Bouffin, communication personnelle). En revanche, l'étude pédologique détaillée effectuée n'a pas permis d'établir de relation directe entre les caractéristiques des sols et la qualité des fruits.

Face à ce constat, nous avons fait l'hypothèse que la nature du sol et le type d'irrigation apportée aux arbres pouvaient déterminer les conditions d'un système de type « sol-irrigation » auquel réagirait le clémentinier. Dans ces conditions, la modification de l'un des facteurs, la nature du sol en l'occurrence, n'aurait pas d'effet direct sur le comportement des arbres et sur leur production.

Dans la plaine orientale de Corse, les sols présentent un premier horizon généralement peu profond (de 15 à 60 cm), de texture sablo-argileuse à sablo-limono-argileuse, reposant sur un lit d'argile rouge ou de schiste altéré ; les apports d'eau par irrigation sont souvent excessifs et très largement supérieurs aux normes requises pour cette région. Dans ces terrains, l'irrigation accélère le lessivage des éléments fins et favorise la formation d'un horizon imperméable à faible profondeur, horizon dit de « fragipan ». Nous avons pu constater que, après un apport par aspersion de 45 mm

d'eau, seuls les vingt premiers centimètres de sol étaient humidifiés, mais aussi saturés en eau. Cette saturation, régulière, des horizons de surface provoque un stress hydrique de la plante.

Il est admis que la morphologie des systèmes racinaires est fixée génétiquement, mais qu'elle peut être influencée par son environnement [2]. Cette morphologie peut être étudiée de trois façons :

- en laboratoire, dans des dispositifs de type rhizotron, qui permettent de suivre la croissance des racines en utilisant diverses techniques expérimentales ;
- in situ, en conditions non contraignantes et en milieu relativement homogène, où il est possible d'élaborer des modèles spécifiques de développement de l'architecture racinaire [3] ;
- au champ, en conditions non contrôlées, où l'architecture du système racinaire s'exprime par rapport aux facteurs de son environnement.

Au champ, l'efficacité du système racinaire se définit en fonction de son extension spatiale, de ses possibilités de croissance et de ses capacités d'absorption [4]. Plus généralement, le fonctionnement des racines dépendrait de leur architecture, des conditions du milieu édaphique et du flux d'évaporation aérienne, dont on sait qu'il est affecté par la saturation en eau du sol.

À notre connaissance, en cultures irriguées, les études ont davantage porté sur les conditions d'absorption racinaire en relation avec la localisation des engrais apportés que sur l'effet d'un excès d'irrigation sur l'architecture racinaire. Pour les pommiers, cependant, l'absorption du phosphore serait nulle dans un sol saturé en eau [5].

Les travaux présentés se sont intéressés plus particulièrement à l'influence de la saturation en eau des horizons de surface sur l'architecture du système racinaire des clémentiniers, placés dans les conditions de la plaine située à l'est de la Corse, qui avaient fait l'objet des enquêtes précédentes.

L'objectif de l'étude a été de décrire la morphologie des racines et leur organisation en fonction de la structure des sols.

2. méthodes et techniques d'étude

Certains travaux [6] sur la mandarine Kinnow et la lime acide greffées sur *Citrus karsa* avaient montré que le greffon pouvait avoir une influence sur l'activité racinaire, le maximum d'activité se limitant à une profondeur variant entre 16 à 24 cm, à une distance radiale de 40 cm, et évoluant différemment au-delà pour la lime et la mandarine. Cependant, l'objet de notre étude n'a pas été de comparer le comportement de divers porte-greffes ou associations sur le développement racinaire ; nous n'avons donc pas fait de distinction entre les divers porte-greffes – *Citrus aurantium*, *Poncirus trifoliata*, citrange Troyer ou citrange Carrizo (variétés hybrides obtenues par croisement de *Citrus sinensis* × *Poncirus trifoliata*) – utilisés pour la clémentine commune.

Des observations préliminaires, réalisées sur des arbres arrachés de deux plantations de clémentiniers, nous ont permis de constater que l'enracinement de ces arbres était resté très superficiel, n'excédant jamais 50 cm, profondeur correspondant à l'épaisseur des horizons détritiques meubles de surface, seuls colonisés par les racines. Tous ces plants présentaient, au centre de la couronne de racines secondaires, un pivot non développé d'une longueur n'excédant pas 20 cm.

