



HAL
open science

Les agrumes du Nord de la Méditerranée

Franck Curk, François Luro, Giovanni Minuto, Gianni Nieddu

► **To cite this version:**

Franck Curk, François Luro, Giovanni Minuto, Gianni Nieddu. Les agrumes du Nord de la Méditerranée. Alain Piazzola, 2022, 978-2-36479-137-4. 10.17180/m6z4-d276 . hal-04646466

HAL Id: hal-04646466

<https://hal.inrae.fr/hal-04646466v1>

Submitted on 15 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Franck CURK
François LURO
Giovanni MINUTO
Gianni NIEDDU



LES AGRUMES DU NORD DE LA MÉDITERRANÉE



Éditions Alain Piazzola

**Les agrumes
du Nord de la Méditerranée**

Ouvrage publié avec le concours de
INRAE et Projet Interreg Maritime Fr-It - Mer d'agrumes, Europe

Les agrumes du Nord de la Méditerranée

Tous droits de reproduction, de publication, de traduction
réservés pour tous pays.



Seul le texte de cette publication (à l'exception des illustrations)
est disponible sous licence CC BY-NC-ND 4.0

(Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International)

Origine
Culture
Transformation
Mise en valeur

Éditions Alain Piazzola
1, rue Sainte-Lucie
20000 Ajaccio
Tél. 04 95 20 85 03

Maquette : Monica Gennaro - Ajaccio

ISBN : 978-2-36479-137-4

Éditions Alain Piazzola

Sommaire

La direction scientifique	p.	10
Les auteurs	p.	12
Introduction : Le projet Mare di Agrumi		
<i>Ennio Rossi</i>	p.	15
La mise en valeur des agrumes du Nord de la Méditerranée		
<i>Giovanni Minuto, Gianni Nieddu, Franck Curk, François Luro</i>	p.	17
Les agrumes en Ligurie	p.	19
Les agrumes en Sardaigne	p.	24
Les agrumes en Toscane	p.	30
Les agrumes en Corse	p.	32
Georges Gallesio, ses activités et œuvres consacrées aux agrumes		
<i>Irma Beniamino</i>	p.	37
Origine et évolution de la diversité des agrumes		
<i>François Luro, Gilles Costantino, Patrick Ollitrault, Franck Curk</i>	p.	45
Qu'est-ce qu'un agrume ?	p.	45
L'évolution et la construction des espèces primaires	p.	48
L'apparition des espèces secondaires en Asie	p.	55
L'expansion des agrumes vers l'Ouest	p.	61
La zone méditerranéenne, une terre d'accueil et de naissance de nouveaux agrumes	p.	68
Conclusion	p.	74
Les espèces cultivées		
<i>Franck Curk, François Luro, Giovanni Minuto, Pier Paolo Lorieri, Alfio Fiorentini, Gianni Nieddu</i>	p.	77
La clémentine de Corse	p.	78
Le pomelo de Corse	p.	86
Le cédrat de Corse	p.	91
Les oranges de Corse	p.	96
Le <i>Chinotto</i> de Savone	p.	100
L'orange Pernambucco de Ligurie	p.	111
La <i>Pompia</i> de Sardaigne	p.	115
Le citron de Massa	p.	125
L'orange de Massa	p.	132
Autres agrumes mineurs	p.	135

Légendes et crédits photos de couverture

Fleurs de Chinois (*Chinotto*) (© F. Curk-INRAE)

Clémentines communes (© F. Curk-INRAE)

Fruits et fleurs de Chinois (*Chinotto*) (© F. Curk-INRAE)

Fleur et fruit de citronnier (© F. Curk-INRAE)

Pomelo (© F. Curk-INRAE)

« *Sa Pompia* » cuisant dans du miel en vue de la préparation de la « *Sa pompia intrea* » (© G. Nieddu-Uniss)

Oranges navel (© F. Curk-INRAE)

Planche de dessin d'Antoine Poiteau conservée au Muséum National d'Histoire Naturelle Paris

Plant d'agrumes carencé (© F. Curk-INRAE)

Fleurs et fruit d'oranger (© F. Curk-INRAE)

Cédrat de Corse (© F. Curk-INRAE)

Le citron de Menton.....p.	136
Le citron de Sanremo.....p.	138
Les oranges de Muravera.....p.	141
L'orange tardive de San Vito.....p.	142
Les terroirs des agrumes du nord de la Méditerranée	
<i>Gianni Nieddu, Ana Fernandes de Oliveira, Giovanni Minuto</i>	p. 145
Des caractéristiques du territoire aux défis du changement climatiquep.	145
Besoins climatiques et pédologiques des agrumes.....p.	145
Méthodes de zonage et d'évaluation des aires appropriées.....p.	148
Changements climatiques, impacts potentiels, stratégies d'adaptation et d'atténuation	p. 154
L'homme et l'environnement culturel dans la valorisation des agrumes.....p.	160
Les outils pour la qualification et la certification des productions	p. 163
Généralités	p. 163
La qualité des produits alimentaires	p. 165
Le cadre du certificat de conformité dans le secteur agro-alimentaire	p. 166
La certification des productions d'agrumes.....p.	171
Les opportunités offertes par la programmation européenne en faveur de l'agriculture, de la recherche et de l'expérimentation.....p.	177
La gestion des cultures	
<i>Giovanni Minuto, Andrea Minuto, Gianni Nieddu, Ana Fernandes de Oliveira, François Luro, Franck Curk</i>	p. 179
L'agriculture durable	p. 179
Les caractéristiques des territoires et les choix de plantation	p. 180
Les porte-greffe, les techniques de greffage et la gestion des pépinières	p. 182
Historique	p. 182
Les principes physiologiques du greffage ou comment s'établit la jonction	p. 184
Les utilités du greffage	p. 186
Les types de greffage	p. 192
Quel porte-greffe pour quelle variété ?	p. 195
La multiplication des porte-greffe	p. 197
Conclusion	p. 199
La plantation.....p.	200
Réflexion avant plantation	p. 200
Quand et comment planter	p. 204
Après avoir planté	p. 206
La taille	p. 207
Un savoir-faire et une nécessité	p. 207
Les principes de base	p. 209

Les objectifs de formation et de fructification	p. 212
Quelques principes physiologiques	p. 214
Les outils de taille	p. 216
Quand tailler ?	p. 218
Particularités de la taille des agrumes du nord de la Méditerranée...p.	219
La fertilisation	p. 223
La gestion durable du sol.....p.	226
Le travail du sol	p. 227
La gestion de la flore spontanée	p. 227
L'enherbement	p. 230
L'évaluation des besoins en eau : méthodologies pour une irrigation efficace	p. 236
Le bilan hydrique de la culture.....p.	237
Le déficit hydrique dans le sol	p. 238
L'état hydrique de la plante	p. 238
Stratégies gagnantes pour une irrigation de précision	p. 239
Les systèmes d'irrigation.....p.	240
Les périodes critiques phénologiques.....p.	243
Stratégies de défense face aux maladies, ravageurs et altérations physiopathologiques des agrumes du nord de la Méditerranée.....p.	243
La défense phytosanitaire : Obligations et engagements	p. 244
Les maladies.....p.	248
Les ravageurs	p. 257
Les altérations physiopathologiques	p. 272
Fiches synthétiques des principales maladies présentes dans la zone de culture des agrumes du nord de la Méditerranée.....p.	294
Les produits et sous-produits des agrumes	
<i>Luisa Pistelli, Roberta Ascrizzi, Guido Flamini, Monica Macaluso, Chiara Sanmartin, Isabella Taglieri, Francesca Venturi, Angela Zinnai</i>	p. 305
Généralités	p. 305
Composition chimique et principes actifs des agrumes du genre <i>Citrus</i>p.	306
Les huiles essentielles des agrumes.....p.	311
Les méthodes de transformation des agrumes	p. 312
Conclusion	p. 323
Bibliographiep.	325
Glossaire	p. 335
Remerciements	p. 351

Direction scientifique



Franck Curk a obtenu son diplôme d'ingénieur en agriculture de l'ESA Purpan en 1996 à Toulouse. Après un séjour de plus de deux ans en Guinée Conakry comme coopérant, il a été responsable de la gestion et de la valorisation du conservatoire des agrumes INRAE-Cirad de San Giuliano en Corse de l'an 2000 à 2010. En 2014 il soutient une thèse de Doctorat en Génétique de l'Université de Montpellier en collaboration avec l'*Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias* (IVIA) de Moncada en

Espagne. Depuis 2018, il est en poste à Montpellier où il travaille sur la génétique des agrumes. Membre du comité de pilotage du CRB (Centre de Ressources Biologiques) Citrus INRAE-Cirad de San Giuliano en Corse, il est coauteur de plusieurs publications et d'ouvrages scientifiques, techniques et grand public, sur l'origine des agrumes cultivés.



François Luro, Docteur es Sciences en biologie moléculaire de l'Université de Bordeaux II (1993), titulaire du diplôme d'HDR (Habilitation à Diriger des Recherches) de l'Université de Corse (2012), est chercheur INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement), en génétique des agrumes à la station de recherche INRAE-Cirad de San Giuliano (Corse, France) depuis 1994. Ses recherches concernent l'étude de la diversité génétique, la phylogénie, la structure des génomes et l'hérédité

de caractères agronomiques et chimiques. Membre du comité de pilotage du CRB (Centre de Ressources Biologiques) Citrus INRAE-Cirad, il développe la cryoconservation des semences. Auteur de plus de 140 articles scientifiques et d'articles pour un public non spécialiste, il enseigne aussi l'amélioration génétique et la conservation de la diversité des plantes à l'Université de Corse.



Giovanni Minuto est agronome, directeur général du Centre d'Expérimentation et d'Assistance Agricole, qui dépend de la Chambre de Commerce *Riviera di Liguria*, qui s'occupe de l'expérimentation et de la démonstration de stratégies et de techniques pour la défense et la production de fruits et légumes et de cultures officinales. Il est directeur de *Made in Quality*, un organisme de certification du CeRSAA accrédité UNI EN ISO CEI 17065:2012. Il a été professeur contractuel à l'Université de Turin et de Gênes.

Il est membre de groupes de travail permanents à l'EPPO et au Ministère italien de l'Agriculture (MiPAAF), il occupe également d'autres postes d'importance nationale et internationale. Il a coordonné ou collaboré à de nombreux projets de recherche, d'expérimentation et de vulgarisation en Europe et hors d'Europe et est l'auteur de plus de 200 publications scientifiques et techniques.



Gianni Nieddu est professeur titulaire en Arboriculture au Département d'Agriculture de l'Université de Sassari. Il a enseigné dans des masters nationaux et internationaux. Il a participé et organisé de nombreux stages, réunions, congrès, ateliers, dans différents pays. Il fait partie de plusieurs sociétés et réseaux qui s'occupent d'arboriculture. Il a mené des recherches sur la caractérisation et la valorisation des ressources génétiques, l'amélioration variétale et sur des questions d'écophysiologie abordées dans le cadre d'études

de stress abiotiques. Il est l'auteur de plus de 200 articles scientifiques, de plusieurs sélections variétales et de brevets. Il a coordonné de nombreux projets de recherche financés par l'UE, le Mipaf, le Miur, la RAS ainsi que par des entreprises privées.

Les auteurs

ASCRIZZI Roberta (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

BENIAMINO Irma (Accademico Corrispondente – Accademia Nazionale di Agricoltura. Palazzo dei Pasi. Via Castiglione 11, 40124 Bologna, Italia).

COSTANTINO Gilles (INRAE, UMR Agap institut, F-20230 San Giuliano, France. Agap institut, Univ. Montpellier, Cirad, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France).

CURK Franck (INRAE, UMR Agap institut, F-34398 Montpellier, France. Agap institut, Univ. Montpellier, Cirad, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France).

FERNANDES DE OLIVEIRA Ana (Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Agraria, Viale Italia 39, I-07100 Sassari, Italia).

FIorentini Alfio (Via Petrognano 29, I-54100 Massa Carrara, Italia).

FLAMINI Guido (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

LORIERI Pierpaolo (Via dell'Uva 3, I-54100 Massa Carrara, Italia).

LURO François (INRAE, UMR Agap institut, F-20230 San Giuliano, France. Agap, Univ. Montpellier, Cirad, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France).

MACALUSO Monica (Dipartimento di Food and Environment - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

MINUTO Andrea (Centro di Sperimentazione e Assistenza Agricola – Azienda della Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura “Riviere di Liguria”. Regione Rollo, 98 – 17031 Albenga, Italia).

MINUTO Giovanni (Centro di Sperimentazione e Assistenza Agricola – Azienda della Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura “Riviere di Liguria”. Regione Rollo, 98 – 17031 Albenga, Italia).

NIEDDU Gianni (Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Agraria, Viale Italia 39, I-07100 Sassari, Italia).

OLLITRAULT Patrick (Cirad, UMR Agap institut, F-20230 San Giuliano, France. Agap institut, Univ. Montpellier, Cirad, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France).

ROSSI Ennio (Comune di Savona, Corso Italia, 19 - 17100 Savona).

PISTELLI Luisa (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

SANMARTIN Chiara (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

TAGLIERI Isabella (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

VENTURI Francesca (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

ZINNAI Angela (Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa. Via Bonanno 33, I-56126 Pisa, Italia).

Introduction

PROJET MARE DI AGRUMI¹

Ennio Rossi, Giovanni Minuto

Quand les différents partenaires du projet se sont rencontrés pour la première fois, l'enthousiasme avec lequel ils ont discuté des propositions a immédiatement révélé l'intérêt et la force de notre idée : réunir les territoires des rives de la mer de Ligurie et celles du nord de la mer Tyrrhénienne dans une opération de mise en valeur agrotouristique et de développement entrepreneurial partagés, sur la base de nos variétés d'agrumes historiques.

Ce sont en effet les agrumes comme le cédrat et la clémentine de Corse, la Pompia de Sardaigne, le citron de Massa, le *Chinotto* de Savone et d'autres encore, qui ont marqué l'histoire, façonné le paysage côtier et qui ont été les témoins d'événements historiques des siècles derniers. Ils sont encore aujourd'hui présents, cultivés, décrits, représentés et respectés par les exploitants, les botanistes, les peintres et les poètes. De nos jours, ils font encore un bel effet dans nos villages, dans les jardins, les vergers, sur nos côtes abritées, dans nos maisons de campagne et autres lieux où on ne s'attend pas toujours à les trouver.

L'idée fondatrice de notre projet a naturellement débouché sur une proposition définitive ; elle a associé les particularités agro-alimentaires et les propriétés bénéfiques sur la santé humaine de nos agrumes avec leurs utilisations pharmaceutiques et cosmétiques, avec leur importance au regard de la culture et de l'emploi dans une économie qui balance entre la ruralité et le tourisme vert.

¹ PROGRAMME ITALIE-FRANCE MARITIME 2014-2020. ID projet : TP15 – N° projet : 157. 15/02/2017 – 14/02/2019. Axe prioritaire : 1-Promotion de la compétitivité des exploitations dans les filières prioritaires transfrontalières. Objectif spécifique : 3D1-Augmentation de la compétitivité internationale des micro-exploitations et PME dans les filières prioritaires transfrontalières liées à la croissance bleue et verte.

C'est sur ce socle que la stratégie de développement territorial du projet *Mare di Agrumi* a été élaborée avec pour ambition de :

- transmettre, aux micro-exploitations et aux PME du territoire transfrontalier, des expériences et des bonnes pratiques de culture, de production et de protection des agrumes propres à notre territoire, en favorisant, entre les acteurs de la filière, la naissance de synergies techniques et commerciales ;
- créer une marque qui puisse attirer un tourisme plus attentif au lien qui existe entre territoire, environnement, ruralité et traditions en encourageant aussi, grâce à des actions de *marketing* territorial, une certaine prise de conscience des citoyens et des touristes pour qu'ils achètent des produits de qualité et représentatifs de l'identité agricole et culturelle du nord de la Méditerranée ;
- encourager la création d'un réseau transfrontalier d'acteurs publics et privés constitué de producteurs du secteur agro-alimentaire, de restaurateurs, de commerçants, de propriétaires de structures hôtelières ainsi que de centres de recherche et d'administrations publiques à travers des approches innovantes (*living lab*) ;
- favoriser le transfert intergénérationnel des savoirs liés au patrimoine agricole et à la croissance de l'emploi chez les jeunes.

Le chemin à parcourir pour arriver à la remise en état, à la mise en valeur et à l'amélioration des vergers d'agrumes est sans aucun doute long et difficile car il pâtit à la fois du déclin des cultures extensives, de l'urbanisation des aires les plus favorables à leur culture, de la concurrence des productions d'agrumes étrangères à la zone nord-méditerranéenne et de la perte des savoirs engendrée par la diminution progressive du nombre d'exploitants agricoles. C'est justement pour éviter cette érosion ou perte des connaissances, que nous avons voulu regrouper dans ce livre toutes les informations sur l'origine, l'histoire, la culture, les usages et la défense de nos agrumes « rares ». Ce recueil d'informations, souvent dispersées ailleurs dans des écrits parfois spécialisés, a pour vocation d'être un instrument facile, original et utile pour toutes personnes désireuses de cultiver ces agrumes en pots, dans des jardins ou en vergers.

