

Savoir
faire

Les clémentiniers et autres petits agrumes

Camille Jacquemond,
Franck Curk, Marion Heuzet, coord.



éditions
Quæ

Les clémentiniers et autres petits agrumes

Camille Jacquemond, Franck Curk,
Marion Heuzet, coord.

Éditions Quæ

Collection *Savoir-faire*

Torrents et rivières de montagne
Dynamique et aménagement
A. Recking, D. Richard, G. Degoutte, coord.
2013, 352 p.

Qualité du cacao
L'impact du traitement post-récolte
M. Barel
2013, 104 p.

Analyse de sensibilité et exploration de modèles
Application aux sciences de la nature et de l'environnement
R. Faivre, B. Looss, S. Mahévas, D. Makowski, H. Monod, éd.
2013, 352 p.

De la domestication à la transgénèse
Évolution des outils pour l'amélioration des plantes
A. Gallais
2013, 176 p.

Mémento de pisciculture d'étang, 5^e édition
O. Schlumberger, P. Girard
2013, 224 p.

Les déversoirs sur digues fluviales
G. Degoutte
2012, 184 p.

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2013

ISBN 978-2-7592-2068-7

ISSN 1952-1251

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Je dédie ce livre à mon maître Louis Blondel, qui m'a transmis la passion du clémentinier. Vous avez été le premier à conseiller sa culture en Corse, dès les années 1960, et sans vous je n'aurais jamais acquis le savoir retranscrit tout au long de ces pages...

Camille Jacquemond

Préface

Depuis plus de cinquante ans, par l'action commune de deux grands instituts, l'Inra (Institut national de la recherche agronomique) et le Cirad (Centre international pour la recherche agronomique et le développement), le nom de San Giuliano est associé à la recherche française sur les agrumes et au développement de la culture de la clémentine en Corse. Bien que la culture des agrumes soit une activité ancienne en Corse, notamment la culture du cédrat, présent sur l'île depuis l'Antiquité et dont plusieurs milliers de tonnes étaient expédiés dans toute l'Europe pour la production de fruits confits au XIX^e siècle, ce n'est que dans les années 1960 que l'agrumiculture moderne s'est développée dans la Plaine orientale de l'île. La station expérimentale de San Giuliano, créée en 1959, a en effet rapidement mis en évidence tout le potentiel agrumicole de cette zone, notamment pour la culture du clémentinier dont elle a accompagné l'émergence en Corse sur la base de l'expérience acquise en Afrique du Nord. Devenue quelques années plus tard la Station de recherches agronomiques (SRA) Inra-Cirad de San Giuliano, elle n'a cessé depuis d'être un site majeur de la recherche française sur les agrumes.

Pour soutenir et accompagner l'agrumiculture corse naissante, un des premiers objectifs fut de mettre à sa disposition du matériel végétal identifié, caractérisé, adapté aux conditions de culture et sain. La Corse bénéficiant d'un statut phytosanitaire privilégié, qu'il s'agissait de conserver, l'acquisition des techniques d'assainissement des variétés d'agrumes était un préalable indispensable. Non seulement la SRA s'est rapidement approprié les innovations techniques (thermothérapie, microgreffage d'apex, tests sérologiques...), mais elle a également contribué à leur amélioration. Il devenait alors possible, par une prospection et une collecte la plus large possible, de rassembler un grand nombre de variétés d'agrumes afin d'évaluer, en plein champ, leur potentiel de production, ce qui est exceptionnel au niveau mondial. Aujourd'hui, avec plus de mille cent accessions, cette collection est l'une des plus riches au monde, singulièrement dans le groupe des mandariniers. Elle constitue à la fois un objet et un support aux recherches qui sont actuellement menées à San Giuliano sur la structuration de la diversité des agrumes et l'analyse des déterminismes génétiques et physiologiques des caractères agronomiques d'intérêt.