Puisque, dans ces sols, les clémentiniers ne colonisaient que les horizons détritiques meubles de surface, il était alors admissible de restreindre l'étude des systèmes racinaires aux seules racines localisées dans les horizons superficiels. Deux techniques d'observations ont donc été adoptées :

- l'une a consisté à dégager le système racinaire de clémentiniers sur pied sur une profondeur de 20 à 30 cm ;

- l'autre a conduit à étudier des profils racinaires à partir de fosses pédologiques ouvertes sur une profondeur de 1,5 m à l'aplomb de la frondaison et orientées parallèlement à la ligne de plantation.

Toutes les observations ont porté sur des arbres adultes, âgés d'au moins 20 ans et se trouvant dans un bon état sanitaire.

3. résultats

3.1. l'enracinement superficiel du clémentinier

Dans la plaine orientale de Corse, quels que soient la nature des sols et le mode d'irrigation – aspersion, microjet, goutte-à-goutte –, les racines superficielles du clémentinier peuvent être classées dans l'une ou l'autre de ces deux catégories : racines secondaires principales ou racines « efférentes ».

Les racines secondaires principales se disposent de manière radiale autour du tronc. Pour l'essentiel, elles se localisent à l'aplomb de la frondaison, cependant, dans des parcelles à enherbement permanent, elles peuvent se prolonger jusque dans l'interbande. Elles plongent faiblement jusqu'à la base de l'horizon détritique meuble, ce qui confirme l'inaptitude du clémentinier à prospector les faciès d'argiles compactes ou de schistes.

À quelques décimètres seulement de la base du tronc, les racines secondaires principales se divisent une première fois, donnant naissance à une racine secondaire d'ordre 2 et à une racine efférente, de diamètre systématiquement inférieur à celui de la racine secondaire. Ces racines – secondaire ou efférente – vont à leur tour se ramifier par dichotomies successives.

Les racines secondaires principales sont donc à l'origine d'une zone, située à la base de l'horizon superficiel, où se localise une part importante de l'enracinement ; nous appelons cette zone « strate inférieure » de l'enracinement. La plupart des racines efférentes restent dans cette strate inférieure où, à l'instar des racines secondaires, elles se divisent par dichotomie. Cependant, certaines d'entre elles, directement issues de racines secondaires principales, remontent verticalement vers la surface du sol à proximité de laquelle elles se ramifient soit en bouquets denses de fines radicelles qui présentent également une croissance verticale jusqu'à atteindre la limite supérieure du sol, soit en racines adventives, plus ou moins ramifiées, formant un plateau horizontal au-dessus de la racine efférente verticale dont elles sont issues.

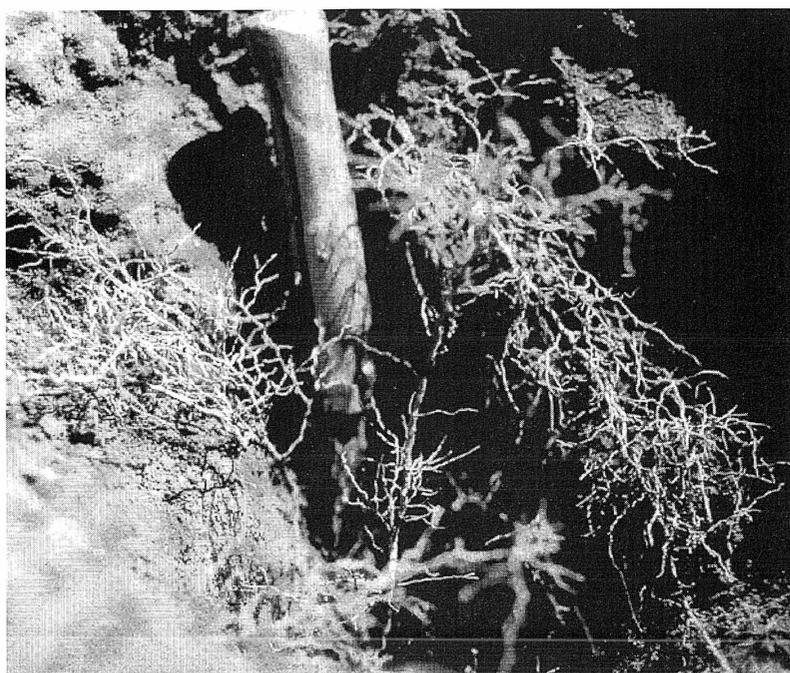


Figure 1.