Loin de remplacer des œuvres bien plus importantes et connues, cette recherche se veut tout simplement comme un regroupement et un approfondissement des connaissances sur nos agrumes et les aspects spécifiques de leur culture.

LA MISE EN VALEUR DES AGRUMES DU NORD DE LA MÉDITERRANÉE

Giovanni Minuto, Gianni Nieddu, Franck Curk, François Luro

Avec une production annuelle de 23.6 millions de tonnes (FAOSTAT 2020), l'agrumiculture méditerranéenne est un secteur important de la production agricole dans le monde. Il s'agit donc de protéger cette primauté, non seulement de la concurrence, mais également des nouveaux parasites et des évolutions des conditions d'exploitation que nous impose le changement climatique. Il est encore plus important de s'intéresser de près à l'agrumiculture dans le nord de la Méditerranée, véritable niche de culture de variétés parfois rares, au sein d'un bassin de production bien plus large.

De nombreux agrumes font partie du panorama agricole du Nord de la zone méditerranéenne et ont occupé, au cours du temps, des territoires plus ou moins vastes.

La récupération des zones de culture et la mise en valeur des agrumes dans ces territoires se justifient de la manière suivante :

- Récupérer des terrains voués à la production agricole avec une amélioration de la gestion du sol et une prévention des risques hydro-géologiques. Ce besoin particulièrement reconnu, est considéré comme un élément fondamental de la reprise économique du territoire. La clémentine, qui est arrivée en Corse dans les années 1920, en est un bon exemple puisqu'en seulement 20 ans - entre 1970 et 1990 -, elle s'est tellement répandue qu'elle est devenue le moteur réel du développement économique de la plaine orientale de l'île et de l'utilisation rationnelle des sols. Aujourd'hui, en Corse, la clémentine est en seconde position après la vigne (cultivée sur l'île depuis l'antiquité) au regard de la production et des surfaces cultivées. Dans une telle perspective, il faut rappeler qu'en Italie,

depuis novembre 2015, l'*Agenzia del Demanio*² a commencé à mettre en vente des sols liés à la production agricole. Et avant cela, à partir du début des années 2000, certaines communes de différentes régions, comme par exemple celles de Quiliano et de Ligurie, ont commencé à donner en location des sols publics pour la production de plants de vignes, d'abricots, de *Chinotto* et d'oranges Pernambuco. La région de Ligurie, a mis sur pied la « BRT » (*Banca Regionale della Terra*, Banque Régionale de la Terre). Grâce à cette BRT, la région de Ligurie s'est donnée pour but d'augmenter la surface agricole et forestière utilisée à travers des processus d'aménagement et de réorganisation foncière, voués à augmenter la compétitivité de ses exploitations agricoles et forestières.

- Développer les activités économiques parallèles à l'activité agricole, dans un contexte ayant une valeur paysagère et environnementale particulière comme l'est celui du Nord de la Méditerranée : artisanat (transformation agro-alimentaire, extraction d'huiles essentielles, cosmétique) et tourisme. Or, ce dernier repose nécessairement sur un territoire dont la beauté et les caractéristiques sont étroitement liées à la gestion de son entretien ; la gestion d'un territoire va obligatoirement de pair avec les fondements de survie et de développement de l'entrepreneuriat agricole et artisanal, la prévention de la dégradation du territoire devenant alors une raison de développement économique.
- Maintenir et favoriser la croissance des communautés locales (avec en parallèle une réduction des phénomènes migratoires vers les aires urbanisées), modérer ce « dépaysement culturel » qui mène à la perte de la mémoire collective, des traditions, des us et coutumes des peuples qui ont fait l'histoire et l'économie de ces territoires.

Les besoins exprimés précédemment sont les principales raisons pour lesquelles il devient nécessaire et urgent d'œuvrer pour construire cette identité de territoire capable d'accroître sa compétitivité à travers une offre de produits et de services, originale et apte à se distinguer des autres stratégies concurrentes.

² *Agenzia del Demanio* : Agence immobilière d'Etat dont la mission est de gérer et d'améliorer les biens publics en Italie (<https://www.agenziaedemanio.it/opencms/it/>)

Pour atteindre cet objectif, il faut adopter une double approche : récupérer et améliorer les activités agricoles et artisanales liées aux agrumes et, par la suite, élaborer une stratégie d'offre touristique qui soit intimement liée à elles.

LES AGRUMES EN LIGURIE

En Ligurie, les agrumes ont profondément dessiné le paysage agraire sur le versant marin, avec une hétérogénéité des aires de culture le long de la côte, due aux spécificités climatiques des différentes localités. Aux confins de la Ligurie occidentale, à la frontière avec la France et jusqu'à Savone et, en continuant vers l'Est, de l'Est de Gênes jusqu'aux Cinq-Terres en particulier, les agrumes n'ont pu s'acclimater et se développer que dans les zones les plus abritées des vents et les plus exposées au soleil.

Parmi les nombreux agrumes qui existent aussi bien pour la production que pour l'ornement ou en collection, les plus importants sont le *Chinotto* de Savone, l'orange Pernambuco et le citron de Sanremo. Ils ont une place de choix dans l'histoire du territoire ligure puisqu'ils ont beaucoup soutenu, et à plus d'un titre, l'économie rurale de cette région.

L'introduction des agrumes en Ligurie commence à partir des XI^e – XII^e siècles grâce aux débuts de la culture du cédrat (*Citrus medica*), du citron (*Citrus limon*) et de l'orange amère (*Citrus aurantium*) avant de se poursuivre aux XV^e – XVI^e siècles avec l'introduction des oranges douces (*Citrus sinensis*). Les introductions de la bergamote (*Citrus bergamia*, XVI^e - XVII^e siècles), du *Chinotto* (*Citrus myrtifolia*, XVI^e - XVII^e siècles) du pamplemousse (*Citrus maxima*, XVI^e - XVII^e siècles) et de la mandarine (*Citrus reticulata*, XIX^e siècle) sont plus tardives.

Les premiers témoignages de la présence des agrumes sur la côte ligure nous viennent de nombreuses sources telles que des actes notariés et des déclarations de succession, autant d'indices dérivant de la toponymie. La figure **Fig. 1.1** donne un exemple de témoignages « géographiques » (Alessandro Carassale, communication personnelle).

Et c'est justement grâce à certains documents, commerciaux et parfois religieux, que nous avons des indications plutôt précises de la présence et des utilisations des agrumes :



Fig. 1.1 : Cartographie des témoignages de la présence des premiers agrumes sur la Côte d'Azur et en Ligurie. 1. Nice : « citronus » (bigaradier) en 1336 ; 2. Menton : *citronus* (bigaradier) en 1471 ; 3. Sanremo : *cedriunum* ou *cedrinum* (cédratier) en 1110 ; *citrangulum* (bigaradier) en 1372 ; *limonus* (citronnier), *alangium* ou *arangium* (oranger?) en 1435 ; 4. Taggia : *limonus* (citronnier), *cedrum* (cédratier) et *citronus* (bigaradier) en 1381 ; 5. P. Maurizio : *citronus* (bigaradier) en 1405 ; 6. Diano : *citronus* (bigaradier) et *cereus* (cédratier) en 1363 ; 7. Albengue : *limonus* (citronnier), *citronus* (bigaradier) et *cedrum* (cédratier) en 1288 ; 8. Gênes : *citronus* (bigaradier) en 1369 ; 9. Rapallo : *citronus* (bigaradier) en 1448 ; 10. Levanto : *citronus* (bigaradier) en 1377 ; (Conception G. Minuto-CeRSAA, dessin F. Curk-INRAE).

- Agrumes cultivés à Sanremo et dans l'Ouest de la Riviera entre la moitié du XV^e et le XVII^e siècles :
 - Cédrat (*Citrus medica*) : cédrat des juifs – *etrog* (Riforma³ – Sanremo, 1610).
 - Citron (*Citrus limon*), depuis le XIII^e siècle, et *limonetto* (Riforma – Sanremo, 1610).
 - Orange amère (*Citrus aurantium*) : *citronus* ou *lima* (Statuts⁴ de Sanremo, 1435), *cetrangolo*, *melangolo* et *cestrone* (Dohana

³ *Riforma* : recueil de documents officiels promulgués pour réformer ou améliorer les lois existantes.

⁴ Statuts : Lois d'un pays ou d'une ville qui dictent les règles de certaines activités

*Ripe et Ripecte*⁵ – Roma, 1452-1483), *citrone* (Giustiniani, 1537), *citrone agro* (Riforma – Sanremo, 1610).

- Orange douce (*Citrus sinensis*) : *alangium* ou *arangium* (Statuts de Sanremo, 1435), *melangolo dolce* ou *pomarancio* (Dohana *Ripe et Ripecte* – Roma, 1452-1483, Lombardo, 1978), *aranzo* (Giustiniani, 1537), *citrone dolce* (Riforma – Sanremo, 1610), *portogallo* (document du XVI^e siècle).
- *Chinotto* (*Citrus myrtifolia*), du XVII^e siècle (Ferrari, 1646). Premier règlement agrumaire⁶ de Sanremo (Statuts, 1435-1565) :
 - Les potagers limitrophes « *ubi sint arbores citronorum, limonorum vel cereorum* » doivent être clôturés.
 - Les agrumes sont irrigués par roulement ; les « vieux » propriétaires surveillent les *beodi*⁷ ou *aquarezi*⁸ et les écluses qui doivent être correctement utilisés.
 - Les amendes pour vol d'agrumes et feuilles de palmier sont beaucoup plus élevées que celles des autres produits du potager.
 - Il est interdit de traverser une plantation d'agrumes sans l'autorisation de son propriétaire.
 - Les acheteurs juifs doivent acheter (pour la « fête de Soukkot » ou « fête des Cabanes ») le même nombre de feuilles de palmier que de cédrats (*tot citreos quot palmas*) afin que les seconds ne restent pas invendus.
 - Les cédrats mûrs se vendent du 1er mai à la mi-septembre (la récolte revient au propriétaire, le choix des meilleurs fruits à l'acheteur).
 - Les *sensali* (médiateurs) sont élus par le Conseil de la ville.

⁵ *Dohana Ripe et Ripecte* : texte historique. *Camara urbis. Dohana Ripe et Ripecte. Liber introitus* (1428). M. Luisa Lombardo Ed. Institut national d'études romaines, dans : *Fonti e studi storia econ.* Roma Stato Pon. 1978. EAN: 9788873110941. ISBN: 8873110940. Pages: LXIV-116

⁶ Agrumaire : adjectif qualifiant ce qui se rapporte aux agrumes

⁷ *Beodi* : *Beodo* au singulier, petit canal à côté d'un fossé, recouvert de dalles ou de pierres permettant de marcher dessus.

⁸ *Aquarezi* ou *acuarezi* : *Aquarezo* ou *acuarezo* au singulier, dérivation d'une voie d'eau destinée à l'irrigation.

- Les agrumes sont mesurés à l'aide d'anneaux spéciaux ; la récolte est effectuée par les poste, à savoir des groupes de ramasseurs autorisés.
- Les citrons se distinguent en *mercantili* (« bons à la vente », de dimensions supérieures au diamètre des anneaux) et en *minuti* (plus petits) : les seconds sont pressés dans les *sciacatori*⁹ avec les déchets des *mercantili* pour faire l'*agro*¹⁰ (utilisé sur les bateaux pour lutter contre le scorbut).
- Les fruits les plus beaux et les plus savoureux, cueillis entre le premier novembre et le 20 mars sont dénommés *primo fiore* (première fleur) ou *nuovi* (nouveaux) ; ceux qui sont cueillis pendant les mois d'avril, de mai et de juin sont en revanche appelés *secondo fiore* (deuxième fleur) ; le prix (par millier de fruits) pour la vente aux enchères est décidé par le Conseil de la ville.
- La gestion de l'administration publique est rythmée par l'année budgétaire qui commence et se termine en même temps que le calendrier « agrumaire » (1er octobre au 30 septembre de l'année suivante).

Sur la base des données statistiques les plus récentes (*Istituto Nazionale di Statistica -Istat*¹¹, 2016 ; Chambre de Commerce Riviere ligure 2017), la production d'agrumes en Ligurie est inférieure par rapport au recensement général *Istat* de 2010 et encore plus par rapport au précédent (*Istat*, 2006). D'une manière générale, on a enregistré ces cinquante dernières années en Ligurie une grande diminution de la surface agricole utile (SAU) puisqu'elle est passée de 40% sur le total du territoire en 1961 à 8% aujourd'hui tandis que, parallèlement, la surface boisée a augmenté en passant de 44% à 70%. La diminution générale des surfaces cultivées en Ligurie n'a pas épargné la culture des agrumes, même si elle l'a été dans une moindre mesure par rapport à d'autres cultures (**Tab. 1.1**).

Tab. 1.1 : Surfaces cultivées en agrumes en Ligurie et leurs productions (estimations CeRSAA sur des données *Istat* et Région Ligurie, 2016)

	2007		2016	
	Surfaces (ha)	Productions (t)	Surfaces (ha)	Productions (t)
Oranges	18	201	16	129
Mandarines	13	137	5	34
Clémentines	0	0	1	10
Citrons	35	395	27	288
Chinotto	4	27	6	48
Total Ligurie	70	760	55	509

Les derniers relevés disponibles pour la province de Savone (*Istat* et la Région Ligurie, 2016) indiquent que la surface cultivée en agrumes est d'environ 30 ha, subdivisée entre citronniers (12 ha), orangers (10 ha), mandariniers (2 ha) et *Chinotto* (6 ha), avec des rendements de production compris entre 8 t/ha et 11 t/ha. Si les surfaces sont moindres par rapport à la décennie précédente, elles sont supérieures à celles relevées en 2013/14. Ce phénomène s'explique, d'une part à cause de coûts de production plus élevés mais également en raison de la particularité des cultures d'agrumes en Ligurie, qui existe aussi d'ailleurs sur la Côte d'Azur voisine : ces cultures ont toujours été constituées de plantations arborées situées en bordure des chemins ruraux, ou encore de rangées plantées contre les murs de pierres sèches ou le long des *creûzes*¹² (voies secondaires délimitées par des murs de pierres sèches). Un assez grand nombre de documents historiques (Cougnet, 1880) et photographiques remontant au début du XX^e siècle (dont des photos de Mario Minuto, 1930) illustrent la vocation ancienne de ces aires côtières à la culture des agrumes. D'autres documents (EPLEFPA, 2012) citent les témoignages

⁹ Sciacatori : sorte de presse agrume, qui écrase le fruit.

¹⁰ Agro : jus d'agrumes

¹¹ Istat : Institut national de statistiques italien, équivalent de l'Insee en France.

¹² Creûze : mot du dialecte génois qui vient du français "creux". Il indique les chemins qui montaient du port, remontant les crêtes pour atteindre les passes les plus commodes des Apennins et qui se connectaient à d'autres itinéraires et suivaient généralement le tracé des courbes de niveaux.

de marins qui, s'étant approchés de quelques milles marins de la côte, entre Imperia et Nice pendant la période de floraison des agrumes, sentirent le parfum fort et bien reconnaissable des fleurs d'agrumes avec lesquelles une industrie artisanale florissante produisait de précieuses huiles essentielles.

À l'heure actuelle, certains agrumes de la Ligurie sont inscrits dans *l'Elenco Regionale dei Prodotti Agroalimentari Tradizionali* (Décret ministériel italien du 14/06/2002 « Seconde révision de la liste nationale des produits agro-alimentaires »), rédigé sur la base de l'article 8 alinéa 1 du Décret législatif n° 173 du 30 avril 1998, et de la circulaire n° 10 du 21/12/1999 du Ministère italien des Politiques Agricoles et Forestières qui fixe au 12 avril de chaque année la révision générale des listes des produits agro-alimentaires traditionnels des régions et des provinces autonomes, prévues par le Décret ministériel italien n° 350 du 8 septembre 1999. Dans cette liste figurent l'Orange Pernambuco (n° rég. 64), le *Chinotto* de Savone (n° rég. 73) et le *Chinotto* de Savone confit (n° rég. 155).

LES AGRUMES EN SARDAIGNE

Cette île, la seconde en Méditerranée par sa taille, a de nombreux traits communs avec les régions les plus proches, mais également de nombreuses spécificités géographiques, géologiques, climatiques, floristiques, historiques et cultuelles qui sont liées à l'agrumiculture actuelle et qui s'y reflètent. Cette richesse, cette complexité permettent à un petit territoire d'avoir aussi bien des productions d'agrumes particulières, souvent de niche, que des cultures plus intensives.