Plusieurs dizaines de variétés de clémentiniers ont ainsi été caractérisées, évaluées et comparées pour offrir à l'agrumiculture corse un éventail variétal adapté. Comme tous les agrumes cultivés, les clémentiniers sont greffés sur des porte-greffes qui, par leur vigueur plus ou moins importante, par leur adaptation à différents types de sols et conditions climatiques, par leur résistance ou tolérance à certains types

de pathogènes (dont les *Phytophthora* ou la tristeza), sont des éléments essentiels non seulement à l'adaptation des variétés aux conditions environnementales, mais aussi à l'expression de leur potentiel de production tant quantitativement que qualitativement. À San Giuliano, plus de cent soixante porte-greffes ont été testés. Ce travail, effectué sur plusieurs décennies et qui perdure encore aujourd'hui, est unique au monde. Il a en outre constitué une base de collaboration importante avec les institutions de recherche et de développement des Dom-Tom, de l'Europe du Sud, d'Afrique du Nord mais aussi d'Amérique du Nord et du Sud.

Les techniques de production y ont également été étudiées. De nombreux travaux ont porté sur l'irrigation, la fertilisation, la taille, la densité de plantation et la gestion de la récolte afin de mettre à disposition des agrumiculteurs de Corse, par l'entremise des structures de développement, qu'elles soient consulaires, régionales ou nationales, des outils d'aide à la décision pour le pilotage de leurs vergers. La protection contre les ravageurs est à ce titre particulièrement symptomatique. Que ce soit par la compréhension des cycles de développement des ravageurs, par le développement de la lutte biologique, par l'introduction d'auxiliaires ou par la lutte intégrée, les recherches dans ces domaines ont permis une réduction considérable du nombre de traitements. La production de clémentines de Corse est vraisemblablement l'une de productions fruitières françaises ayant le moins recours aux pesticides.

La nécessité de rassembler plus de cinquante années de recherches et de connaissances sur le clémentinier est à l'origine de l'ouvrage que vous allez découvrir aujourd'hui. Notre volonté a été de les faire partager au plus grand nombre : techniciens, scientifiques, professionnels, mais aussi amateurs éclairés ou tout simplement curieux de cet arbre devenu emblématique de la Corse. L'initiative en revient à Camille Jacquemond, son auteur principal, spécialiste dans la sélection de variétés et de porte-greffes, qui a exercé plus de quarante ans au sein de la SRA. Sa passion pour cet arbre et pour cette culture a fait de lui un expert généraliste. Il consacre encore aujourd'hui l'essentiel de son temps entre la Corse et d'autres régions productrices d'agrumes dans le monde pour transmettre ses connaissances aux professionnels. Certains des autres auteurs n'ont pas exercé directement à San Giuliano mais ont collaboré avec cette station de recherches pendant tant d'années que des liens profonds les unissent à nous. Parce que la recherche est également et avant tout une histoire d'hommes et de femmes, cet ouvrage se veut aussi un hommage à tous ceux et toutes celles qui par la rigueur de leur travail ont permis l'acquisition de tant de résultats, qu'ils soient scientifiques, ingénieurs, techniciens, stagiaires ou administratifs. Nous espérons que vous aurez autant de plaisir à le parcourir que nous en avons eu à le concevoir.

L'aventure de la recherche à San Giuliano, pour l'innovation au service de l'agrumiculture corse et au-delà, continue. L'émergence de nouvelles techniques, notamment le développement de la biologie moléculaire et plus largement des biotechnologies, a donné accès à une compréhension des mécanismes et des processus jusqu'alors inégalée. Le séquençage du génome du clémentinier pour

lequel l'Inra et le Cirad ont contribué, le développement de marqueurs nucléaires, mitochondriaux et chloroplastiques, la détection de pathogènes par la PCR (*polymerase chain reaction*) en temps réel, la détection de gènes de caractères quantitatifs (QTL), l'accès à l'héritabilité de certains caractères d'intérêt n'en sont que quelques exemples. Parallèlement, le contexte socioéconomique et environnemental est en pleine mutation. Le risque de changements climatiques, le renchérissement de l'énergie, la nécessaire prise en compte d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement sont autant d'éléments qui doivent être pris en considération du fait de leur fort impact sur la durabilité du système de production et sur les pratiques culturales. Mais la recherche c'est aussi cela : les connaissances d'autrefois peuvent être remises en cause, les interrogations d'hier trouver une explication et une réponse. Sans doute, les hommes et femmes de demain vous proposeront à leur tour un nouvel ouvrage sur le clémentinier.