Dégagement du système racinaire du clémentinier, sur une profondeur de 20 à 30 cm, dans un sol à formations détritiques meubles sur argiles ou sur schistes : observation d'une racine efférente, ascendante sur 8 à 10 cm, qui se replie ensuite en direction du tronc le long duquel elle s'élève jusqu'à atteindre la surface du sol.

Figure 2.

Dégagement du système racinaire du clémentinier, sur une profondeur de 20 à 30 cm, dans un sol alluvial humifère : observation de radicelles à croissance verticale adoptant une physionomie apparentée à celle d'un cyprès pyramidal.



Au-dessus de la strate inférieure, il se détermine alors une « strate supérieure » de l'enracinement, qui apparaît contingente à la première.

Entre les strates inférieure et supérieure, sur une hauteur de 10 à 20 cm mais qui varie en fonction de l'épaisseur de l'horizon détritique meuble, il n'y a pas d'autres racines que celles orientées verticalement. Tout se passe comme si cette partie de l'horizon était stérile.

3.1.1. observations ponctuelles

L'enracinement du clémentinier a tout d'abord été analysé à partir du dégagement, sur 20 à 30 cm, de quatre systèmes racinaires particuliers qui rendent compte de l'expression du phénomène et de sa diversité morphologique.

a) La mise à nu de la base d'un premier arbre a permis de dégager, dans des formations détritiques meubles, une racine efférente, ascendante sur 8 à 10 cm, se repliant ensuite en direction du tronc ; cette racine s'élève ensuite le long de ce tronc jusqu'à atteindre la surface du sol où elle se déploie en un réseau de radicelles (*figure 1*). Le dégagement de cette zone fait apparaître la racine mère, appartenant à la strate inférieure, et la racine efférente, verticale et ascendante, au sommet de laquelle se développe, en limite de surface du sol, le réseau de radicelles.

En pratique, l'essentiel de l'horizon détritique meuble de surface, seul accessible au système racinaire, n'est pas colonisé. Les racines principales se localisent à sa base et émettent, vers le haut, des racines ascendantes qui vont se déployer immédiatement sous la surface du sol en un réseau fonctionnel de racines et radicelles.

b) Dans de nombreux terrains de la plaine orientale de Corse, la texture du sol ne favorise pas une diffusion latérale de l'eau ; il se forme une colonne étroite et profonde, complètement saturée d'humidité, impropre à la colonisation des racines qui se répartissent à sa périphérie. L'observation du système racinaire d'un second arbre, situé sur un sol alluvial humifère, a été réalisée à quelques décimètres d'un goutteur, à la limite extérieure de cette zone saturée en eau (*figure 2*).

D'une racine efférente de la strate inférieure remonte, en direction de la surface, une fine racine verticale de 20 cm de hauteur. Sur toute sa longueur, elle émet des radicelles dont l'ensemble évoque la physionomie d'un cyprès pyramidal.

c) Dans le troisième système racinaire observé, deux vigoureuses racines efférentes verticales, d'environ 20 cm de long, ont pu être dégagées. Formées sur une racine secondaire principale, elles remontent verticalement, à quelques centimètres seulement du tronc pour, en limite de la surface du sol, s'étaler en une couronne horizontale de racines adventives de quelque 3,5 mm de diamètre (figure 3).

d) La dernière observation a fait apparaître un chevelu de radicelles, très dense, formé à « fleur de terre » (figure 4). Il suffit souvent de balayer la surface du sol pour observer ce type de ramification qui présente également une croissance verticale, vers la surface du sol. La présence d'un tel chevelu superficiel est indépendante du mode d'irrigation.

Ces quatre exemples, observés communément en verger de clémentiniers, sont représentatifs du développement racinaire de l'arbre.

3.1.2. généralisation du phénomène

De manière générale, les observations réalisées ont révélé qu'il s'effectuait une colonisation très imparfaite du sol par les racines superficielles. Plus particulièrement, le système racinaire de la strate supérieure apparaît se localiser par plages et déborder rarement au-delà de l'aplomb de la frondaison.