Les agrumes, et plus particulièrement le cédrat, arrivèrent sur l'île à l'époque romaine (Chessa *et al.*, 1994). Palladius Rutilius Taurus Emilianus, dit Palladius, riche propriétaire terrien et dernier des grands agronomes de l'époque, rapporte à la fin du IV^e siècle, en se référant probablement à l'ancien centre habité de Neapolis, situé non loin d'Oristano, « la présence de cédratiers sur ses propriétés ». Beaucoup plus tard, pendant la période byzantine (du VII^e au XII^e siècles), le cédratier, le citronnier et le bigaradier ont été cultivés près des monastères et les moines contribuèrent à diffuser leur utilisation dans différents endroits de l'île, principalement à des fins pharmaceutiques

(Cherchi-Paba, 1974-1977). Les Camaldules¹³ en particulier, une congrégation de la branche des Bénédictins qui s'installa sur l'île à partir du XII^e siècle, plantèrent des agrumes dans les *veghe* (les vallées irriguées) du Judicat d'Arborée, surtout à Milis. Les jardins des moines (*s'ortu de is paras*) qui deviennent alors très prisés, furent entretenus durant les siècles suivants et visités par de nombreux voyageurs. Aujourd'hui encore, ce sont des atouts de l'agrumiculture sarde. De nombreux autres documents, qui témoignent de la culture des agrumes pendant les siècles suivants, sous l'occupation aragonaise et espagnole, attestent la diffusion et l'importance de la culture du cédratier, du citronnier et du bigaradier, dans différentes régions côtières de l'île (en Ogliastra, dans le Sarrabus, autour des villes de Cagliari et Sassari). Au XVIII^e siècle, une industrie de distillation des fleurs d'oranger naquit et de petites quantités d'écorces séchées furent exportées, mais sans trop de succès (Manca dell'Arca, 1780 ; Fara, 1835 ; Casalis, 1833-1896). En fait, ce sont surtout les fruits frais qui étaient utilisés (après 1950, les productions et les surfaces augmentent considérablement jusqu'à couvrir 5 000 ha en culture mixte et 650 en culture spécialisée). Ce rapport s'inversa dans les années 1980 avec plus de 7 000 ha de cultures spécialisées, surtout en oranges (plus de 70%), comptabilisés dans la plaine du Campidano de Cagliari et d'Oristano. La figure **Fig. 1.2** présente les principales aires de cultures d'agrumes actuelles en Sardaigne.

Aujourd'hui, les agrumes sont cultivés sur 5 098 ha avec, en 2016, une production de 135 758 tonnes (Istat, 2016). La part régionale par rapport à l'ensemble du territoire italien est pourtant réduite puisqu'elle représente seulement 3,6% des surfaces cultivées et 5,8% de la production totale. Les données de la décennie précédente soulignent une réduction des surfaces cultivées (6 858 ha en 2007 avec une part de 1,9% de la surface nationale) en même temps qu'une augmentation globale du rendement ayant nettement accru la production (74 947 tonnes en 2007). Une observation plus détaillée des cultures montre encore la prédominance de l'orange (69%), des proportions semblables de mandarines et de clémentines (environ 12% chacune), tandis que le citronnier occupe 7% des surfaces plan-

¹³ L'ordre camaldule ou ordre des Camaldules est un ordre monastique bénédictin fondé par saint Romuald de Ravenne en 1012 à Camaldoli en Toscane (Italie).



Fig. 1.2 : Principales régions géographiques de production d'agrumes en Sardaigne.
 1. Plaine du bas Campidano (Cagliaritano) : Assemini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Domusnovas, Donori, Gonnosfanadiga, Monastir, Pula, S. Sperate, Sarroch, Serramanna, Uta, Ussana, Villa S. Pietro, Villacidro ; 2. Sarrabus : Muravera, S. Vito, Castiadas, Villaputzu, Villasimius ; 3. Plaine de l'Oristano et Milis : Arborea, Bauladu, Milis, Oristano, Ollastra, S. Donigala, S. Giusta, Siamaggiore, S. Vero Milis, Simaxis, Solarussa, Tramatzza, Zerfaliu ; 4. Plaine de Tortoli : Orosei, Galtelli, Siniscola, Posada, Torpè ; 5. Plaine de l'Orosei et Baronia : Barisardo, Girasole, Lotzorai, Tortoli ; 6. Sassarese : Sassari, Sennori, Sorso (Conception Nieddu-Uniss, dessin F. Curk-INRAE).

tées d'agrumes. Dans cette décennie, les surfaces cultivées ont été fortement réduites par rapport au reste de l'Italie (20,2% contre 10,7%), surtout les orangeries (29% contre 17,2%). Les autres agrumes rares ne sont pas recensés par les agences de statistiques sardes ou italiennes.

Il existe des données statistiques sur la diffusion des agrumes dans les provinces sardes actuelles (**Tab. 1.2 à 1.7**). En analysant le rendement de chacune des 4 principales espèces cultivées, on remarque

que l'orange s'aligne sur le rendement national (18,6 t/ha contre 18,9 t/ha au niveau national) avec de meilleurs chiffres enregistrés pour la région d'Oristano et de la Baronia. Une amélioration des rendements pourrait être apportée à la mandarine (13,4 t/ha contre 17,1 t/ha au niveau national), la clémentine (17 t/ha contre 22,5 t/ha) et le citron (12,9 t/ha contre 19,2 t/ha).

Tab. 1.2 : Surfaces et productions d'agrumes récoltés en Sardaigne (données Istat, 2007, 2016)

	2007		2016	
	Surface (ha)	Production (t)	Surface (ha)	Production (t)
Oranges	4 935	55 000	3 504	104 558
Mandarines	652	6 845	610	15 035
Clémentines	815	8 555	632	10 521
Citrons	456	4 568	352	5 644
Total Sardaigne	6 858	74 968	5 098	135 758
Total Italie	164 459	3 870 089	141 471	2 331 600
Part de la Sardaigne (%)	4,2	1,9	3,6	5,8

Tab. 1.3 : Pourcentages de réduction des surfaces plantées en agrumes en production, en Sardaigne et en Italie entre 2007 et 2016 (données Istat)

	2007	2016
	Sardaigne %	Italie %
Oranges	29,0	17,2
Mandarines	6,4	7,9
Clémentines	22,4	0,5
Citrons	22,8	17,3
Total	20,2	10,7

Tab. 1.4 : Surfaces, productions et rendements de l'orange dans les différentes provinces de la Sardaigne (données *Istat*, 2016)

	Surface en production (ha)	Production récoltée (t)	Rendement (t/ha)
Sassari	93	1 674	18,0
Nuoro	308	6 160	20,0
Cagliari	2 200	40 700	18,5
Oristano	368	7 794	21,2
Olbia-Tempio	40	735	18,4
Ogliastra	285	4 975	17,5
Medio Campidano	102	1 852	18,1
Carbonia-Iglesias	108	1 874	17,3
Total Sardaigne	3 504	65 764	18,6
Italie	84 675	1 590 300	18,9

Tab. 1.5 : Surfaces, productions et rendements de la mandarine dans les différentes provinces de la Sardaigne (données *Istat*, 2016)

	Surface en production (ha)	Production récoltée (t)	Rendement (t/ha)
Sassari	28	314	11,2
Nuoro	58	882	15,2
Cagliari	362	4 210	11,6
Oristano	74	984	13,3
Olbia-Tempio	9	117	13,0
Ogliastra	42	605	14,4
Medio Campidano	18	264	14,7
Carbonia-Iglesias	19	268	14,1
Total Sardaigne	610	7 644	13,4
Italie	8 694	148 489	17,1

Tab. 1.6 : Surfaces, productions et rendements de la clémentine dans les différentes provinces de la Sardaigne (données *Istat* 2016)

	Surface en production (ha)	Production récoltée (t)	Rendement (t/ha)
Sassari	31	289	9,3
Nuoro	36	648	18,0
Cagliari	412	7 622	18,5
Oristano	100	1 948	19,5
Olbia-Tempio	5	84	16,7
Ogliastra	32	564	17,6
Medio Campidano	8	145	18,1
Carbonia-Iglesias	8	144	18,0
Total Sardaigne	632	11 442	17,0
Italie	25 455	572 221	22,5

Tab. 1.7 : Surfaces, productions et rendements du citron dans les différentes provinces de la Sardaigne (données *Istat*, 2016)

	Surface en production (ha)	Production récoltée (t)	Rendement (t/ha)
Sassari	20	204	10,2
Nuoro	20	304	15,2
Cagliari	238	3 200	13,5
Oristano	14	233	16,7
Olbia-Tempio	9	106	11,8
Ogliastra	28	335	12,0
Medio Campidano	12	143	12,0
Carbonia-Iglesias	11	132	12,0
Total Sardaigne	352	4 658	12,9
Italie	22 647	435 471	19,2

Les principales problématiques techniques pouvant expliquer ces différences sont le manque de renouvellement du verger (vétusté des plantes, des variétés et des porte-greffe dans les vergers et dans les pépinières), les surfaces réduites des exploitations et la carence de compétences techniques spécialisées, le faible transfert de connaissances agronomiques aux exploitants (taille adaptée à chaque espèce, fertilisation, défense phytosanitaire, récolte et conservation des fruits, étude du territoire pour y déterminer les parcelles les plus adaptées et la biodiversité des vergers d'agrumes traditionnels encore présents en de nombreux endroits). À ces faiblesses s'ajoutent l'insularité qui, même si elle permet de conserver les cultures et les ressources traditionnelles, représente également une limite engendrant une grande difficulté à faire connaître beaucoup de produits de l'île à l'extérieur, sans oublier des coûts de production plus élevés et un manque de propension à s'organiser ou s'associer entre exploitations.

L'*Istat* ne recense pas les agrumes rares (*Chinotto*, bergamote, Pompia, etc...) pour la Sardaigne. Les informations concernant la Pompia, dont la diffusion se limite à la Baronie, sont donc citées plus loin, dans la partie descriptive de cet agrume.

La Pompia, de même que l'orange de Muravera, les oranges Tardives de S. Vito, le moût d'orange (jus d'oranges mûres cuit avec des écorces d'orange séchées, du sucre ou du miel) et le *binu de aranciu* (vin d'orange), sont inscrits sur la Liste des Produits Agro-alimentaires traditionnels de la Sardaigne.

LES AGRUMES EN TOSCANE

Le secteur agricole de la Toscane se base sur trois filières importantes : le vin, les pépinières et les olives ; avec des espèces et des variétés bien adaptées à l'environnement pédoclimatique des collines et du littoral du centre de l'Italie qui contribuent à environ 50% à la PBV (Production Brute Vendable) régionale. Les agrumes destinés à la consommation en fruit frais représentent, en revanche, une culture de niche précieuse et, en 2016, 26 ha de culture ont été recensés par l'*Istat*, la plupart sur les communes de Livourne, pour l'orange, et de Massa-Carrare, pour le citron. Ces deux espèces, occupant aujourd'hui

respectivement 10 et 12 ha, se sont énormément répandues puisqu'en 2007, il n'existait que 3 ha d'orangers et 8 de citronniers. Dans le territoire de Livourne, le rendement des orangers est supérieur au rendement national (25 t/ha contre 19 t/ha), alors que les citronniers, que l'on ne trouve presque exclusivement que sur le territoire de Massa-Carrare (11 des 12 ha cultivés, **Tab. 1.8**) n'atteignent pas des niveaux de production très élevés (environ 5 t/ha contre une moyenne de 19,2 t/ha en Italie).

Dans un tel cadre, les forces publiques et privées engagées dans la mise en valeur des productions d'excellence, la multifonctionnalité et l'existence de typologies traditionnelles sur le territoire ont une très grande importance ; le citron de Massa-Carrare, d'ailleurs inscrit sur la Liste des Produits Agro-alimentaires Traditionnels de la Toscane et pris en considération dans le cadre du projet *Mare di Agrumi*, est une variété de référence de la Toscane.

Tab. 1.8 : Surfaces en production et productions récoltées d'agrumes en Toscane (données *Istat*, 2007-2016)

	2007		2016	
	Surfaces (ha)	Productions (t)	Surfaces (ha)	Productions (t)
Oranges	3	29	10	189
Mandarines	0	0	0	0
Clémentines	0	0	4	81
Citrons	8	36	12	61
Total Toscane	11	65	26	331

LES AGRUMES EN CORSE

Avec environ 30 000 tonnes de fruits produits par an, 1 535 ha (en 2018) et 160 producteurs, la clémentine de Corse est une importante production d'agrumes de la zone méditerranéenne prise en compte par le projet Interreg *Mare di Agrumi*. Elle bénéficie depuis 2007 d'une Indication Géographique Protégée (IGP) « Clémentine de Corse ». Lors de la campagne de production 2017/2018, 30 225 tonnes de clémentines ont été récoltées et 25 691 tonnes ont été commercialisées sous IGP « Clémentine de Corse ». Plus de 99% de la production est commercialisée hors de Corse, essentiellement en France continentale et majoritairement dans la région du grand Sud-Est. La production de clémentines en agriculture biologique est en constante augmentation, elle a atteint près de 5% lors de la campagne 2016/2017. Il existe également une toute petite part de la production (0,1%) proposée à la vente sous le signe de qualité « Label Rouge ». Les clémentines produites en Corse sont essentiellement destinées à la consommation en fruit frais. Très peu de fruits sont transformés et donc la majorité des écarts de production (fruits non commercialisables en frais) n'est pas exploitée. On trouve sur les étals des marchés locaux, différents types de produits à base de clémentine dont une majorité de confitures, des fruits confits (généralement de petits calibres), de pâtes de fruit, des bonbons, des biscuits et des liqueurs. On y trouve parfois des jus de clémentine mais ils ne sont généralement pas produits sur l'île qui n'a pas d'infrastructures permettant la production de jus d'agrumes. Les volumes sont très difficiles à estimer du fait d'une absence totale de traçabilité des fruits transformés.

La Corse produit également d'autres agrumes en moindres quantités comme le pomelo, le cédrat, l'orange ou le citron.

Arrivé en Corse dans les années 70, le pomelo est la deuxième production d'agrumes de Corse. Même si depuis les années 90, les surfaces ont diminué pour atteindre 128 ha en 2015 avec une production estimée à environ 3 000 tonnes. L'obtention de l'Indication Géographique Protégée « Pomelo de Corse » en 2014 a semblé-t-il relancé l'intérêt pour cet agrume. En 2016 les surfaces ont atteint 147 ha et continuent d'augmenter depuis ; la production a dépassé les 4 000 tonnes en 2016. De nombreux agrumiculteurs, également pro-

ducteurs de clémentines, préfèrent récolter leurs pomelos dès le mois de mars afin de créer, si possible, un continuum d'activités entre la clémentine et le pomelo. Ce choix, ou cette obligation technique, correspond au modèle commercial de la « Clémentine de Corse » basé sur le « tout expédition ». L'avenir commercial du pomelo de Corse n'est peut-être pas dans l'organisation de la filière « Clémentine de Corse ». En effet, ramassé à partir de fin avril et non en mars comme actuellement, les pomelos de Corse sont d'une qualité nettement supérieure et le marché local estival pourrait alors devenir un débouché intéressant. Pour y répondre il est néanmoins indispensable d'organiser la conservation et la distribution régulière en petites quantités, directement auprès des acteurs du tourisme (restaurants, épiceries ou grandes surfaces commerciales). Le pomelo est un agrume adapté à la conservation en chambre froide. Aujourd'hui les écarts de production sont particulièrement importants (plus de 40% de la production certaines années) du fait d'une volonté des producteurs d'atteindre une qualité supérieure et d'un marché tendu et exigeant. Tout comme la clémentine, la majorité des fruits est destinée à la consommation en frais et la moindre tache est rédhibitoire pour la commercialisation et les gros fruits comme les petits sont écartés. Un véritable effort de communication sur l'aspect des fruits et un circuit court de commercialisation pour le marché local est une option à envisager même si son organisation est nettement plus complexe que le système d'expédition de la clémentine. Il existe très peu de produits transformés et les confiseries à base de pomelo produits en Corse sont anecdotiques, la majorité des écarts est tout simplement détruite.

L'agrumé considéré comme traditionnellement produit en Corse est le cédrat, même si l'on estime à moins de 15 ha les surfaces plantées en cédratiers en 2018, en tenant compte des jeunes vergers non encore en production. Mais ce ne fut pas toujours ainsi. Au XIX^e siècle, dès 1835, un plan de développement agricole fut élaboré avec la mise en culture du cédrat dans de nombreuses régions allant du sud au nord de l'île, de la région d'Ajaccio à celle du Cap Corse mais aussi sur les piedmonts dans la partie orientale de l'île. Il est difficile d'avoir une idée précise des surfaces et des récoltes de cédrat car

les documents de recensement sont pour la plupart égarés ou méconnus. A son apogée vers la fin du XIX^e siècle, il est estimé que la production de cédrat en Corse avoisinait 8 000 tonnes, dont la totalité était expédiée en France continentale et en Italie afin d'y être transformée. L'utilisation du cédrat était alors exclusivement dédiée à la confiserie pour la préparation des gateaux aux fruits confits (Cake anglais, Panetone italien ou le Stollen allemand). Cette production déclina rapidement au lendemain de la première guerre mondiale. Plusieurs raisons expliquent ce déclin, entre autres la concurrence des productions du Costa Rica, les pertes humaines de la première guerre mondiale donc moins de disponibilité en ouvriers agricoles, des hivers très rigoureux au début du XX^e siècle décimant les vergers de cédratiers. La production corse actuelle est principalement transformée localement en fruits confits, en confitures et en liqueurs. On trouve, en très petites quantités quelques fruits frais sur les marchés locaux. Cette production de cédrats en Corse est directement concurrencée par la production de fruits de Calabre, plus abondante et moins chère. Aucun label de qualité, aucune protection de l'appellation « Cédrat de Corse » n'existe aujourd'hui et rien n'empêche de produire du Cédrat de la variété « de Corse » ailleurs qu'en Corse et de commercialiser sa production sous cette appellation, ni de transformer en Corse une autre variété de cédrat (la variété Diamante par exemple), produite en Italie, et de la vendre sous l'appellation cédrat de Corse. Il est donc difficile de réellement estimer les volumes produits et transformés en Corse, de cédrat de Corse. Certains producteurs essaient de s'organiser pour mettre en place des labels, mais, en 2018, malgré le dynamisme de certains, le chemin semble encore long et compliqué pour atteindre cet objectif.