Dominique AGOSTINI
Présidente du Centre Inra de Corse de 2002 à 2013

Olivier PAILLY
Directeur de l'unité de recherche
Génétique et écophysiologie de la qualité des agrumes (San Giuliano, Corse)

Remerciements

Les coordinateurs tiennent à remercier l'ensemble des personnes qui ont participé à l'élaboration de cet ouvrage.

Merci à nos collègues de Corse et de l'étranger qui nous ont apporté leur contribution précieuse, chacun dans sa spécialité :

- Dominique Agostini, Inra, France
- Gilles Bénaouf, Civam Bio, France
- Joseph M. Bové, Inra, France
- Luis Bisio, Faculté d'agronomie de Salto, Uruguay
- Nuria Duran-Vila, IVIA, Espagne
- Driss Ezzoubir, consultant agrumiculture, Maroc
- Paul Favreau, Odarc, France
- Maria-Angeles Forner, IVIA, Espagne
- Yann Froelicher, Cirad, France
- Éric Imbert, Cirad, France
- Philippe Kreiter, Inra – Areflec, France
- Raphaël Morillon, Cirad – IVIA, Espagne
- François Luro, Inra, San Giuliano
- Patrick Ollitrault, Cirad – IVIA, Espagne
- Olivier Pailly, Inra, France
- Gilles Tison, Inra – Areflec, France
- Christian Vernière, Cirad, île de la Réunion
- Beatriz Vignale, Faculté d'agronomie de Salto, Uruguay
- Roberto Zurru, Agris, Italie

Merci également à tous nos collègues et amis qui ont donné de leur temps pour des relectures, des corrections, et qui ont eu la patience de chercher pour nous de la documentation et des illustrations.

Nous vous avons sollicités et vous avez répondu présents avec enthousiasme et efficacité, si nombreux que nous ne pouvons vous nommer sans commettre d'impairs.

Enfin, ce livre n'aurait pu voir le jour sans le travail de tout le personnel Inra et Cirad de Corse, depuis la fin des années cinquante à nos jours, des directeurs aux simples stagiaires, en passant par les techniciens, ingénieurs et chercheurs, ni sans l'implication des professionnels de la filière clémentine de Corse.

Table des matières

Préface	5
Remerciements	8

Partie I. Histoire et recherche

Chapitre 1. La clémentine dans la diversité génétique des agrumes	17
Histoire et diversité génétique des agrumes.....	17
La diffusion des variétés.....	17
Les origines de la diversité des agrumes	20
La gestion des ressources génétiques : les conservatoires au champ.....	30
Origine de la clémentine	32
Histoire de la clémentine.....	32
Origine génétique	33
Développement et diversification	34
Références bibliographiques	35
Chapitre 2. Variétés et porte-greffes : création, description et sélection	37
Quel futur pour les petits fruits de type mandarine et clémentine ?	37
Les apports des biotechnologies : créer de la diversité	38
L'exploration des génomes : une nouvelle voie pour la sélection.....	44
Description des variétés de clémentiniers et assimilés.....	48
L'évolution du verger en Corse : cinq variétés principales	49
Autres variétés de clémentiniers	54
Petits agrumes assimilés à des clémentiniers.....	68
Nouvelles variétés de petits agrumes sans pépins	74
Description des porte-greffes	80
L'évolution du verger corse : principaux porte-greffes	85
Autres porte-greffes	88
La sélection au champ d'une association variété/porte-greffe.....	94
Conditions d'essais à la Station de recherches agronomiques de San Giuliano	95
180 porte-greffes et 75 clémentiniers testés à San Giuliano.....	97
Références bibliographiques	102