La répartition des racines en deux strates est pratiquement toujours de règle. Tout se passe comme si, dans un seul horizon pédologique, se différenciaient trois sous-horizons individualisés par la présence ou l'absence de racines : les strates inférieure et supérieure avec racines et la frange de sol intermédiaire entre ces deux strates, sans racine. Cette architecture particulière du système racinaire conduit à :

– une incertitude sur la pertinence des valeurs retenues pour le calcul de la réserve hydrique du sol et, en corollaire, sur le cal-

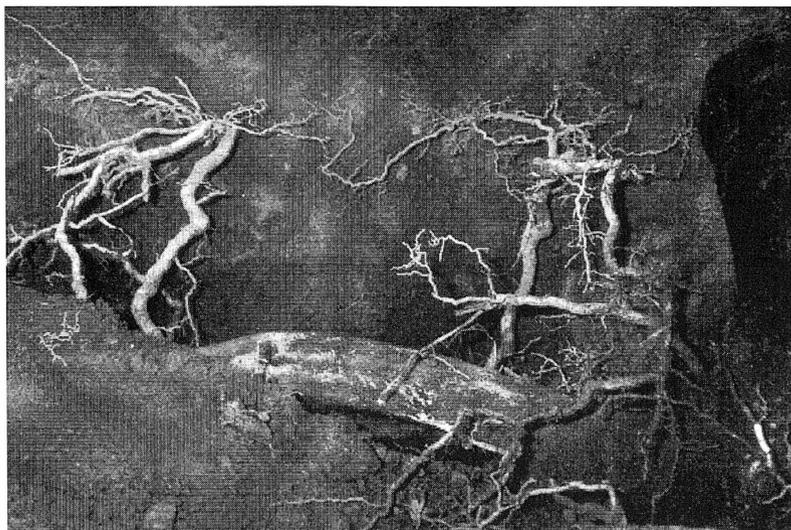
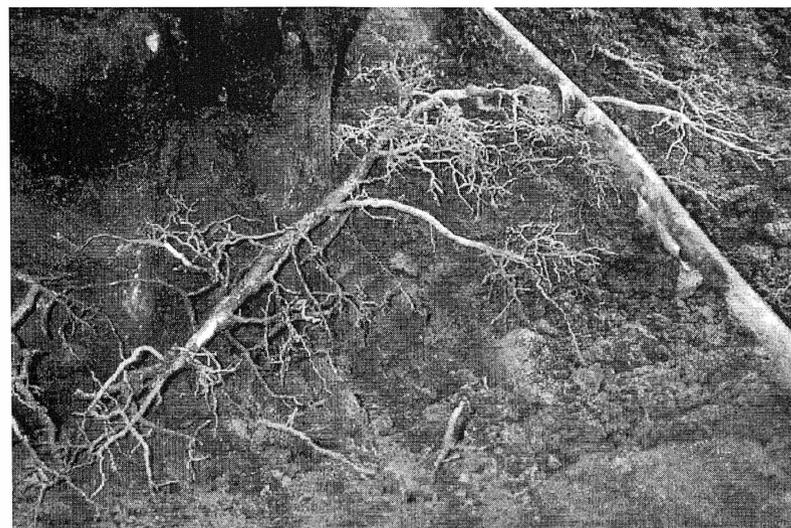


Figure 3. Dégagement du système racinaire du clémentinier, sur une profondeur de 20 à 30 cm, dans un sol à formations détritiques meubles sur argiles ou sur schistes : à partir d'une racine secondaire principale remontent verticalement, à quelques centimètres seulement du tronc, deux vigoureuses racines efférentes verticales, d'environ 20 cm de longueur (exemple de géotropisme négatif).



cul de la fréquence et des doses d'eau à apporter par irrigation ;

– une sensibilité accrue des arbres à un stress hydrique par dessiccation de la partie la plus superficielle du sol ;

– un risque de perte de vigueur, sinon de croissance, des clémentiniers dont on sait qu'ils ont une activité photosynthétique faible.

Figure 4.

Le balayage de la surface du sol en verger de clémentiniers fait apparaître une racine très superficielle développée à la base du tronc et orientée en direction du dispositif d'irrigation par goutte-à-goutte.