Les oranges sont cultivées en Corse depuis au moins le XVII^e siècle et ont eu un succès particulièrement important entre la moitié du XIX^e et la moitié du XX^e siècles. Aujourd'hui, après une phase de production anecdotique d'oranges tardives (de type Valencia late), de qualité moyenne, à destination du marché local, plusieurs producteurs ont rénové le verger en plantant des variétés d'orange de type navel (Navelina, Washington navel et Fisher navel) et blondes (Salustiana et Valencia). Ces nouveaux vergers dépassent, en cumulé, les 20 ha et la production est de qualité remarquable, parfaitement adaptée à

une commercialisation basée sur l'expédition. L'objectif annoncé est de proposer sur les étals des marchés continentaux une orange de qualité « origine France ». En 2017 une réflexion sur la mise en place d'une Indication Géographique Protégée « Orange de Corse » a été engagée.

Le citron est présent dans la majorité des jardins de Corse, la production locale en vergers est très anecdotique et les volumes très faibles. Il existe très peu de produits transformés à base de citrons, préparés à partir de citrons produits en Corse.

Enfin, il existe de tous petits vergers d'agrumes plus ou moins récents, destinés à des marchés de niche. Ainsi on peut trouver sur certains marchés ou dans des épiceries de luxe parisiennes des kumquats, des citrons caviar, des bigarades, des mandarines, des bergamotes ou des yuzus produits en Corse.

GIORGIO GALLESIO, SES ACTIVITÉS ET SES OEUVRES CONSACRÉES AUX AGRUMES

Irma Beniamino

Dès les débuts de sa carrière publique, Le comte Giorgio Gallesio¹⁴ (1772-1839) fut particulièrement intéressé par l'agriculture du fait notamment de son activité d'administrateur de ses biens fonciers, localisés dans l'arrière-pays de Finale Ligure et dont il hérita de son père en 1801. La même année, il commence le premier de ses Journaux intimes, le *Giornale di Agricoltura*, où il écrit des observations d'ordre agronomique, climatique et économique faites sur son exploitation agricole et sur le littoral de Finale Ligure. Entre 1810 et 1839, dans son *Giornale dei Viaggi* (Gallesio, 1985, Gallesio, 1995), il décrit précisément les cultures d'agrumes, les vergers, les vignes et les oliviers qu'il a observés dans les territoires du Royaume de Savoie, de Lombardie-Vénétie, de la Toscane et des États de l'Église jusqu'à Naples. Or ses notes, loin de se limiter à des observations pomologiques directes, rapportent également l'avis d'autres experts concernant la comparaison de différentes variétés d'agrumes avec les collections des jardins des Médicis à Florence, avec celles des propriétés terriennes visitées au cours de ses voyages et surtout avec sa collection pomologique de Finale qu'il nomma lui-même « ma villa expérimentale » (Gallesio, 2000). Véritable banque génétique de fruits, comme on pourrait la définir aujourd'hui, cette villa fut le théâtre d'expériences sur la physiologie végétale, la reproduction sexuée et

¹⁴ Né à Finale Ligure le 23 mai 1772, il a été magistrat à Savone (1805), député du Département de Montenotte auprès du gouvernement français (1809), sous-préfet de la circonscription de Savone (1811) et sous-préfet à Pontremoli (1813-1814) ; à la chute de Napoléon Bonaparte, le Gouvernement de la République de Gênes le rappelle et le nomme Secrétaire de Légation auprès du Congrès de Vienne (1814-1815). Il occupa le poste de Commissaire de recrutement à Savone au service de la Maison de Savoie de 1816 à 1823 avant de partir à la retraite pour des raisons de santé et pour poursuivre ses recherches.

végétative des plantes et l'héritage des caractères constituant la base de l'élaboration de sa *Teoria della riproduzione vegetale* (Gallesio, 1814, 1816). Cette œuvre, publiée par la suite, constitue les fondements de son *Traité du Citrus* (Gallesio 1811) qui est la première tentative d'analyse scientifique du genre *Citrus*, de ses espèces et de ses formes cultivées ; c'est ce volume, avec son œuvre majeure intitulée la *Pomona Italiana* (Gallesio, 1817-1839), qui lui valut la célébrité et nombre d'honneurs de la part de la communauté scientifique¹⁵.

Les agrumes qui existaient déjà au début du XVIII^e dans les propriétés de sa famille¹⁶ constituent pour Gallesio le premier objet de ses études ; avec un nombre de variétés cultivées toujours croissant, celles-ci étaient étudiées sur la base de leur capacité de réaction aux nombreuses gelées qui eurent lieu entre la fin du XVIII^e et le début du XIX^e¹⁷ siècles, et également les précédentes qui touchèrent le littoral de la Ligurie (Beniamino, 2017).

Ses connaissances sur la culture des agrumes lui valurent des demandes d'informations de la part de Chabrol de Volvic, le Préfet du Département de Montenotte ; les ayant recueillies dans un manuscrit intitulé *Mémoires sur les Orangers* qu'il présenta en 1808, l'impression qu'il produisit sur son destinataire fut telle que celui-ci en recommanda chaudement la publication. Le texte, revu et augmenté, devint son *Traité du Citrus* et fut publié en 1811 à Paris (Gallesio s'y trouvait en qualité de Député du Département de

¹⁵ Parmi lesquelles : la Société d'Agriculture du Département de la Seine, Paris (1811), l'Académie impériale des Sciences, des Lettres et des Arts, Gênes (1812) ; la Société économique florentine, dite des *Georgofili*, Florence (1813), la *Regia Societas Agraria Taurinensis*, Turin (1816) ; l'Académie Royale des Sciences de Turin (1818) et la Société d'Horticulture, Paris (1829) dans AGP, diplômes.

¹⁶ « J'ai au final une maison de plaisance dans laquelle mon grand-père fit planter, en 1718, un grand nombre d'orangers ; les plants, tous greffés, furent fournis, selon l'usage, par les pépinières de Nervi » dans Gallesio 1811, p. 355.

¹⁷ « Je cultive depuis plus de trente ans une grande quantité de ces plantes. J'ai énormément de citronniers spontanés et plusieurs centaines de greffes sur le Bigaradier, sur l'oranger et sur le citronnier et beaucoup de greffes, pour mener une expérience, sur le cédratier, sur l'arbre à Chinottos et l'arbre à Pommes d'Adam. J'ai une quantité d'orangers spontanés, de Bigaradiers, et j'en ai des greffés de toutes les sortes (...) En 1789, ils pâtirent de la même crise [que celle de 1782] qui se répéta en 1792, en 1814 et en 1821 ; ils s'en remirent toujours si bien que, en ce moment, ils recouvrent tout le mur et produisent 10 à 12 000 citrons par an (...) C'est toujours le degré de végétation dans lequel se trouvaient les plantes qui a déterminé les dégâts des gelées. (...) Quelle est donc l'influence du porte-greffe ou du greffon sur le pied où il vit ? Aucune, si je peux en juger ces temps-ci, où les gelées sont très fréquentes » dans Gallesio 2000, pp. 41-42.

Montenotte à l'occasion des noces de Napoléon Bonaparte avec Marie-Louise d'Autriche) ; cette œuvre est illustrée à l'aide d'un *Tableau synoptique du genre Citrus* (**Fig. 2.1**) dont l'originalité réside dans le nouveau critère de classement selon lequel l'auteur distingue les bigaradiers [*Citrangoli*] des orangers [*Melangoli*] en subdivisant le genre *Citrus* en quatre espèces : « *C. Medica Cedra*, *C. Medica Limon*, *C. Aurantium Indicum*, *C. Aurantium Sinense* » réparties en quarante catégories taxonomiques¹⁸. La préface du *Traité* illustre le plan de l'œuvre, articulée en trois volumes¹⁹ et comprenant un Atlas de trente planches en couleurs des quatre espèces, variétés et hybrides. Des difficultés rencontrées dans la réalisation des parties illustrées ont engendré un retard dans la publication. Durant son séjour parisien, Gallesio avait commissionné au peintre botaniste Antoine Poiteau la réalisation d'une série de dessins d'agrumes, douze desquels devant représenter des échantillons de sa collection de Ligure Finale ; la correspondance existant entre le dessin des fruits et les observations aussi ponctuelles que minutieuses²⁰ qui le complètent souligne la rigueur que Gallesio attachait aux planches illustrées (Baldini, 1996a ; **Fig. 2.2**). Si l'Atlas ne fut jamais publié, malgré le désir maintes fois exprimé par son auteur, les planches sont désormais disponibles dans une œuvre critique très soignée (Baldini, 1996b)²¹. La

¹⁸ Parmi elles le *Limone Bergamotto* (*Citrus bergamia* Risso & Poit.) qu'il considérait comme un hybride en accord avec les plus récentes études de génétique de notre époque : « Il est aisé de reconnaître dans ces caractères un hybride du limonier et de l'oranger : on trouve le premier dans le fruit, et on reconnaît le second dans les feuilles et les fleurs » dans Gallesio 1811, p. 119.

¹⁹ Vol. I : *Traité du Citrus*, publié (chap. I Théorie de la Reproduction végétale, chap. II Synonymie et Description, chap. III Histoire du *Citrus*) ; vol. II, non publié (Tableau comparatif de l'état du citrus dans les différentes régions du globe où il est acclimaté, Histoire naturelle de ses espèces, Traité de sa culture et de ses maladies, Observations sur les gelées et leurs phénomènes, Histoire des plus célèbres gelées) ; vol. III, non publié : « Trente planches, les figures coloriées des quatre espèces, celle d'un grand nombre d'hybrides, et celle des variétés les plus remarquables [...] ce travail était déjà commencé [...] présente beaucoup de difficultés [...] j'ai pris le parti de les réunir en un atlas qui formera un troisième volume » dans Gallesio 1811, p. xiv.

²⁰ « *Cedrato della China* : voilà le plus beau dessin que le pinceau de Poiteau ait fait. Les feuilles sont très naturelles, les fleurs très belles, le fruit est surtout magnifique ainsi que sa section. La branche du groupe de fruits est la seule à ne pas avoir une couleur naturelle », Giorgio Gallesio, ms. 16.7.1817 dans Baldini 1996a, p. 68.

²¹ Les planches, conservées dans les Archives Gallesio-Piuma, ont été commentées dans un volume dédié faisant partie du *corpus* des œuvres *Gallesiiane* introduites par Enrico Baldini (1996b) et publiées dans une collection monographique de l'Accademia dei Georgofili de Florence.

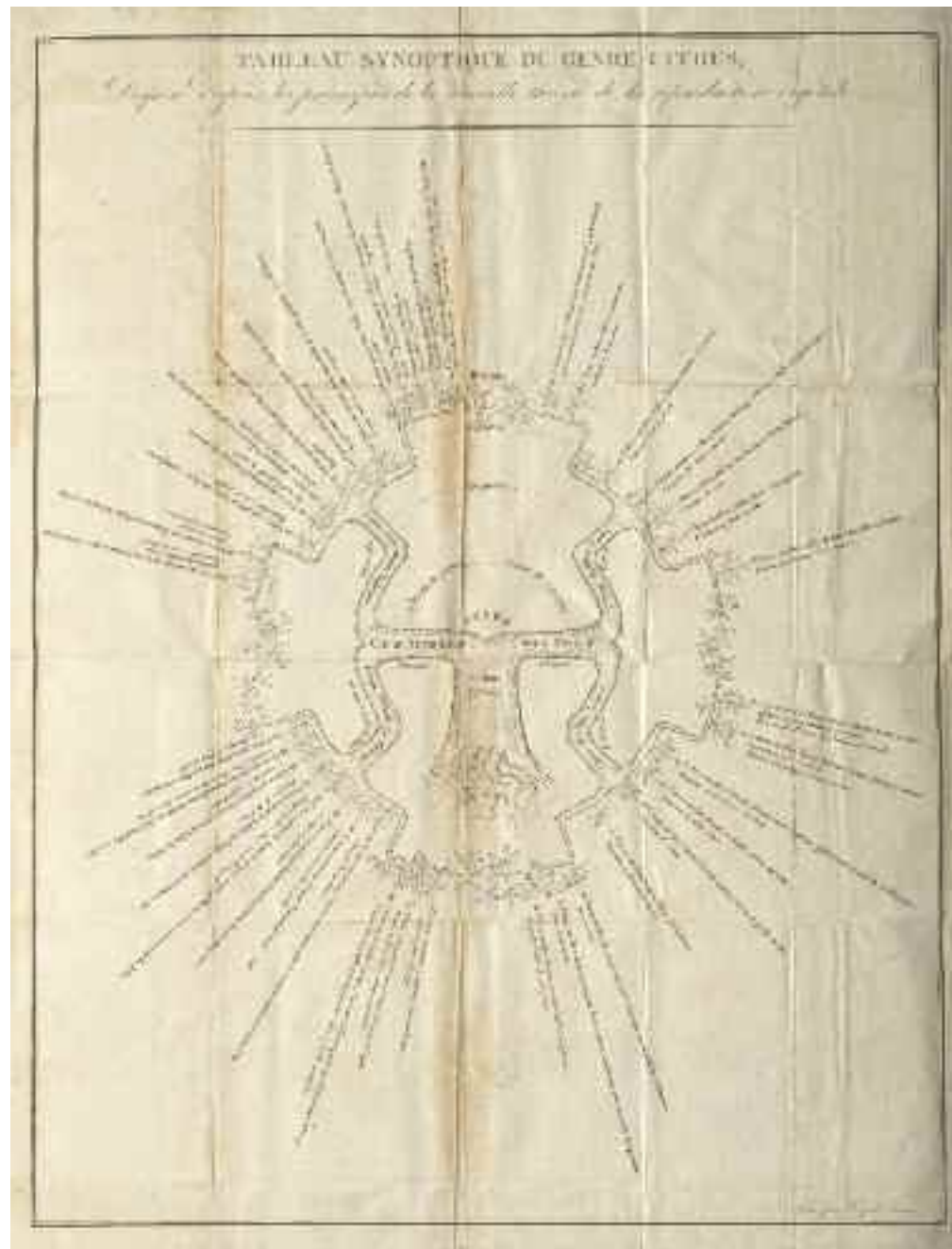


Fig. 2.1 : Tableau synoptique du genre *Citrus*, disposé d'après les principes de la nouvelle théorie de la reproduction végétale, illustration du *Traité du Citrus* publié en 1811 à Paris par Giorgio Gallesio



Fig. 2.2 : Planche de dessin d'Antoine Poiteau commandée par Giorgio Gallesio conservée au Muséum National d'Histoire Naturelle Paris

notoriété que Gallesio obtint grâce à la publication du *Traité* a suscité l'intérêt de différentes personnalités de l'époque qui désirèrent voir les jardins d'agrumes de Finale Ligure ; le Sénateur comte de S. Vallier et le Préfet Chabrol de Volvic les visitèrent et confirmèrent la production exceptionnelle citée dans l'œuvre de Gallesio²² (Gallesio, 1812). Parmi les savants intéressés par son travail il y avait également Charles Darwin : de fait, sa copie personnelle du *Traité* contenait de nombreux passages soulignés et des notes manuscrites reprises par la suite dans *Variatione degli animali e delle piante allo stato domestico* (La variation des animaux et des plantes à l'état domestique, Darwin, 1876) où figurent dix-sept citations tirées aussi d'autres œuvres de l'Italien. L'édition de la *Pomona Italiana* occupa Gallesio pendant plus de vingt ans et pendant ce temps il ne cessa jamais de s'intéresser aux agrumes ; il fit d'ailleurs préparer des planches illustrées à publier dans une suite ou une réédition revue du *Traité* malgré ses difficultés financières liées à la *Pomona* ; mais la sortie de l'*Histoire naturelle des Orangers* de Risso et Poiteau (Risso & Poiteau, 1818-1822), qu'il ne jugeait pas de la même qualité que sa *Pomona* (Bariola, 1893)²³, et qui contenait même la description du *Bigaradier Gallesio*²⁴ que Poiteau lui avait dédiée, le poussa à abandonner ce projet. Ses études mises à jour en même temps qu'un nouveau « cadre synoptique » des agrumes comprenant quarante-huit catégories taxono-

miques, ne se concrétisèrent que dans la forme réduite d'un opuscule (Gallesio, 1839) présenté à la première réunion des hommes scientifiques italiens en octobre 1839 à Pise²⁵ (Pacinotti *et al.*, 1840), juste un mois avant sa mort à Florence, ville où ce spécialiste de la « Science des Fruits » repose dans l'église de Santa Croce, parmi les Grands d'Italie.