Chapitre 3. Quelques maladies infectieuses des agrumes transmises par greffage d'inoculation	109
La gommosse à <i>Phytophthora</i> et l'essor du bigaradier comme porte-greffe	111
Les agrumes greffés sur bigaradier succombent au virus de la « tristeza » ...	112
L'arrivée du virus en Argentine et au Brésil	112
La transmission du virus par pucerons vecteurs	114
La tristeza en Corse	115
Le virus des étiations foliaires	116
Les autres symptômes du virus de la tristeza	116
L'apparition des maladies à viroïdes	117
Exocortis	117
Cachexie	119
Les viroïdes	120
La détection des viroïdes	122
Les deux premières maladies des agrumes transmissibles par greffage	123
La chlorose infectieuse de Louis Charles Trabut : un cas historique	123
La psorose écailleuse : un virus nouveau pour une vieille maladie	124
Cristacortis, impietratura, concave gum/blind pocket : des agents infectieux à identifier	125
Autres maladies des agrumes dont les agents sont des virus	125
Maladies infectieuses des agrumes dont les agents sont des bactéries du phloème.....	126
La maladie du stubborn et la découverte des spiroplasmes	126
Balais de sorcière du limettier : une maladie létale causée par un phytoplasme	128
Huanglongbing, ou maladie des pousses jaunes : découverte des liberibacters	129
La <i>Xylella fastidiosa</i> , responsable de la chlorose variéguée	134
La mort subite des agrumes	135
La lutte contre les agents pathogènes des agrumes : vivre avec ou les éliminer	137
Pseudo-apomixie : production de plants nucellaires.....	138
Microgreffage d'apex caulinaires	139
Protection croisée	140
Conclusion.....	140
Références bibliographiques	141

Chapitre 4. Production et marché des agrumes	147
Une production fruitière majeure, concentrée et spécialisée	147
Une des productions fruitières les plus importantes au monde.....	147
Une production concentrée et spécialisée.....	148
Des débouchés en nette évolution	150
Le cas particulier des petits agrumes	151
Une production en développement rapide, concentrée géographiquement et spécialisée	151
Une croissance exemplaire des échanges mondiaux de petits agrumes frais	153
Un renouvellement variétal constant comme vecteur de développement	156
Une internationalisation des échanges et l'émergence d'un marché de « contre-saison » des petits agrumes	158
Un modèle victime de son succès	160
La Clémentine de Corse, un produit à forte typicité.....	161
Références bibliographiques	162

Partie II. Conception et gestion d'un verger

Chapitre 5. Connaître l'arbre et son fonctionnement	165
L'arbre composite, morphologie de l'arbre greffé.....	165
Le système racinaire : le porte-greffe	166
Le tronc et le point de greffe : une question d'affinité	168
La frondaison : le clémentinier	169
Phénologie du clémentinier	171
La croissance végétative :	
les trois principales poussées végétatives annuelles	172
La floraison	173
Le développement du fruit jusqu'à sa maturation	176
Références bibliographiques	181
Chapitre 6. Créer des plants : pépinière et surgreffage	183
Obtention du matériel végétal de base	183
Les porte-greffes	184
Les greffons	188
Production de plants greffés en pépinière sous abri	192
La culture des porte-greffes.....	193