3.2. le profil racinaire des clémentiniers

L'essentiel des observations de profils racinaires a été effectué sur 16 fosses pédologiques ouvertes sur le domaine expérimental de la station de recherche agronomique (SRA) de San Giuliano en Corse, où les sols des vergers de clémentiniers sont de type formations détritiques meubles sur argiles ou sur schistes. Cependant, ces observations ont été complétées par la description de deux profils ouverts dans la basse plaine, sur terrains alluvionnaires humifères.

3.2.1. sols du domaine expérimental de San Giuliano

Les sols des formations détritiques meubles sur argiles ou sur schistes, qui sont ceux du domaine expérimental de San Giuliano, sont tous analogues ; la distinction entre sols sur argile et sols sur schistes est difficile, car fondée essentiellement sur la teneur en mica des formations de surface. Seul un sondage permet de connaître précisément la nature du substratum.

Les dépôts de couverture sont à texture sablo-argileuse à sablo-limono-argileuse évoluant en profondeur vers une texture parfois plus sableuse. Bien que d'épaisseur variable, ils n'exèdent pas 60 cm.

Sur sols nus, la nature de ces dépôts favorise la formation de pellicules de battance et d'atterrissements en surface, faciès détritiques fins et lités apportés par ruissellement épidermique. Ces pellicules, généralement de l'ordre du centimètre, atteignent parfois une dizaine de centimètres. Elles constituent un obstacle mécanique à l'infiltration de l'eau.

Par ailleurs, la richesse en éléments fins favorise la constitution, à faible profondeur, d'horizons de fragipan – horizons colmatés à texture à dominante limoneuse – qui s'opposent à l'aération du sol et à la percolation verticale de l'eau.

Les formations sous-jacentes sont à faciès d'argiles ou de schistes. Ce sont des faciès d'argiles rubéfiées, compactes, à structure de fragmentation fruste, parfois des conglomérats à matrice argileuse rubéfiée. Ils s'in-

terprètent comme des horizons de paléosols fersiallitiques. Les schistes, généralement peu profonds, restent localisés à la faveur d'épaulement de faible extension.

Le système racinaire des clémentiniers s'établit en fonction des caractéristiques des dépôts détritiques meubles de surface et des couches argileuses sous-jacentes au sol :

a) Dans les dépôts détritiques meubles de surface, le sol se différencie, du haut vers le bas, en quatre horizons :

- entre 0 et 10 cm, l'horizon est sablo-argileux, peu caillouteux, brun rougeâtre clair, de structure grumeleuse et très faiblement marmorisé,

- de 10 à 50 cm, il est sablo-argileux, rubéfié, compact, à structure de fragmentation ; il se différencie de l'horizon précédent par la présence, à sa partie supérieure, d'une discontinuité structurale irrégulière et, dans la matrice rubéfiée, d'imperceptibles taches de décoloration,

- de 50 à 60 cm, l'horizon est argilo-sableux à charge élevée en cailloux, de teinte délavée caractéristique d'une zone « feréluviée »,

- de 60 à plus de 1 m, il est conglomératique à matrice argileuse intensément rubéfiée, à sporadiques taches ferro-manganiques noires.

Le travail du sol est perceptible jusqu'à 60 cm, profondeur d'apparition du plancher argileux. L'interprétation des horizons montre que, dans un premier temps, la percolation verticale de l'eau a alimenté au toit de l'argile une circulation sous-épidermique qui est responsable du lavage de l'horizon 50 à 60 cm et de la teinte caractéristique acquise. Toutefois, l'observation des racines secondaires qui se déploient le long de la discontinuité texturale prouverait qu'il n'y a jamais eu d'excès d'eau à ce niveau, mais, seulement, une plus forte saturation en eau.

Le lessivage des éléments fins qui est intervenu ensuite a provoqué le colmatage de la porosité de l'horizon 10 à 50 cm qui a évolué alors vers un faciès de fragipan, caractérisé par une inertie structurale, une imperméabilité et une anaérobiose que soulignent les taches de décoloration.

En effet, le passage d'engins sur des limons non ressuyés, et/ou le lessivage des fractions les plus fines, aboutit, d'une part à un colmatage de la porosité par réorganisation des particules, d'autre part à la réduction et à l'entraînement du fer, principal élément capable de stabiliser la structure. En l'absence d'une teneur suffisante en argile, ce processus est irréversible ; les horizons colmatés ne peuvent se restructurer : il y a une inertie structurale des limons.