²² « M. le comte de S. Vallier [...] a voulu venir à Ligure Finale pour connaître nos orangers. Depuis l'année dernière à Paris, il considérait mon assertion relative à leur production comme une exagération et plusieurs fois, en plaisantant, il s'était moqué des arbres de 5 à 6 m dont je fais mention dans mon *Traité* du Citrus. [...] La récolte a commencé en présence du Sénateur, du Préfet, de M. Carati Marcello Directeur du port de Gênes, de M. Rigaud Inspecteur des douanes à Savone, de M. Rati Président du Tribunal, de M. Bianchi vice Inspecteur des bois et des forêts, de M. le comte Doria de Dolciacqua et de beaucoup d'autres personnalités et, en moins de deux heures, douze *corbini* (gros paniers utilisés ici à Finale) d'oranges ont été récoltés, toutes de grandeur moyenne : quatre *corbini* ont été comptés sous les yeux de tous les susnommés et ils contenaient de 400 à 440 fruits chacun, ce qui faisait que si l'on comptait que chaque panier ne contenait que 400 fruits, on arrivait à un total de 4 800 fruits sans tenir compte des plus de 300 fruits qui s'étaient répandus par terre lors de la cueillette et les plus de 200 petits restés attachés aux branches. Cette vérification convainquit complètement tous les présents et servit de preuve sûre à l'assertion avancée dans mon œuvre » (Gallesio, 1812).

²³ « s'ils connaissent les œuvres françaises de ce genre, telles que l'*Histoire des Orangers* de Risso et *Le Nouveau Duhamel* de Longchamp, ils trouveront que même si elles sont infiniment inférieures à la mienne, autant pour le papier que pour l'impression, spécialement pour les branches, elles sont tout de même beaucoup plus chères » dans Bariola 1893, pp. 6-7.

²⁴ Risso Poiteau 1818, p. 71, planche 42.

²⁵ « Le Comte Giorgio Gallesio [...] communiqua en quelques mots le vaste fruit de ses études à ce sujet, les accompagnant d'une brève lecture relative à la théorie que nous lui devons entièrement et nous donna un opuscule rédigé exprès et publié », réunion du 14 octobre 1839. Dans Pacinotti *et al.* 1840, *Atti della prima riunione degli scienziati italiani tenuta in Pisa nell'ottobre del 1839*, page 268.

ORIGINE ET EVOLUTION DE LA DIVERSITE DES AGRUMES

François Luro, Gilles Costantino, Patrick Ollitrault, Franck Curk

QU'EST-CE QU'UN AGRUME ?

Le terme agrume provient du latin *acrumen* qui signifie aigre. Ce terme désigne les arbres classés dans la famille des Rutacées produisant des fruits ou baies de type hespéride à pulpe acide caractérisée par l'organisation physiologique suivante (**Fig. 3.1**) : (1) une partie externe appelée peau dont la couche externe (épiderme) nommée flavédo (aussi appelé zeste) renferme de nombreuses vésicules pleines d'huile très odorante appelée huile essentielle et une partie interne d'épaisseur variable (de 1 mm à plusieurs cm) généralement de couleur blanche appelée albédo (parfois appelé ziste) ; (2) une

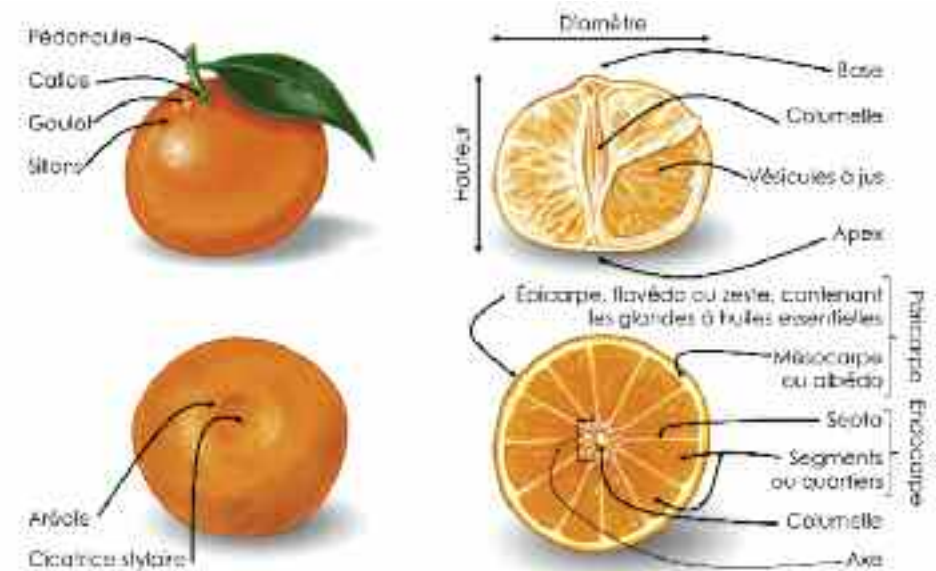


Fig. 3.1 : Structure anatomique d'un fruit d'agrumes (dessin © F. Curk-INRAE)

partie interne structurée en quartiers issus des carpelles, entourés d'une fine peau (endocarpe) où s'agglomèrent des vésicules à jus riches en eau, acides organiques, sucres, pigments (caroténoïdes et parfois anthocyanes) et sels minéraux ; chaque quartier peut contenir des pépins positionnés proches de l'axe du fruit ; (3) l'axe du fruit qui peut être creux ou plein d'un tissu équivalent à celui de l'albédo (columelle) et parfois même absent quand les quartiers sont jointés à leur base.

Sur le plan taxonomique, il est communément admis que les agrumes se répartissent en 6 genres botaniques de la tribu des *Citreae*, sexuellement compatibles entre eux : *Clymenia*, *Eremocitrus*, *Microcitrus*, *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*. Les 3 premiers sont d'origine océanienne et les 3 derniers sont asiatiques et regroupent les agrumes les plus connus, les plus cultivés et les plus consommés. Les *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. ou orangers trifoliolés « *trifoliolate orange* » en anglais (**Fig. 3.2**), dont les fruits sont impropres à la consommation, sont utilisés comme porte-greffe ou géniteurs de porte-greffe car ils



Fig. 3.2 : *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. (© F. Curk-INRAE)

possèdent des caractéristiques de résistance et de tolérance, intéressantes pour l'agrumiculture dont ceux vis-à-vis de la Tristeza, des nématodes, de la gommosse à *Phytophthora* et du froid. Ils sont malheureusement sensibles au calcaire et à la salinité mais aussi à une maladie provoquée par un viroïde, l'Exocortis. C'est un genre botanique peu diversifié, du moins nous n'en connaissons que peu de variétés et qui plus est avec de fortes similitudes d'aspect.



Fig. 3.3 : Kumquat Marumi, *Fortunella japonica* (Thunb.) Swing. (© F. Curk-INRAE)

Les *Fortunella* spp. produisent des fruits nommés kumquats (**Fig. 3.3**) que l'on déguste avec leur peau. Ce genre botanique présente comme le *Poncirus* peu de diversité. Le genre *Citrus* enfin, regroupe les espèces majeures tant du point de vue phylogénétique que du point de vue commercial. La taxinomie du genre *Citrus* est controversée. Ce genre regroupe la plupart des espèces d'agrumes cultivés et est constitué, suivant les taxinomistes, de 16 (Swingle, 1967) ou 156 espèces (Tanaka, 1961). La complexité relative de la classifications résulte, entre autres, d'une très vaste diversité morphologique et de l'inter-compatibilité sexuelle des espèces du genre *Citrus*.

Par ailleurs, certaines variétés cultivées se sont vues élevées au rang d'espèce, bien qu'elles soient issues de croisements entre deux espèces différentes et qu'elles ne puissent pas se reproduire naturellement par fécondation.

L'ÉVOLUTION ET LA CONSTRUCTION DES ESPÈCES PRIMAIRES

Le berceau des agrumes se situe dans le Sud-Est asiatique. Plusieurs étapes dans leur évolution et dans leur expansion ont contribué à l'immense diversité d'apparence, de goût et d'arôme des fruits que l'on connaît aujourd'hui. Cette diversité n'est probablement qu'une infime partie de l'existant. Il y a plusieurs millions d'années les populations d'ancêtres des agrumes se sont retrouvées géographiquement isolées avec l'absence d'échange de gènes par la fécondation. Des modifications climatiques dans ces régions d'origine ont créé les conditions d'évolution sans échanges (sans fécondations)



Fig. 3.4 : Cédrot, *Citrus medica* L. (© F. Curk-INRAE)

appelée « évolution allopatrique ». Durant cette période, sous l'effet de conditions environnementales différentes d'une région à une autre, les formes ancestrales ont évolué séparément et ont acquis des caractères très dissemblables, c'est le processus de spéciation (Garcia-Lor *et al.*, 2013 ; Wu *et al.*, 2018).

Les cédratiers (*Citrus medica* L., **Fig. 3.4**) sont peu à peu apparus dans la zone correspondant aujourd'hui au Nord-Est de l'Inde.

Les mandariniers (*C. reticulata* Blanco, **Fig. 3.5**) seraient originaires de la Chine et leur nom proviendrait de la couleur des robes des mandarins.



Fig. 3.5 : Mandarine Cléopâtre, *C. reshni* Hort. ex Tan. (© F. Curk-INRAE)

Les pamplemoussiers (*C. maxima* (Burm.) Merr., **Fig. 3.6**), produisant probablement les plus gros agrumes (certains fruits peuvent dépasser la taille d'un ballon de basket) se seraient diversifiés dans une région correspondant à la Malaisie/Thaïlande. Le dernier groupe ancestral est appelé Papeda et rassemble des agrumes ayant des feuilles dites bilobées, c'est à dire avec des pétioles ailés de grande taille, presque aussi grands que le limbe principal. Ce groupe n'est



Fig. 3.6 : Pamplemousse, *C. maxima* (Burm.) Merr. (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.7 : Combava, *C. hystrix* D.C. (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.8 : *Eremocitrus* sp. (© F. Curk-INRAE)

En Australie d'autres formes se sont développées, classées dans les genres botaniques *Eremocitrus* (Fig. 3.8) et *Microcitrus* (dont le citron Caviar ou *Finger Lime*, une variété très populaire depuis peu dans la restauration fine), (Fig. 3.9). Des hypothèses sur la présence des agrumes en Australie sont proposées sur une dérive de formes ancestrales proches des cédratiers depuis le sud-est asiatique (Wu et al., 2018).



Fig. 3.9 : Citron caviar, *Microcitrus australasica* (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.10 : Calamondin, *C. madurensis* Lour. (© F. Curk-INRAE)

Les bases de la diversité des agrumes reposent sur ces taxons. Probablement après une expansion hors de leurs aires de spéciation ces espèces ancestrales se sont retrouvées à croître dans des lieux communs. De cette mixité géographique nouvelle, des fécondations entre espèces ont pu avoir lieu et générer des formes hybrides interspécifiques. Ces mélanges féconds n'ont été possibles que du fait du maintien de la compatibilité sexuée entre ces groupes ancestraux longtemps isolés les uns des autres. Les combinaisons hybrides naturelles entre les 3 genres botaniques *Poncirus*, *Citrus* et *Fortunella*, semblent en revanche rares, car très peu d'exemples sont connus. Le calamondin (*Citrus madurensis* Lour., **Fig. 3.10**), un agrume morphologiquement proche des mandariniers, très utilisé comme arbre d'ornement en horticulture, découlerait d'un croisement entre un *Citrus* et un *Fortunella*.

La rareté des croisements entre genres botaniques peut être expliquée par l'effet cumulé de différents facteurs :

- Le cloisonnement géographique au cours de l'évolution, durant des millénaires ; par exemple le *Poncirus*, de par ses caractères spécifiques d'adaptation aux températures gélives (chute des feuilles en saison froide...), est originaire de régions plus septentrionales que les *Citrus* ;



Fig. 3.11 : Limequat Eustis (© F. Curk-INRAE)

- Un décalage entre les époques de floraison des 3 genres : les agrumes du genre *Poncirus* fleurissent très tôt (mars en hémisphère nord), ceux du genre *Citrus* en avril-mai et les kumquats du genre *Fortunella* fin juillet ;
- De probables facteurs génétiques limitant les associations croisées entre agrumes de différents genres qui ralentiraient la croissance des hybrides de nouvelles générations.

Néanmoins ces croisements entre genres peuvent être réalisés de manière contrôlée c'est-à-dire en prélevant du pollen sur les fleurs de l'un et en le déposant sur les fleurs d'un autre. Une étape de conservation du pollen à basse température est alors nécessaire pour réaliser la pollinisation entre genres ne fleurissant pas à la même époque. Les limequats, (hybrides entre lime et kumquat, **Fig. 3.11**) de même que les citranges (hybrides entre poncirus et oranger, **Fig. 3.12**) ou citrumelos (entre poncirus et pomelo, **Fig. 3.13**) sont des exemples de croisements inter-génériques. Les croisements entre espèces d'un même genre et plus particulièrement celles du genre *Citrus* semblent plus fréquents et plus aisés à obtenir.



Fig. 3.12 : Citrange Carrizo (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.13 : Citrumelo 4475 (© F. Curk-INRAE)

L'APPARITION DES ESPÈCES SECONDAIRES EN ASIE

Parmi les nouvelles formes apparues, certaines ont été repérées et sélectionnées par différentes civilisations. La plus emblématique de toutes est l'oranger (*C. sinensis* (L.) Osb., **Fig. 3.14**).

Cet agrume est peut-être le plus ancien hybride interspécifique que l'on cultive aujourd'hui. Son apparition remonterait à plusieurs millénaires.

La plus ancienne référence manuscrite connue serait citée dans un texte de l'un des « 5 classiques » attribués à Confucius, le *Shu Jing*, appelé aussi « Livre des Histoires » ou « Classique des



Fig. 3.14 : Fruit et fleurs d'oranger (© F. Curk-INRAE)

documents », qui compile des écrits remontant jusqu'au III^e millénaire av. J.-C. L'oranger serait né d'un croisement entre deux hybrides (mandarine x pamplemousse), inconnus ou disparus (Wu *et al.*, 2014). Il est le produit unique d'une fécondation d'un ovule par un grain de pollen. Cet arbre unique devait porter à l'origine des fruits probablement très semblables aux oranges cultivées aujourd'hui. Pourquoi



Fig. 3.15 : Diversité variétale d'oranges, *C. sinensis* (L.) Osb. (© F. Luro-INRAE)

l'apparence de l'orange s'est-elle figée dans le temps ? L'une des raisons essentielles est la capacité de l'oranger à produire, dans ses pépins, des embryons « nucellaires » non sexués, issus du tissu maternel, appelé nucelle. Ces embryons après germination génèrent des arbres en tous points identiques sur le plan génétique et bien souvent aussi sur le plan morphologique à l'arbre qui les a produits, en l'occurrence ici l'oranger initial. C'est un exemple naturel de clonage, c'est-à-dire d'une multiplication à l'identique, on parle de multiplication végétative. Ainsi au cours des fructifications successives de chacun

des clones régénérés un grand nombre d'orangers se sont développés dans leur habitat naturel et se sont maintenus dans le temps jusqu'à ce que l'un d'entre eux soit repéré par les hommes. Il est fort probable ensuite que le processus de multiplication se soit perpétré via la germination des graines des fruits consommés à proximité des lieux d'habitation. Cependant, il n'est pas tout à fait exact d'affirmer que la forme originelle de l'orange était parfaitement identique aux formes cultivées actuelles car, même si le brassage génétique par fécondation était inopérant, la diversification pouvait se faire par mutations sans toutefois bouleverser totalement l'apparence et le goût du fruit.

C'est d'ailleurs grâce à la mutation que depuis le XIX^e siècle de nombreux variants (nouvelles formes, **Fig. 3.15**) de l'oranger ont été sélectionnés dans les vergers.



Fig. 3.16 : Diversité variétale de bigarades *C. aurantium* L. (© F. Luro-INRAE)

La couleur rouge sang de la pulpe et la « navélisation » (développement embryonnaire d'un deuxième fruit à l'apex²⁶ du premier qui procure souvent à la cicatrice styloïde une forme de nombril ou navel en anglais) sont deux exemples spectaculaires de la variation due aux mutations, mais dans les deux cas, le consommateur sait néanmoins qu'il s'agit toujours d'oranges. L'oranger n'est pas le seul à avoir connu cette destinée. Selon le même modèle d'apparition et de maintien on peut également citer le bigaradier (*Citrus aurantium* L., orange amère, **Fig. 3.16**) et le citronnier (*Citrus limon* (L.) Burm., **Fig. 3.17**). Le premier serait né directement de la fécondation d'un ovule de pamplemoussier par un pollen de mandarinier tandis que le second serait un hybride issu du croisement entre un bigaradier et un cédratier (Wu et al., 2014).



Fig. 3.17 : Diversité variétale de citrons (© F. Luro-INRAE)

²⁶ Apex du fruit : partie opposée à l'attache pédonculaire



Fig. 3.18 : Lime Mexicaine, *Citrus aurantiifolia* (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.19 : Citron Volkamer, *Citrus limonia* Osb. (© F. Curk-INRAE)

Bien que l'on ne sache pas à quand remonte l'apparition de ces hybrides leur existence aujourd'hui repose, comme pour l'oranger, sur leur capacité à développer des embryons non sexués (asexués ou somatiques).