Le greffage.....	197
Entretien et formation des plants en pépinière.....	201
Restructurer un verger	203
Surgreffer ou replanter ?	203
Comment réaliser le surgreffage ?	203
Références bibliographiques	206
Chapitre 7. Concevoir et mettre en place un verger	209
Choisir un site en rapport avec les exigences pédoclimatiques du clémentinier	209
Le climat	210
La disponibilité en eau et sa qualité.....	211
Le sol	212
Aménager le terrain et préparer la plantation	213
Implanter les haies brise-vent	213
Préparer le sol.....	216
Choisir et installer le système d'irrigation	220
Période de plantation.....	227
Densité de plantation et orientation des lignes.....	227
Plantation des arbres	229
Préparation et état des arbres avant la plantation	229
Trous de plantation et mise en place des arbres.....	229
Soins à apporter après la plantation	230
Références bibliographiques	231
Chapitre 8. Conduire le développement de l'arbre par la taille	233
Utilisation des outils de taille : aspects pratiques et sanitaires	234
Quand tailler ?.....	235
La taille de formation	235
La taille des arbres en production, ou taille annuelle.....	238
Ajuster l'intensité de la taille à la vigueur de l'arbre.....	239
Éclaircir la frondaison	240
Supprimer les gourmands.....	240
Supprimer systématiquement les rejets du porte-greffe	241
Renouveler des charpentières vieillissantes	241
La taille en pratique.....	241
Les défauts de taille de fructification les plus observés.....	244
La taille de régénération	245

Gestion et utilisation des bois de taille.....	245
Références bibliographiques	246
Chapitre 9. Conduire le verger : itinéraires techniques.....	247
Irriguer.....	248
Fonctionnement hydrique de la plante :	
un continuum sol-végétal-atmosphère.....	248
La première année de plantation.....	248
Les années suivantes	249
Fertiliser	255
Optimiser la fertilisation : analyses foliaires et analyses de sol	256
Fumure minérale.....	258
Fumure organique.....	259
Ferti-irrigation	265
Fertilisation complémentaire et applications correctives.....	267
Gérer l'enherbement du verger	268
Gérer l'enherbement de l'interligne dans une jeune plantation	268
Gérer l'enherbement de l'interligne dans un verger adulte	272
Agir sur la qualité de la fructification par l'utilisation de substances de croissance.....	274
Références bibliographiques	276
Chapitre 10. Protéger le verger : maladies et ravageurs.....	279
Principes de protection du verger	279
Prévenir : les principes de « prophylaxie »	282
Surveiller le verger	283
Quantifier l'attaque d'un ravageur et mettre en place une méthode de lutte.....	285
Ravageurs du clémentinier.....	287
Cochenilles	289
Pucerons	296
Aleurodes, ou mouches blanches	297
Mineuse des agrumes	298
Mouche méditerranéenne des fruits, ou cératite	299
Metcalfa, ou flatide pruineux.....	300
Cicadelles vertes	301
Thrips des serres	301
Fourmis.....	302
Acariens	302

Nématodes des racines des agrumes.....	304
Escargots et limaces	305
Rats	305
Maladies biotiques.....	306
Maladies transmises par greffage.....	307
Maladies non transmises par greffage.....	313
Maladies abiotiques	318
Phytotoxicité.....	318
Déséquilibres en éléments minéraux.....	320
Accidents météorologiques	329
Froid et gel.....	329
Vent	330
Grêle.....	330
Brûlures de soleil.....	331
Pluies : éclatement des fruits	331
Altérations des clémentines à la récolte et en conservation	332
<i>Water spot</i>	332
Oléocellose.....	333
Boursoufflement ou gonflement des fruits.....	333
Gaufrage	334
Granulation des fruits	334
Moisissures bleues et vertes.....	335
Pourriture brune	335
Pourriture acide.....	336
Références bibliographiques	338
Chapitre 11. Récolter et conditionner les clémentines.....	345
La cueillette.....	345
Quand cueillir ?.....	345
Méthode de cueillette.....	349
Conditionnement : du triage à l'entreposage	352
Prétriage.....	352
Traitements appliqués.....	353
Calibrage.....	354
Emballage et conservation.....	355
Références bibliographiques	356
Index des variétés et porte-greffes	357
Index des ravageurs et maladies	361

Partie I

Histoire et recherche

1

La clémentine dans la diversité génétique des agrumes

François Luro, Camille Jacquemond, Franck Curk

Histoire et diversité génétique des agrumes

Les agrumes, appelés aussi hespéridés, sont des arbres produisant des fruits caractérisés par une surface de peau (zeste) riche en glandes à huiles essentielles, et une pulpe organisée en quartiers comprenant des pépins et de nombreux poils succulents gorgés de jus.