De cette imperméabilisation acquise, résulte l'engorgement de l'horizon de surface (0 à 10 cm) qui se sature en eau à chaque irrigation et en période hivernale et adopte alors une teinte grisâtre.

Lors de l'étude de l'enracinement du clémentinier, il convient de distinguer la phase de développement des racines lors de l'installation des arbres et durant la première phase de croissance, de celle qui résulte de l'adaptation du système racinaire aux nouvelles conditions de milieu induites par l'évolution du sol.

Le sol des parcelles étudiées présentait des conditions optimales pour le développement des clémentiniers qui y furent plantés en 1966. L'étude de leurs accroissements radiaux révèle que les effets de la dégradation du sol se seraient manifestés depuis moins de 10 ans.

Au démarrage de la plantation, le système racinaire aurait colonisé uniformément les soixante premiers centimètres. La présence de nombreuses grosses racines à la base de cet horizon, à l'interface avec l'argile, souligne son caractère favorable à l'enracinement. Après cela, un chevelu extrêmement dense s'observe en surface, qui se concentre dans les dix premiers centimètres. Plus profondément subsistent certes les grosses racines, mais peu de radicules.

Ce profil est caractéristique de la plupart de ceux observés dans les sols de vergers de clémentiniers dans la plaine orientale de Corse. La frange de sol humidifiée et percolée par les eaux d'irrigation se restreint progressivement à la partie la plus superficielle qui tend à être périodiquement engorgée. La présence d'un abondant chevelu en surface est la conséquence directe de cette

situation. Dans ces conditions, la profondeur du sol qui devrait être prise en compte pour le calcul de la réserve utile est inférieure à celle qui a pu être retenue initialement. Cela devrait conduire à reconsidérer la fréquence et les doses d'irrigation.

b) Dans les couches argileuses, les faciès ne sont colonisés qu'à la faveur de fentes de retrait ou de fragmentation. Les racines, peu nombreuses, sont généralement verticales et non ramifiées. Elles s'achèvent par un faisceau de radicules qui, dans les formations conglomératiques, s'étalent à l'interface caillou-matrice.

Les taches ferro-manganiques sont des indicateurs d'une anaérobiose. Bien que nous ne disposions pas de données irréfutables pour justifier leur présence, nos observations conduiraient à penser qu'elles sont le résultat d'une circulation d'eau profonde, interstitielle, au sein de l'argile. Cette eau s'infiltrerait à la faveur de diaclases dans les massifs schisteux des contreforts occidentaux de la plaine orientale et s'écoulerait lentement en direction de la mer.

3.2.2. sols alluviaux humifères

Les sols alluviaux humifères ont été étudiés à partir d'observations faites dans deux vergers appartenant au dispositif d'enquête sur les pratiques culturales.

Ces sols, profonds car d'épaisseur supérieure à 1 m, parfaitement drainés et bien alimentés en eau, ne présentent qu'un seul horizon organo-minéral, de texture sablo-argileuse, riche en paillettes de mica provenant de l'altération des schistes.

Les racines de clémentiniers colonisent de manière homogène les soixante premiers centimètres de ces sols en développant de nombreuses radicules. Toutefois, l'enracinement, quoique alors moins dense, se prolonge en profondeur. Dans ces conditions, les racines peuvent être considérées comme se développant librement.

4. discussion

L'irrigation a pour effet de colmater la porosité des dépôts de surface par entraînement des particules fines, mécanisme

accentué par le passage d'engins sur des terrains mal ressuyés. Concrètement, dans les plantations de clémentiniers de la plaine orientale de Corse, à sols peu épais, l'infiltration de l'eau en profondeur est entravée par la nature des formations superficielles et/ou bloquée par la présence d'argile ou de schistes. Ce colmatage a pour conséquence directe un risque d'alternance de phases d'engorgement superficiel – donc d'asphyxie temporaire – et de phases de dessèchement des horizons colonisés par les racines et, pour conséquence indirecte, une altération de la croissance des clémentiniers.