La lime (petit citron vert ; *Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swing., **Fig. 3.18**), autre agrume apparu en Asie, serait issue d'un croisement entre un agrume sauvage, le micrantha (*C. micrantha*), et un cédratier (Nicolosi *et al.*, 2007). Ne sont cités ici que les agrumes les plus connus mais beaucoup d'autres sont également issus de ces rencontres au gré du hasard entre fleurs d'espèces différentes. Par exemple, le citron Volkamer (*C. limonia* Osb., **Fig. 3.19**) ou les limes Rangpur (*C. limonia*, **Fig. 3.20**) et Khata (*C. karna* Raf., **Fig. 3.21**), très utiles dans l'agrumiculture moderne en tant que porte-greffe, sont des hybrides (mandarinier x cédratier) apparus en Inde (Curk *et al.*, 2016). De nombreux hybrides sont également nés hors de la zone d'origine car depuis l'antiquité les agrumes ont été introduits par l'homme dans plusieurs régions du globe.



Fig. 3.20 : Lime Rangpur, *Citrus limonia* Osb. (© F. Luro-INRAE)



Fig. 3.21 : Lime Khata, *Citrus karna* Raf. (© F. Luro-INRAE)

L'EXPANSION DES AGRUMES VERS L'OUEST

La première introduction d'un agrume en Occident remonterait au III^e siècle av. J.-C., au moment de l'épopée d'Alexandre le Grand dans sa guerre contre les Perses, lorsqu'il conquiert le Moyen-Orient (la Mésopotamie) jusqu'aux rives de l'Indus (Webber, 1967). Théophraste (372 av. J.-C., 287 av. J.-C.), fit une description détaillée (arbre et fruit) d'un agrume en tous points conforme à un cédratier, mais sans que l'on sache en quel lieu il en fit l'observation (Pagnoux, 2018). Des grains de pollen excavés de fouilles archéologiques identifiés comme étant ceux du cédratier prouvent que cet agrume était cultivé sur les bords de la Méditerranée au premier siècle de notre ère (Russo Ermolli *et al.*, 2018 ; Langgut, 2018). Quelques fresques découvertes à Pompéi, qui fut détruite par l'éruption du Vésuve en 79, représentent aussi des arbres fruitiers très ressemblants à des cédratiers et attestent ainsi de sa culture à cette époque dans ces contrées (De Carolis, 2018). Certaines études archéologiques avancent l'hypothèse d'une présence du citron du côté de Rome dans l'antiquité mais cela semble peu probable car aucun écrit ne relate sa présence. Le cédrat fut appelé à l'époque « Pomme de Perse » ou « Pomme de Médie » (Kedros ou Kedramelon par les Grecs) et n'était à cette époque pas encore considéré comme un aliment mais comme un remède, un parfum d'ambiance, un répulsif d'insectes pour protéger les vêtements ainsi que comme un symbole religieux par les hébreux.

Les hébreux, exilés à Babylone, l'ont substitué au cône de cèdre (utilisé jusqu'au II^e siècle), dans les rituels religieux de la fête des Tabernacles qui commémore la libération du peuple juif de l'esclavage et leur fuite d'Égypte pour rejoindre la terre de Palestine (**Fig. 3.22**). Ce rite religieux a probablement contribué au développement de la culture du cédrat dans beaucoup de régions méditerranéennes afin d'approvisionner toutes les communautés juives du monde occidental.

C'est au Moyen-Âge, à partir du XI^e siècle, avec le développement des échanges commerciaux avec le Moyen-Orient et l'Orient, que les Génois et les Portugais introduisirent dans le bassin méditerranéen le pamplemoussier, le citronnier et l'oranger. Les Maures implantèrent la culture des bigaradiers (l'orange amère) dans tout le



Fig. 3.22 : Caisses de récolte de cédrats à destination du marché juif de New-York pour la fête des Cabanes ou des Tabernacles (© F. Curk-INRAE)

Maghreb et l'ouest de la Méditerranée. Malgré leur origine subtropicale, les agrumes trouvèrent dans cette zone euro-africaine des conditions climatiques propices à leur croissance. À partir du XVI^e siècle, ils furent étroitement associés au développement de la navigation maritime pour leurs vertus antiscorbutiques (source de vitamine C). Leur introduction dans de nouvelles contrées a souvent été liée à la découverte de nouvelles terres, comme les Caraïbes lors du second voyage de Christophe Colomb en 1493.

Des Caraïbes, les agrumes furent introduits dans de nombreuses régions du continent américain au début du XVI^e siècle (États-Unis, Brésil, Argentine, Mexique...). Débarqué en Haïti en 1493, l'oranger atteint le Mexique en 1518, puis la Floride en 1565 et seulement deux siècles plus tard la Californie (1767). Du Brésil, l'oranger fut introduit en Australie (1788). Dans la province brésilienne de Bahia une variété d'orange présentait un ombilic provoqué par le développement d'un second petit fruit à l'apex du fruit (partie opposée de l'attache

pédonculaire), c'était une orange navel (probablement introduite du Portugal entre 1810 et 1820 car décrite par Risseau et Poiteau en 1818). Cette variété appelée au Brésil « Bahia » fut introduite en Floride en 1835 et son nom fut changé en Washington. La Washington navel (**Fig. 3.23**) devint par la suite la variété d'orange Navel la plus cultivée au monde et donna naissance à de nombreuses sélections aux caractéristiques divergentes comme la Navelate dont la maturité est tardive. De la province de Pernambouc (au nord de Bahia), une orange Navel fut introduite en Ligurie par un navigateur italien au XVIII^e siècle et fut appelée Pernamboucco²⁷. Cette orange est décrite par George Gallesio dès 1828 dans son *Traité du Citrus*. Sa caractéristique par rapport à une Washington navel classique tient au développement du second fruit qui s'immisce au cœur du premier, formant ainsi une double couronne de quartiers apparaissant en étoile quand on coupe le fruit en deux, au niveau de l'équateur.



Fig. 3.23 : Orange Washington navel (© F. Curk-INRAE)

²⁷ Le nom de la région Pernambouc du Brésil (*Pernambuco* en portugais), a été transformé dans le dialecte de Ligurie en *Pernamboucco*, pour nommer l'orange.

La mandarine commune (**Fig. 3.24**) devrait son nom à sa couleur qui rappelle celle de la robe de soie des hauts fonctionnaires de l'Empire du Milieu (Chine) appelés *mandarim* par les Portugais sous l'influence du mot malais *mantari* signifiant ministre et la ressemblance avec le mot *mandar*, commander, ordonner. Elle deviendra *mandarina* en italien, *mandarin orange* ou *tangerine* en anglais (nom faisant référence à la ville de Tanger au Maroc d'où furent expédiées les premières mandarines introduites aux USA), *naranja mandarina* en espagnol. Elle est en effet native de l'Extrême-Orient et plus précisément de Chine où elle est cultivée depuis au moins 3 000 ans. En Occident sa culture commence au début du XIX^e siècle. Ce n'est qu'en 1805 que le premier mandarinier fut introduit en Angleterre en provenance de Chine, d'où il repartit vers Malte, la Sicile et l'Algérie, où il trouva les bonnes conditions de son développement. Cette variété de mandarine est également appelée par les anglophones « *Willow leaf* » pour la forme particulière de ces feuilles qui ressemblent à celles des saules.



Fig. 3.24 : Mandarine Commune (© F. Curk-INRAE)

Le Chinois (**Fig. 3.25**), *C. myrtifolia* Raf. (*Chinotto* en italien et *Myrtle leaf orange* en anglais) est considéré comme une variété botanique mutante du bigaradier (*C. aurantium*), qui a été introduite en Ligurie par les Gênois au XVI^e siècle.



Fig. 3.25 : Chinois (*Chinotto*) (© F. Curk-INRAE)

Sa feuille, de la même forme que celle du myrte (*Myrtus communis* L.), avec des entre-nœuds très courts, donnant une forte densité au feuillage, et des fruits de petites tailles (3 à 4 fois plus petits qu'une bigarade classique) sont les principales caractéristiques de cette variété. La petite taille du fruit permet des utilisations en confiserie sous différentes formes.

Connu depuis de nombreux siècles en Chine et au Japon, le kumquat (*Fortunella* spp., **Fig. 3.26**) n'a été découvert par les Européens qu'au XIX^e siècle quand le botaniste anglais, Robert Fortune (1812-1880), collecta en Chine des échantillons pour les jardins Botaniques

Royaux (Fortune, 1848), alors qu'il était missionné par la Compagnie des Indes orientales pour aller prélever des plants et des graines de théier et de dérober aux Chinois les secrets de fabrication du thé. Les kumquats furent alors considérés comme un genre botanique différent, à part entière, dont le nom taxonomique commémore celui de son découvreur anglais.



Fig. 3.26 : Kumquat Nagami (© F. Curk-INRAE)

Le pomelo (*C. paradisi* Macf., Fig. 3.27) naquit au XVIII^e siècle, dans les Caraïbes, à Barbade, d'une rencontre fortuite entre un pamplemoussier et un oranger. A son origine il fut appelé « *forbidden fruit* » puis « *grapefruit* » en anglais et pomelo en français. Il fut introduit en Floride sous forme de graines ou de semis en 1823 par le comte Odette Philippe. La culture du pomelo y prit un essor considérable à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e et atteignit, en 1965, 10% de la production mondiale des agrumes, bien plus que celle



Fig. 3.27 : Pomelo Marsh, *Citrus paradisi* (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.28 : Pomelo Star Ruby, *Citrus paradisi* (© F. Curk-INRAE)

des citrons. Il fut introduit à cette époque dans les pays méditerranéens mais, à cause de conditions climatiques moins tropicales qu'en Floride, il resta une production mineure. Initialement à chair blanche, des variétés à pulpe colorée, rose puis rouge, apparurent spontanément et furent multipliées par greffage. L'une d'entre elles, la variété Star Ruby (**Fig. 3.28**), issue d'un programme de sélection des années 50 au Texas, fut introduite en Corse à la fin des années 1970 et se trouva être le pomelo donnant les meilleures qualités gustatives et se colorant le mieux dans les conditions de culture de l'île.

LA ZONE MÉDITERRANÉENNE, UNE TERRE D'ACCUEIL ET DE NAISSANCE DE NOUVEAUX AGRUMES

La présence de nombreux agrumes dans les jardins et les vergers de la zone méditerranéenne a favorisé les fécondations croisées et l'apparition de nouveaux hybrides. Le plus célèbre d'entre eux est sans aucun doute le clémentinier (**Fig. 3.29**) qui vit le jour à la fin du XIX^e siècle. À l'orphelinat de Misserghin, petit village situé à une vingtaine de kilomètres au sud-ouest d'Oran en Algérie, le Père Clément (Vincent Rodier, 1839-1904), responsable des jardins et vergers, faisait des semis de pépins d'agrumes et notamment de mandarine.

La mandarine ayant la particularité d'avoir des pépins polyembryonnés, les jeunes plants qui résultent de semis de ces pépins ressemblent, en principe, à l'arbre initial. Toutefois, le Père Clément, parmi les plantes issues des semis de pépins de mandarines, a planté deux arbres différents des mandariniers attendus. A leur fructification l'un des deux produisait des agrumes à maturité très précoce (plus d'un mois avant la mandarine) avec une peau qui prenait une couleur très foncée, orange-rouge, aux abords de l'hiver, le distinguant nettement du mandarinier. Ce nouveau fruit s'épluchant facilement et à saveur douce et légèrement musquée reçut d'abord le nom de « Mandarine du frère Clément ». La société d'horticulture d'Alger la baptisa en 1902, « Clémentine ». Une autre caractéristique très importante du clémentinier, non observée dans le jardin du Père Clément, est l'incapacité des fleurs à s'autoféconder et par conséquent, en culture isolée, les fruits sont sans pépin (aspermes). Ce caractère qui ne s'exprime pas chez ses parents a été un atout fantastique pour le



Fig. 3.29 : Clémentine (© F. Curk-INRAE)

succès commercial de la clémentine et lui a permis ainsi de prendre la place de sa mère, la mandarine, trop « pépineuse », dans les vergers et sur les étals. On ne sait pas ce que devint l'autre arbre issu des semis et différent du mandarinier, mais on peut supposer que ses fruits ne présentaient aucun intérêt. Un autre agrume emblématique de la zone méditerranéenne, très présent dans l'industrie des parfums, la bergamote (*Citrus bergamia* Risso & Poit., **Fig. 3.30**), serait issu d'un croisement naturel entre un citronnier et un bigaradier. Son lieu et sa date de naissance sont inconnus, certains pensent qu'elle viendrait d'Orient, introduite en Europe par les croisés et son nom serait une déformation du mot turc *beg armudi* qui veut dire « poire du seigneur ». D'autres auteurs soutiennent qu'elle a été rapportée des Canaries par Christophe Colomb et qu'elle tirerait son nom de la ville de Berga, au nord de Barcelone, où elle fut cultivée à l'origine. Aujourd'hui, elle est essentiellement cultivée en Calabre et en Côte d'Ivoire. Son zeste aromatise le thé Earl Grey et les bonbons « bergamotes de Nancy », mais la principale utilisation de son huile essentielle demeure la création de parfums. La bergamote est à la base de l'eau de Cologne.



Fig. 3.30 : Bergamote, *Citrus bergamia* (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.31 : Limonette de Marrakech ou Limette à mamelon ou Bergamote de Tunis, *Citrus limetta* (© F. Curk-INRAE)

La Limonette de Marrakech (*Citrus limetta* Risso, **Fig. 3.31**) aussi appelée Bergamote de Tunis ou Limonette à mamelon, est également un agrume né sur les rivages de la Méditerranée. C'est un petit fruit possédant un mamelon prononcé encerclé d'un profond sillon. Sa peau jaune orangé est très parfumée, aux arômes rappelant ceux de la bergamote. Il existe des variantes à pulpe acide et à pulpe douce et cette dernière est très appréciée dans la cuisine marocaine sous forme confite en saumure pour la préparation des Tajines.

D'autres agrumes peu ou pas connus sont nés dans la zone méditerranéenne soit de croisements entre espèces, soit de croisements entre variétés d'une même espèce avec parfois un destin éphémère, ou ancré dans l'histoire et la culture de mini-régions. La Pompia (**Fig. 3.32**), par exemple, née probablement en Sardaigne, à une période non encore définie et existant au moins depuis le XVII^e siècle (une image très ressemblante est présente dans le livre de Ferrari de 1646), est issue d'un croisement entre un bigaradier et un cédratier (Luro et al., 2019). Elle est aujourd'hui exploitée presque uniquement sur la commune de Siniscola en Baronnie (Sardaigne, Italie). Le fruit est traditionnellement utilisé pour la préparation de fruits confits au miel.



Fig. 3.32 : Pompia (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.33 : Cédrot de Corse (© F. Curk-INRAE)



Fig. 3.34 : Cédrot Poncire commun (© F. Curk-INRAE)

Le cédrat de Corse (**Fig. 3.33**) est une variété très attachée à l'histoire de l'île car très cultivée au XIX^e siècle (la Corse fut à cette époque le premier producteur de cédrat au monde). Est-il né en Corse ? On ne peut y répondre mais on a découvert qu'il pourrait être issu de rétrocroisements successifs d'une variété italienne nommée Poncire (Luro *et al.*, 2012 **Fig. 3.34**) et que, pour autant, sa composition d'huile essentielle (base de l'arôme) est unique parmi les variétés de cédrats.

Plusieurs variétés anciennes ont été décrites par Ferrari (1646), Volkamer (1708) ou Risseau et Poiteau (1818-1822) dont certaines sont encore conservées dans des collections d'agrumes en Italie et en Corse et semblent avoir une origine méditerranéenne. Par exemple dans les hybrides de cédrats on peut citer les variétés de Florence, de Rome, des Omeyades, Rugoso, Pigmentata, Canarone, Maxima, Perettone, Aurantiata... Pour les variétés issues de mutations et non d'hybridations, on en trouve de nombreuses chez les bigaradiers : Bizzaria, Corniculata, Virgatum, Crispifolia, Salicifolia, Variegatis, à Fleur de Vallauris, Bouquetier de Nice... On trouve également la même diversité au sein des citronniers où chaque microrégion italienne propose des noms de citronniers différents. Sont-elles différentes sur le plan génétique (du fait de mutations) ou différentes sous l'effet de l'environnement ou plus communément du terroir ? Les conditions de sol, du climat et les techniques culturales influent beaucoup sur le comportement des agrumes et donc sur l'apparence du fruit et sur son goût. Par exemple, le citron de Menton n'est pas une variété particulière mais un citronnier de type « Quatre saisons » ou « Eureka » (*Citrus limon*) qui est cultivé sur cette commune et qui bénéficie d'un environnement unique non reproductible qui confère une qualité, au sens caractéristique du terme, au citron, non reproductible ailleurs.

Dans la catégorie des nouvelles variétés méditerranéennes issues de mutations on ne peut omettre de citer les oranges sanguines car très remarquables, reconnaissables et avec un impact économique important pour de nombreuses régions méditerranéennes. Certaines oranges sanguines sont apparues en Sicile et d'autres à Malte et sont connues depuis plusieurs siècles (Risso et Poiteau, 1818-1822). Ces oranges sont encore une fois la parfaite illustration de l'adaptation de certaines variétés (avec une modification génétique) à un terroir.