La diversité des fruits consommés (oranges, mandarines, clémentines, pomelos, citrons, limes, pamplemousses, pour ne citer que les plus courants) reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, originaires d'Asie et aujourd'hui cultivés sur tous les continents entre les 40^{es} parallèles nord et sud. Cependant, ce n'est qu'une représentation visible et partielle de la diversité réelle de ces arbres. Elle est le fruit d'un long processus d'évolution s'étalant sur plusieurs centaines de milliers d'années, par différents mécanismes de diversification. Quelle a été la contribution de l'homme dans cette diversité ? Sélectionneurs dans un premier temps, puis très récemment créateurs de nouveaux hybrides, les hommes ont probablement influencé la palette de diversité telle que nous la connaissons aujourd'hui (figure 1.1) ; mais, avant tout, ils ont su tirer le potentiel de ces arbres fruitiers en développant des modes de culture adaptés, et en les diffusant dans de nombreux pays sur différents continents.

La diffusion des variétés

La culture de certains agrumes en Asie remonterait à plusieurs millénaires. La plus ancienne référence manuscrite connue serait citée dans un texte de l'un des « cinq classiques » attribués à Confucius, le *Shu Jing*, appelé aussi *Livre des histoires* ou *Classique des documents*, qui compile des écrits remontant jusqu'au III^e millénaire av. J.-C.



Figure 1.1. Diversité morphologique des agrumes.
© P.-É. Poli, Inra.

La culture des agrumes s'est intensifiée à l'échelon mondial au cours des XIX^e et XX^e siècles, et couvre aujourd'hui plusieurs millions d'hectares. L'agrumiculture des pays du Bassin méditerranéen est diversifiée tant au niveau des variétés cultivées (clémentines, hybrides de mandarines, oranges, pomelos, citrons, bergamotes, cédrats, etc.) que dans leur commercialisation (fruits frais, jus, cosmétiques, plants d'ornement).

S'il nous paraît normal en tant que consommateurs de trouver de nos jours autant de variétés d'agrumes sur les étalages, et ce à n'importe quelle époque de l'année, il en était tout autrement jusqu'au milieu du XX^e siècle. L'orange et la mandarine étaient considérées comme des denrées de luxe, consommées uniquement en hiver et souvent offertes comme cadeau de Noël aux enfants.

Comme beaucoup d'arbres fruitiers cultivés sous nos climats tempérés, les agrumes sont originaires d'Asie subtropicale et plus particulièrement d'une zone allant du nord-est de l'Inde jusqu'au nord de l'Indonésie, en passant par le Myanmar (Birmanie) et le sud de la Chine (figure 1.2). La première importation d'un agrume en zone méditerranéenne remonterait au III^e siècle av. J.-C., et certains auteurs situent celle-ci lors de l'épopée d'Alexandre le Grand en Perse, où le cédratier était cultivé. Appelé à l'époque « Pomme de Perse » ou « Pomme de Médie », le cédrat (figure 1.3) rapporté en Grèce a rapidement conquis le reste de la Méditerranée. Il n'était pas consommé, mais ses utilisations cosmétiques ou pharmaceutiques étaient réputées. Plusieurs siècles se seraient écoulés avant que d'autres variétés d'agrumes ne soient introduites en Occident. La primauté du cédratier en Occident et l'absence d'autres agrumes sur une période s'étalant de l'Antiquité au Moyen Âge sont controversées chez les historiens et archéologues. Des représentations d'oranges ont été découvertes lors des fouilles initiées au XVIII^e siècle sur des mosaïques picturales découvertes à Pompéi, ville recouverte de cendres après l'éruption du Vésuve en 79 de notre ère. Des fouilles archéologiques de sépultures romaines et égyptiennes auraient également mis au jour des grains de pollen fossilisés appartenant au citronnier. Néanmoins, les seules descriptions écrites de l'Antiquité connues à ce jour ne concernent que le cédratier. Parmi les auteurs de renom, nous citerons