Dans les plantations de clémentiniers, il y a lieu de distinguer :

- le sol sensu stricto, constitué d'horizons différenciés par le jeu de la pédogenèse à partir des formations superficielles à l'affleurement ;

- l'horizon anthropique que le travail du sol a pour objet de brasser sur une profondeur donnée, afin de le rendre homogène et d'améliorer sa structure : c'est le sol agricole ;

- le sol caractéristique des clémentiniers constitué du sol agricole et des formations sous-jacentes.

Un arbre comme le clémentinier ne cantonne pas nécessairement son enracinement dans l'horizon anthropique ; il est normalement capable de prospecter des horizons plus profonds. Mais, toutes nos observations confirment qu'en plaine orientale de Corse les racines et radicules sont préférentiellement installées dans le niveau superficiel. Des travaux [7] menés sur les chênes (*Quercus* sp.) ont montré que, pour ces essences, le système racinaire de surface serait capable d'assurer une alimentation en eau suffisante lorsque le déficit hydrique demeure modéré, mais, en cas de fort déficit, c'est l'ensemble du système racinaire qui intervient. Dès lors, du fait de l'absence de racines profondes chez les clémentiniers, ces arbres présentent une grande sensibilité à la sécheresse.

D'autres travaux, sur *Picea sitchensis* et *P. contorta* étudiés en conditions contrôlées, ont révélé que la croissance des racines secondaires principales est soumise

à deux influences opposées : ces racines sont « programmées » pour croître vers le haut (géotropisme négatif), mais la sécheresse des horizons de surface détermine ensuite leur enfoncement [8]. Nos observations sur clémentiniers ayant mis en évidence le géotropisme négatif de certaines racines de clémentiniers, il est possible, en se référant à ces travaux sur *Picea*, d'interpréter ce comportement comme une remontée verticale des racines, qui serait induite par une saturation en eau de la strate inférieure ; cependant, pour nous, ce géotropisme négatif serait la double conséquence d'une diminution de la profondeur de sol intéressée par l'irrigation et de la saturation prolongée de la base de la frange humidifiée.

En tout état de cause, le sol agricole et les formations en profondeur déterminent les conditions de réalisation d'un système sol-irrigation où s'établissent des relations d'interdépendance complexes, induites par les variations verticales de perméabilité et le bilan en eau. En effet, le ralentissement brutal de la croissance des clémentiniers, qui se serait manifesté en 1991, coïncide avec une taille sévère de restauration des vergers, qui aurait été opérée sur ces arbres, entraînant une baisse de la quantité d'eau évapotranspirée alors que les apports d'eau par irrigation étaient maintenus. Cela aurait conduit à la remontée, que nous imaginons tardive, du système racinaire. Certaines pratiques culturales auraient ainsi des répercussions sur les caractéristiques du sol.

La réussite d'une plantation est connue pour être conditionnée par l'aptitude des systèmes racinaires à se développer après mise en place au champ [9]. L'étude que nous avons menée en plaine orientale de Corse révèle que cette réussite est également conditionnée par le maintien des capacités du milieu à produire. Cet aspect très particulier de la production prend toute sa place dans la problématique de la définition d'une agriculture durable. En effet, dans la majorité des vergers de la plaine orientale de Corse, les pratiques des producteurs, plus encore que le sol, sont déterminantes pour la croissance et la production des clémentiniers et la qualité de leurs fruits. La maîtrise de l'irrigation devrait être un préalable pour déterminer les condi-

tions optimales d'un anthroposystème où le sol utile serait réductible au sol agricole.

L'architecture racinaire du clémentinier et le géotropisme négatif que manifestent certaines de ses racines doivent être interprétés comme une réponse de l'arbre aux contraintes du milieu. Ce géotropisme négatif est un indicateur pertinent de l'impact des pratiques des producteurs sur la capacité du milieu à produire.

5. conclusion

Dans la plaine orientale de Corse, la structure du sol, généralement labile, modifie les conditions de croissance et de développement des racines au cours de la vie du verger de clémentiniers. Les caractéristiques d'un nouveau système de type sol-irrigation déterminent les conditions d'une croissance opportuniste du système racinaire, caractérisée par le géotropisme négatif de certaines racines. Dans ces conditions les arbres sont très sensibles à des ruptures d'approvisionnement hydrique.

Partant de ce principe, les doses d'irrigation et la fréquences des apports d'eau effectués dans la plaine orientale se révèlent être mal estimées. D'une part, elles ne prennent pas en compte l'effet des tailles brutales et de la densité de plantation sur le fonctionnement hydrique de la plante, d'autre part elles ignorent la propension du sol au tassement. Les racines secondaires principales, déjà superficielles du fait de la faible épaisseur de sol prospectable, émettent des racines efférentes vers la surface où le taux d'imprégnation du sol par l'eau est le moins rédhitoire. Cet état de fait induit une susceptibilité des plants au *Phytophthora*.

Dans la problématique plus large d'une définition des critères d'une agriculture durable, il importe de considérer la nécessité de maintenir au sol sa capacité de production.

références

- [1] Mars M., Abderrazak R., Marrakchi M., Étude de la variation intra-arbre de la qualité des fruits d'agrumes récoltés sur un même arbre. Effet de la date de récolte, de l'orientation des fruits et de leur position dans la frondaison, *Fruits* 49 (4) (1994) 269–278.
- [2] Coutts M.P., Factors affecting the direction of growth of the tree roots, *Ann. Sci. For.* (46) (1989) 277–287.
- [3] Pagès L., Le Roux Y., Thaler P., Modélisation de l'architecture racinaire, *Plant. Rech. Dév.* 2 (1) (1995) 19–30.
- [4] Granier A., Breda N., Barataud F., Fort C., Fonctionnement hydrique des systèmes racinaires, In : *La racine et le système racinaire*, Séminaire Inra, Orléans, 1995, pp. 55–73.
- [5] Habib R., Quelques réflexions concernant les problèmes de fertilisation en cultures irriguées, *Fruits* 43 (6) (1988) 381–390.
- [6] Kurien S., Goswami A.M., Deb D.L., Scionic influence on root activity in *Citrus* using a radiotracer technique, *Fruits* 49 (4) (1994) 261–267.
- [7] Badot P.M., Lucot E., Bruckert S., L'humidité du sol en profondeur constitue, en milieu de journée, la principale source de variation du potentiel hydrique foliaire des peuplements de chênes (*Quercus* sp.), *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie* 317 (1994) 341–345.
- [8] Coutts M.P., Nicoll B.P., Development of the surface roots of the trees, In: *L'arbre, biologie et développement*, *Naturalia Montpelienensis* (hors-série) (1991) 61–70.
- [9] Burdett A.N., Simpson D.G., Thompson C.F., Roots development and plantation establishment success, *Plant Soil* (71) (1983) 103–110.

Observación del sistema radicular de árboles de clementina explotados en la llanura oriental de Córcega.

Resumen — Introducción. En la llanura oriental de Córcega, la naturaleza del suelo y las dosis de riego aplicadas en vergeles de árboles de clementina definen un sistema de tipo suelo-riego cuyo primer efecto es “disimular” la influencia del medio edáfico sobre la calidad de los frutos cosechados. **Métodos y técnicas de estudio.** El sistema radicular de los árboles fue estudiado al retirar las raíces superficiales, en una capa de suelo de 20 a 30 cm, alrededor del tronco y al utilizar zanjas pedológicas abiertas en los vergeles, al aplomo de la frondosidad. **Resultados.** El arraigo superficial del árbol de clementina evidencia dos estratos distintos de distribución de las raíces: el estrato inferior, cuya ubicación depende de la profundidad de la aparición del horizonte compacto sub-yacente en el suelo y el estrato superior formado a partir de raíces eferentes que suben verticalmente hacia la superficie del suelo. El estudio del perfil radicular de los árboles de clementina permite mostrar que la faja superficial de suelo colonizado por las raíces se redujo progresivamente mediante compactado de la parte inferior. Las raíces repercutan esta modificación al ubicarse en superficie. **Discusión.** El sistema suelo-riego que se instala sería al origen del geotropismo negativo que manifiestan ciertas raíces. Dominar el riego es una condición previa para determinar las condiciones óptimas de un antroposistema donde el suelo útil sería reductible al suelo agrícola. **Conclusión.** A partir de las observaciones realizadas sobre la evolución del sistema radicular de los árboles de clementina en las condiciones pedológicas de la llanura oriental de Córcega, se vuelve necesario revisar las técnicas de cultivo utilizadas a fin de mejor mantener la capacidad de producción del suelo. © Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Córcega / *Citrus reticulata* / sistema radicular / enraizamiento / tipos de suelos