Elles n'expriment au mieux leur couleur que dans certaines régions. Par ailleurs on peut certifier que ces variétés sont mutantes puisque des études de leur génome ont démontré que leur coloration rouge sang (due à des anthocyanes) a été provoquée par l'insertion, en amont du gène *Ruby*, d'une séquence d'ADN particulière, responsable d'une série d'évènements en chaîne qui aboutissent à la production d'anthocyanes (Butelli *et al.*, 2012). Même si on n'a pas de démonstration moléculaire comme pour les oranges sanguines, on suppose que des mutations naturelles sont à l'origine de beaucoup d'autres variétés, moins spectaculaires mais tout aussi importantes pour l'agrumiculture et l'économie de régions ou de pays. C'est le cas de l'orange Valencia late dont la particularité est d'avoir une maturité très tardive (à partir d'Avril) et qui est l'orange la plus cultivée au monde. Malgré une existence plus courte, cette diversité d'époque de maturité est aussi observable chez le clémentinier chez qui elle s'étale d'octobre à mars selon les variétés.

CONCLUSION

Depuis leur aire d'origine, le sud-est asiatique, où leur diversité s'est construite sur plusieurs millions d'années, les agrumes ont conquis le cœur des hommes et ont alors été introduits depuis l'Antiquité sur de nouvelles terres. Aujourd'hui, ils sont cultivés sur plus de 10 millions d'hectares répartis tout autour du globe entre les 40^e parallèles des deux hémisphères, voire au-delà, au nord de la Méditerranée, démontrant ainsi leur capacité d'adaptation à des conditions environnementales très différentes. Le bassin méditerranéen a été et est une terre d'accueil des agrumes et le tremplin vers la conquête du Nouveau monde mais aussi un creuset de diversification ou naquirent, au gré des rencontres naturelles, de nouvelles variétés qui ont émerveillé les jardins et vergers de ces contrées. L'homme a puisé dans cette diversité des agrumes pour développer une agriculture et une valorisation des fruits, spécifiques à chaque région. Ces agrumes font partie de l'histoire des hommes et par ce lien entre agriculture et environnement sont les illustrations de ce que l'on nomme en français le « terroir ». Par la connaissance de leur évolution, de leurs capacités et de leur biologie, les programmes d'amélioration puisent dans cette diversité pour créer de nouvelles variétés plus aptes à répondre aux

enjeux du changement climatique et aux enjeux économiques d'aujourd'hui et de demain.

Nous avons réalisé un poster, intitulé « MétroCitrus », qui synthétise nos connaissances sur la phylogénie (les origines parentales) des variétés cultivées dont celles présentes dans la zone Méditerranéenne concernée par le projet Mare di agrumi. Ce poster sert de support pédagogique lors de manifestations à large public (Fig. 3.35).



Fig. 3.35 : Présentation de la phylogénie des principales formes cultivées d'agrumes à l'aide du poster « MétroCitrus » par F. Curk lors de la fête de la science, octobre 2021, Montpellier. (Conception du poster: F. Curk-INRAE, Y. Froelicher-Cirad, F. Luro-INRAE, P. Ollitrault-Cirad ; Réalisation : F. Curk-INRAE ; S. Riollacci-INRAE) (© Denis Delebecque-Cirad).

LES ESPÈCES CULTIVÉES

*Franck Curk, Francois Luro, Giovanni Minuto, Pier Paolo Lorieri,
Alfio Fiorentini, Gianni Nieddu*

Ce chapitre est une description détaillée de nos agrumes plus ou moins rares qu'il nous plaît de définir du « Nord de la Méditerranée », présentant des caractéristiques également dignes d'intérêt et parfois même uniques, mais souvent oubliés des livres traitant des agrumes d'un grand intérêt commercial.

L'interaction entre les espèces, l'environnement et les techniques culturales traditionnelles a différencié dans le temps ces agrumes typiques (le *Chinotto* de Savone, la *Pompia* de Siniscola, le cédrat de Corse et le citron de Massa) d'autres agrumes semblables d'un point de vue morphologique mais cultivés sur d'autres aires. Il est donc nécessaire de les décrire avec précision, aussi bien pour en conserver la mémoire que pour susciter l'intérêt autour d'eux, l'envie de les goûter et, peut-être même, de se rendre directement dans leur terroir. Les chapitres ci-après recueillent par conséquent des informations techniques et des observations saisies sur le vif.

La description de l'aspect des plantes est l'un des plus importants outils d'enquête que la biodiversité possède. La description de leurs caractères morpho-physiologiques permet en effet de caractériser, de distinguer et d'identifier leurs variétés en les comparant entre elles. Les descripteurs, généralement liés à des caractères hautement héréditaires et stables, constituent aussi souvent les éléments de base de la taxonomie des plantes. Nous avons utilisé un certain nombre de descripteurs sélectionnés parmi ceux du « Descripteurs des agrumes » publié par l'IPGRI/Bioversity en 1999 (*International Plant Genetic Resources Institute*, 1999). Cette sélection de descripteurs a été faite d'une part, sur leur importance pour avoir une perception immédiate

des caractéristiques morphologiques et physiologiques de l'espèce/de la variété et, d'autre part, sur la destination d'usage de cet ouvrage qui englobe les aspects agronomiques en même temps que des aspects historiques et économiques.

Nous fournissons pour chaque agrume des données concernant son origine et son histoire, sa diffusion et ses aires de culture, ses techniques de culture spécifiques et ses utilisations. La longueur de chaque paragraphe varie en fonction de la diffusion de chaque espèce et de notre degré de connaissance actuelle.

Les chapitres successifs traitent des principales techniques de culture, de la protection et des utilisations des agrumes rares, avec également des références à des études plus approfondies qui ont été réalisées au sein du projet *Mare di Agrumi*.

LA CLÉMENTINE DE CORSE

Citrus clementina hort. ex Tan.

La plante et ses principaux descripteurs

Depuis sa création en 1958, la Station de Recherche Agronomique (SRA²⁸) Inra-Cirad de San Giuliano a introduit et assaini plus de 1 000 variétés d'agrumes en provenance du monde entier, constituant ainsi une des plus importantes collections d'agrumes au monde. Cette collection est aujourd'hui labellisée « Centre de Ressources Biologiques » sous le nom de CRB²⁹ Citrus INRAE-Cirad (Luro *et al.*, 2018). Les variétés de la collection variétale du CRB Citrus INRAE-Cirad de San Giuliano, sont conservées sous la forme de 3 ou 4 arbres, indemnes de maladies connues, greffés sur le porte-greffe le mieux adapté (*Poncirus Pomeroy* (*Poncirus tirfoliata* (L.) Raf.) ou le citrange Carrizo pour les clémentiniers par exemple). Les parcelles du verger sont entourées de haies d'arbres brise-vent. Un désherbage est appliqué sur la rangée d'arbres et, entre les rangs, un travail du sol est effectué lors des cinq premières années après plantation. Les arbres sont irrigués

²⁸ SRA : Station de Recherche Agronomique, ancienne dénomination de la station INRAE de San Giuliano en Corse.

²⁹ CRB : Centre de Ressources Biologiques

par aspersion sous frondaison, avec des apports raisonnés selon le bilan hydrique et fertilisés selon un plan de fumure identique à celui préconisé chez les producteurs. Les arbres sont taillés et ébourgeonnés annuellement et subissent 2 traitements à l'huile blanche (1,5%, 4 000 l/ha) par an (mars et août) sans aucun autre traitement phytosanitaire. Parallèlement, la station de recherche s'est spécialisée dans la sélection du clémentinier, espèce considérée dans les années 70 comme la mieux adaptée aux conditions pédoclimatiques de la Corse. Ainsi, au fur et à mesure des introductions de nouvelles variétés et de leur assainissement, des essais de comportement agronomique



Fig. 4.1 : Clémentinier (© F. Curk-INRAE)

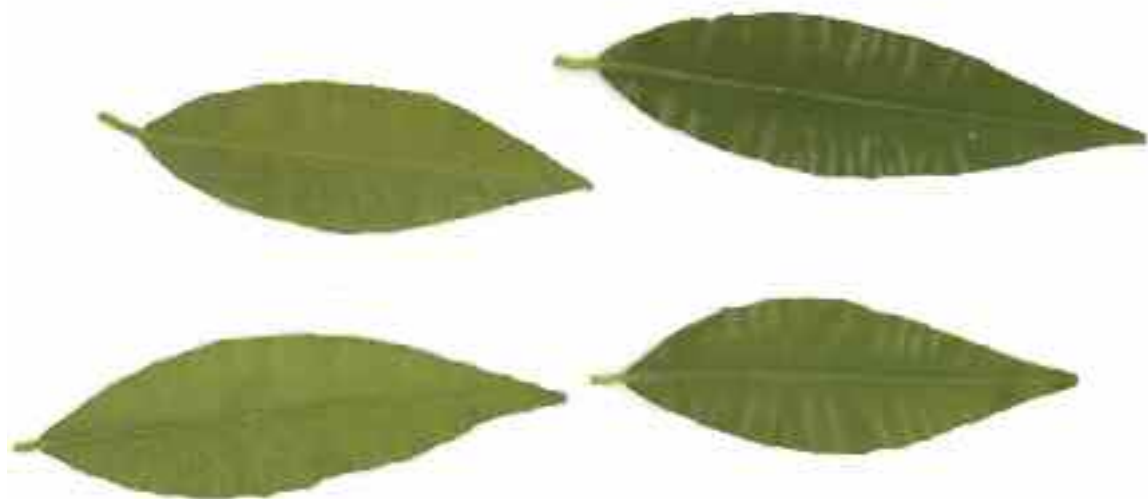


Fig. 4.2 : Feuilles de clémentinier (© F. Curk-INRAE)

ont régulièrement été mis en place, permettant ainsi la sélection de variétés plus productives avec des fruits de meilleure qualité. Les variétés de clémentiniers sélectionnées par la SRA sont aujourd'hui cultivées pour produire des clémentines sous Indication Géographique Protégée « Clémentine de Corse ». Il s'agit de la clémentine Caffin, la plus précoce, les clémentines communes SRA 92 et 63, dites de saison, la clémentine Nules et la clémentine SRA 535 (ou Tomatera) à plus gros calibre.

Le clémentinier quelle que soit la variété est un arbre vigoureux de forme sphérique à feuillage dense (Fig. 4.1); les feuilles sont lancéolées sans ailette et d'un vert très foncé (Fig. 4.2). La floraison très abondante se déroule entre avril et fin mai. Le fruit, de forme ronde, peut avoir une forte variation de taille au sein de l'arbre mais son poids moyen et son diamètre moyen sont respectivement d'environ 80 g et de 70 mm. La peau de la clémentine est fine (~3 mm), très peu adhérente aux quartiers et extérieurement lisse. À maturité, après une période de froid (< 12°C), elle prend une couleur orange-rouge. La récolte s'échelonne entre octobre (Caffin) et début janvier (Nules). L'absence de pépin dans les clémentines est conditionnée par l'absence de fécondation croisée lors de la floraison ; le clémentinier étant auto-incompatible, son ovule ne peut être fécondé par son propre pollen ou du pollen d'un autre clémentinier. La présence de

pépins dans une clémentine est le fruit d'une fécondation par du pollen d'autres variétés d'agrumes. Les différences entre variétés reposent essentiellement sur l'époque de maturité (teneur en sucres et acidité) et la taille moyenne des fruits (le clémentinier Tomatera produit les fruits les plus gros). Pour la commercialisation en IGP l'acidité doit être comprise entre 0,65 et 1,4% d'acide citrique, il n'y a pas de seuil pour la teneur en sucres mais le rapport sucre sur acidité (E/A) doit être compris entre 8 et 17. La teneur en jus doit être supérieure à 42%. Au maximum, 1/5 de la surface de la peau peut être verte. Les diamètres de fruits commercialisables sous IGP sont compris entre 46 et 68 mm. De plus, au moins 30% des fruits doivent être récoltés avec 1 ou 2 feuilles.

Origines et faits historiques

La clémentine est un agrume relativement récent dans la longue histoire de l'évolution et de la diffusion des agrumes dans le monde ; née il y a moins de 150 ans, elle a été sélectionnée en Algérie, à Misserghin, un village à une vingtaine de kilomètres d'Oran, par un missionnaire, le Père Clément (Vincent Rodier) (Fig. 4.3). Elle fut décrite pour la première fois en 1902, dans un article écrit par le Professeur Louis Charles Trabut dans la *Revue horticole française* (n°10 du 16 mai 1902). Ce n'est qu'en 1925 que le premier clémentinier aurait été planté en Corse par Don Philippe Semidei à Figaretto (Jacquemond *et al.*, 2013).

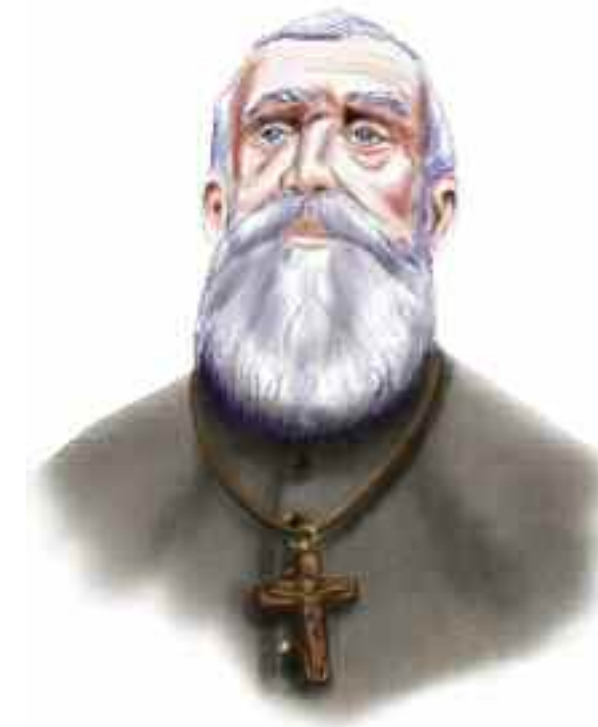


Fig. 4.3 : Le Père Clément (dessin de F. Curk-INRAE, d'après le buste de la pierre tombale du Père Clément à Misserghin)

Aujourd'hui, la Clémentine de Corse, vendue à maturité avec sa feuille et non traitée après la récolte, est un extraordinaire exemple de réussite face au modèle de commercialisation exigeant une standardisation des fruits, sur toute l'année (Belmin, 2017). On a longtemps cru que le clémentinier était né d'une hybridation dirigée entre une fleur de mandarinier et du pollen de bigaradier de la variété Granito, mais l'on sait aujourd'hui que le premier clémentinier est né d'une hybridation naturelle entre une fleur de mandarinier et du pollen d'oranger (Wu *et al.*, 2014). De ce premier arbre sélectionné par le Père Clément descendant, par greffages successifs, tous les clémentiniers cultivés aujourd'hui dans le monde. C'est par mutations, sélectionnées par l'homme, que le clémentinier s'est diversifié en différentes variétés. La collection du CRB Citrus INRAE-Cirad de San Giuliano en Corse compte près de 80 variétés de clémentiniers. Seules 5 de ces variétés entrent dans le cahier des charges de l'IGP « Clémentine de Corse ».

Diffusion et aire de culture

C'est à partir des vergers de clémentiniers plantés en Corse que la Station de Recherches Agronomiques Inra-Cirad, dès le début des années 60, a mis en place ces essais de sélection variétale. En parallèle, les chercheurs de la SRA ont réalisé un travail de prospection dans tout le bassin méditerranéen à la recherche de nouvelles variétés de clémentiniers. Ils en ramenèrent près de 150 mais ne purent en retenir qu'une trentaine, indemnes de maladies qui furent mises en essais dès les années 70. Au début des années 80 une nouvelle technique d'assainissement par microgreffage de méristème voit le jour en Espagne et fut rapidement adaptée et appliquée à la SRA. De nombreuses variétés purent être alors introduites et testées quels que soient leur origine et leur état sanitaire initial. Toutes les variétés de clémentines de Corse sont issues des programmes de sélection réalisés à la SRA Inra-Cirad de San Giuliano. De plus, l'ensemble du verger de clémentiniers de Corse est constitué d'arbres provenant de pépiniéristes agréés pour la production des plants d'agrumes certifiés par un organisme indépendant, le CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes). Ces pépiniéristes ayant l'obligation d'utiliser du matériel végétal (bourgeons et graines) issu d'arbres mainte-

nus dans la collection INRAE-Cirad de San Giuliano. La production de clémentines de Corse se concentre dans la plaine orientale de l'île, sur une bande côtière qui va du sud de Bastia au nord de Porto-Vecchio et du littoral jusqu'à 300 m d'altitude.

Environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

La plaine orientale de la Corse est un terroir particulièrement adapté à la culture des agrumes en général et à la clémentine en particulier. En effet, il s'agit d'une zone à climat méditerranéen frais mais non gélif et à sol acide. Les agrumes de méditerranée bénéficient de suffisamment de chaleur pour atteindre un optimum de maturité interne adapté au marché du fruit frais. Dans le cas de la clémentine en Corse cette maturité est atteinte au plus tôt vers la fin du mois d'octobre et se maintient jusqu'à tout début janvier. La maturité commerciale de la clémentine est essentiellement définie par deux critères, l'acidité du jus et la couleur de la peau. Dans les deux cas l'environnement intervient dans leur évolution et la température en est le principal facteur de variation. L'acidité des clémentines (pulpe) après avoir atteint un maximum vers mi-août, diminue progressivement durant l'automne plus ou moins rapidement selon la température ambiante. Les températures fraîches ralentissent la diminution de l'acidité. En Corse les températures sont plus basses que dans les autres pays producteurs, les clémentines de Corse sont donc généralement plus acidulées. Des seuils maximum et minimum d'acidité ont été définis pour repérer la période optimale de récolte / commercialisation / consommation des clémentines et garantir ainsi une qualité gustative appréciée par une majorité de consommateurs. Cette période d'entre deux seuils d'acidité est relativement courte et excède rarement 6 semaines ce qui nécessite une organisation efficace des récoltes et de la distribution. La perte de la couleur verte (dégradation de la chlorophylle) laissant place à la couleur orange, provoquée par les caroténoïdes, est tributaire d'une baisse des températures, inférieures à 11°C. En Corse, ces conditions sont acquises, en principe, lors des nuits automnales d'octobre ou de novembre. Mais toutes les régions méditerranéennes n'ont pas forcément suffisamment de froid pour que les clémentines se colorent



Fig. 4.4 : Affiche publicitaire de la clémentine de Corse éditée par l'Aprodec (Association pour la promotion et la défense de la Clémentine de Corse, <https://www.clementinedecorse.fr/>)

extérieurement et doivent alors subir, après récolte, une phase de « déverdisage » en chambre froide en présence d'éthylène (gaz produit par certains fruits comme la pomme, pour activer la maturation) pour faire coïncider maturité interne et coloration externe. Le cahier des charges de l'IGP « Clémentine de Corse » interdit cette pratique et valorise ainsi le terroir Corse qui bénéficie de suffisamment de froid pour que les clémentines se colorent sur l'arbre avant la récolte (Fig. 4.4). La qualité interne des clémentines de Corse est une alchimie complexe entre le climat, le sol acide, le porte-greffe et un savoir-faire spécialisé de la culture du clémentinier (taille des arbres, gestion de l'irrigation, fumure adaptée et organisation des chantiers de récolte à la main des fruits avec feuilles). Les caractéristiques du terroir corse comprennent également des désavantages dont les vents dominants parfois violents pouvant altérer la qualité externe des fruits ainsi que les rendements. C'est pour éviter ces désagréments que les vergers de clémentinier sont pratiquement tous protégés par des haies d'arbres brise-vent constitués pour la plupart de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.) ou de casuarinas (*Casuarina equisetifolia* L.). Le cahier des charges de l'IGP clémentine de Corse fixe des seuils d'acidité compris entre 1,4% et 0,65%, un rapport E/A (taux de sucre sur l'acidité) compris entre 8 et 17, une teneur en jus supérieure à 42% du poids du fruit, des diamètres de fruits compris entre 46 et 69 mm et une proportion de coloration verte de la peau n'excédant pas 20% de la surface du fruit. Par ailleurs, 30% des fruits cueillis doivent porter des feuilles.

Utilisations

La clémentine de Corse est essentiellement destinée au marché du fruit frais. Près de 99% de la récolte est expédiée en France continentale. Une infime partie est transformée mais les quantités sont difficilement chiffrables du fait de l'absence de gestion des écarts de récolte. Il n'existe pas sur l'île d'infrastructure de transformation des fruits en jus et seuls quelques confituriers et confiseurs transforment des clémentines en confiture ou fruits confits. Il existe également une petite production d'huiles essentielles de petit-grain de clémentinier à partir de bois de taille.

LE POMELO DE CORSE

Citrus paradisi Macf.

La plante et ses principaux descripteurs

Le pomelo Star Ruby, sélectionné dans les années 50, fut introduit du Texas une première fois en 1974 puis en 1977 à la Station de Recherches Agronomiques Inra-Cirad de San Giuliano. Cette variété de pomelo a été sélectionnée comme étant la mieux adaptée au terroir corse et diffusée auprès des agriculteurs. En 1991 les surfaces plantées en pomelo Star Ruby en Corse étaient comprises entre 250 et 300 ha. Le succès n'a pas été immédiat à cause de difficultés de commercialisation et des choix de dates de récoltes peut-être trop précoces pour une qualité optimale. De nombreux agrumiculteurs, également producteurs de clémentines, préfèrent récolter leurs pomelos dès le mois de mars afin de créer un continuum d'activités entre la clémentine et le pomelo. Depuis les années 90, les surfaces ont diminué pour arriver à 128 ha en 2015 avec une production estimée à environ 3 000 tonnes. L'obtention de l'Indication Géographique Protégée « Pomelo de Corse » en 2014 a semble-t-il relancé l'intérêt pour ce fruit dont l'avenir commercial n'est peut-être pas de suivre l'organisation de la filière « clémentine de Corse », basée sur le « tout expédition ». En effet, ramassés après fin avril (et non à partir de mars comme actuellement) les pomelos de Corse sont d'une qualité nettement supérieure (moins amère et moins acide) et le marché local estival pourrait être un débouché intéressant ce d'autant que la qualité interne ne diminue pas au cours de la maturation contrairement à la clémentine. Pour y répondre il est néanmoins indispensable d'organiser la conservation et la distribution régulière en petites quantités, directement auprès des acteurs du tourisme. En 2016, les surfaces plantées en pomelo étaient de 147 ha et continuent d'augmenter depuis, pour une production ayant dépassé les 4 000 tonnes. C'est la variété Star Ruby qui est cultivée en Corse dans le cadre de l'IGP « Pomelo de Corse ».

Ce pomelo est un arbre de forme plutôt étalée avec un feuillage très dense dissimulant le plus souvent les fruits. La floraison a lieu entre avril et mai avec de nombreuses inflorescences en grappe dont plusieurs fleurs vont se développer en fruit (d'où son nom anglais de *grapefruit*, en forme de grappe) (Fig. 4.5). Le fruit, de forme ronde, varie beaucoup en taille et en poids (entre 200 et 700 g) et à maturité sa peau prend par endroit une teinte un peu rosée. La peau a une épaisseur d'environ 10 mm et est relativement adhérente aux quartiers. La pulpe est rose à rouge selon la concentration en lycopène, un caroténoïde qui donne la couleur rose-rouge chez les agrumes, comme chez la tomate. La teneur en jus doit dépasser 38% pour que le fruit puisse être commercialisé dans le cadre de l'IGP « Pomelo de Corse » (Fig. 4.6). L'évaluation de la maturité du fruit produit en IGP Pomelo de Corse est basée sur une acidité maximum de 2%, une teneur en sucres supérieure ou égale à 9°Brix, un rapport E/A (teneur en sucres sur acidité) supérieur à 6, la teneur en jus supérieure ou égale à 38% et des diamètres compris entre 81 et 139 mm. Les récoltes débutent en général au mois de mars et peuvent s'étaler jusqu'au mois de juin avec une qualité équivalente voir plus élevée car l'amertume aura, entre temps, diminué. Les fruits ne possèdent que très peu de pépins (au maximum 2) mais contrairement au clémentinier ce n'est pas en raison d'une incapacité à l'autofécondation mais à une baisse de fertilité acquise lors du traitement mutagène à l'origine de cette variété créée aux États-Unis en 1959 (Da Graca et al., 2004).



Fig. 4.5 : Fruits de pomelo sur l'arbre (© F. Curk-INRAE)

grapefruit, en forme de grappe) (Fig. 4.5). Le fruit, de forme ronde, varie beaucoup en taille et en poids (entre 200 et 700 g) et à maturité sa peau prend par endroit une teinte un peu rosée. La peau a une épaisseur d'environ 10 mm et est relativement adhérente aux quartiers. La pulpe est rose à rouge selon la concentration en lycopène, un caroténoïde qui donne la couleur rose-rouge chez les agrumes, comme chez la tomate. La teneur en jus doit dépasser 38% pour que le fruit puisse être commercialisé dans le cadre de l'IGP « Pomelo de Corse » (Fig. 4.6). L'évaluation de la maturité du fruit produit en IGP Pomelo de Corse est basée sur une acidité maximum de 2%, une teneur en sucres supérieure ou égale à 9°Brix, un rapport E/A (teneur en sucres sur acidité) supérieur à 6, la teneur en jus supérieure ou égale à 38% et des diamètres compris entre 81 et 139 mm. Les récoltes débutent en général au mois de mars et peuvent s'étaler jusqu'au mois de juin avec une qualité équivalente voir plus élevée car l'amertume aura, entre temps, diminué. Les fruits ne possèdent que très peu de pépins (au maximum 2) mais contrairement au clémentinier ce n'est pas en raison d'une incapacité à l'autofécondation mais à une baisse de fertilité acquise lors du traitement mutagène à l'origine de cette variété créée aux États-Unis en 1959 (Da Graca et al., 2004).

Origines et faits historiques

La variété Star Ruby est née d'un programme de mutagenèse induite, initié en 1959 au Texas et qui avait pour objectif de rendre asperme (fruit sans pépin) une variété de pomelo rose à pépin. Le pomelo Star Ruby est issu d'irradiation par neutrons thermiques (rayons gamma) de graines du pomelo rose Hudson. Il s'agit donc d'une variété à chair rose sans pépin. Elle fut diffusée auprès des pépiniéristes américains à partir de 1970. La variété aujourd'hui cultivée en Corse, le pomelo Star Ruby SRA 293, fut introduite par la SRA en 1977. Après avoir subi le processus d'assainissement par microgreffage, le premier arbre de pomelo Star Ruby SRA 293 fut planté dans la collection de San Giuliano en 1980, greffé sur Citrange Carrizo (Tisné-Agostini et Jacquemond, 1989).

Diffusion et aire de culture

Parmi les nombreuses variétés d'agrumes introduites en Corse par la SRA Inra-Cirad de San Giuliano les pomelos l'ont été dès la création de la collection en 1958. Leur comportement agronomique, dans les conditions pédoclimatiques de la Corse, n'a jamais réellement été optimum jusqu'à l'introduction en 1974 puis en 1977 de la variété Star Ruby. Cette variété est très vite apparue comme intéressante pour un développement commercial en Corse (Legave, 1991). Des greffons certifiés ont rapidement été diffusés auprès des pépiniéristes agréés de Corse et quelques producteurs précurseurs ont commencé à planter cette variété dès la fin des années 70. Les surfaces plantées en Corse, après être passées par un maximum de 300 ha dans les années 90, est aujourd'hui d'environ 150 ha. Elles se concentrent sur la plaine orientale de la Corse. La production atteint en moyenne 4 000 tonnes par an. L'obtention en 2014 de l'Indication Géographique Protégée (IGP) « Pomelo de Corse » a relancé la production et les plantations.

Environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

Les plantations sont préconisées sur des zones comprises entre 50 et 300 m d'altitude afin de les protéger des embruns marins d'un côté de la Corse et des risques de gelées de l'autre. Les arbres sont essen-

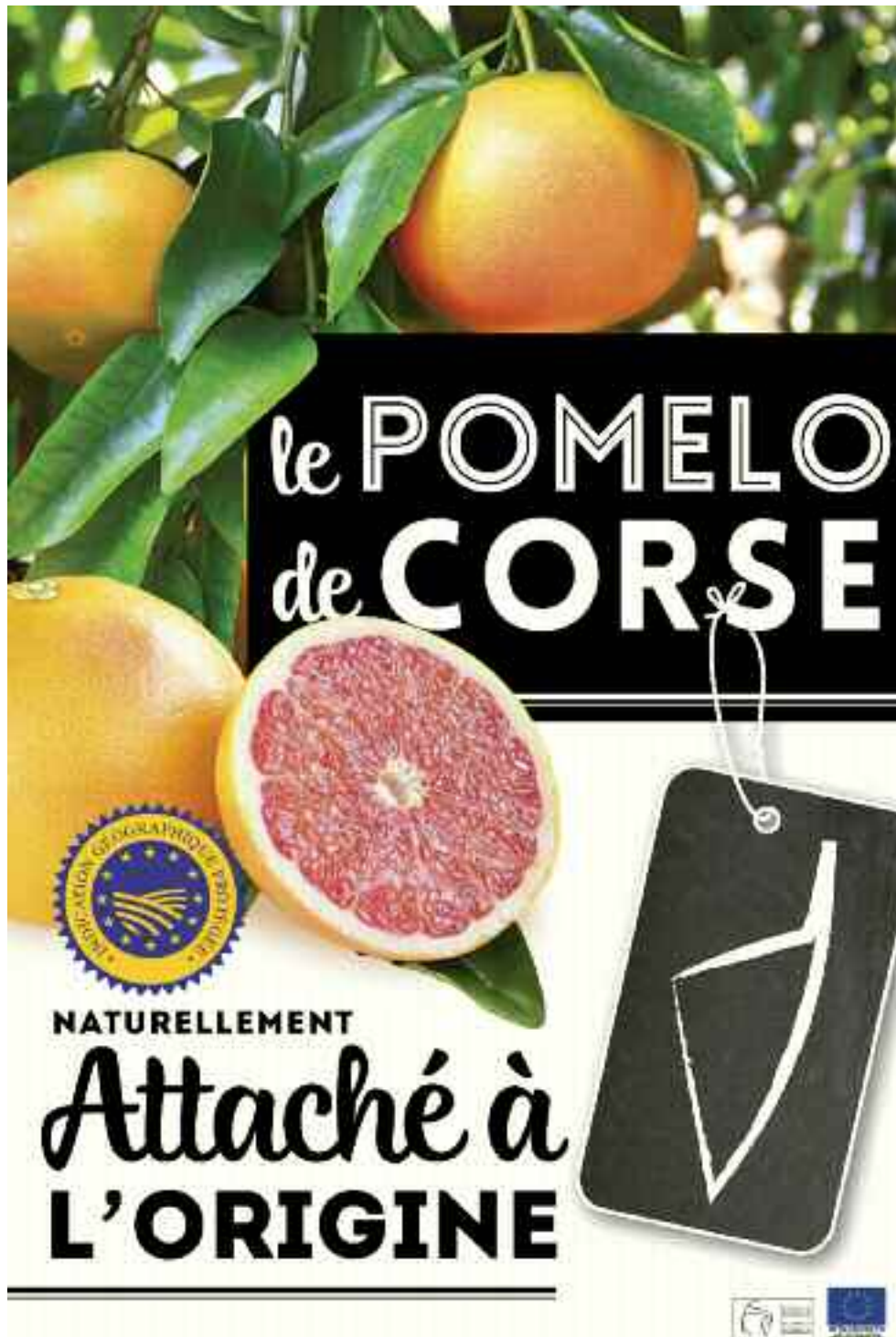


Fig. 4.6 : Affiche publicitaire du pomelo de Corse éditée par l'Aprodec (<https://www.clementinedecorse.fr/>)

tiellement greffés sur Citrange Carrizo mais il existe également en Corse des vergers de pomelos greffés sur *Poncirus*. Les fruits produits en Corse sont d'une exceptionnelle qualité interne. En effet, la variété Star Ruby est adaptée aux terroirs méditerranéens, parmi les variétés de pomelo à chair rose elle est celle qui se colore le mieux même si sa chair n'atteint jamais la couleur rouge des pomelos de Floride et tire plutôt sur le rose (couleur due au lycopène et non à l'antocyane pigment rouge des oranges sanguines). Il existe malgré tout un point négatif, cette variété à tendance à laisser apparaître des taches de coulure sur la peau (surtout présentes sur les fruits exposés directement à la lumière du soleil) et présente des calibres très irréguliers sur un même arbre. Ces défauts d'apparence ou de calibres trop grands ou trop petits, qui n'ont aucune incidence sur la qualité interne du fruit, sont pourtant la première cause du rejet des fruits en station de conditionnement. De ce fait, le pourcentage élevé des écarts (environ 30%) diminue considérablement les rendements qui pourraient être bien meilleurs s'il y avait une tolérance plus grande à ces défauts. La période de récolte du pomelo de Corse débute en mars, lorsque le fruit a atteint les 35% de jus minimum réglementaire, car contrairement à la clémentine la maturité du pomelo ne s'évalue pas avec l'acidité et le taux de sucre. Cette date de récolte est aussi choisie pour des questions d'organisation et de gestion de la main d'œuvre qui a été embauchée en fin d'automne pour la récolte des clémentines, et qui se poursuit en janvier/février, par la taille des arbres et se termine par la récolte des pomelos. Pourtant, pour leur qualité, les fruits gagneraient à rester plus longtemps sur l'arbre jusqu'à mai-juin ; ils auraient un taux de jus plus élevé et surtout, une amertume plus faible. Le printemps correspond plus ou moins à la fin des importations des pomelos de Floride et au démarrage de celles des pomelos de l'hémisphère Sud (Afrique du Sud essentiellement). Cette période est donc une fenêtre commerciale tout à fait propice à la commercialisation d'un pomelo de Corse, le seul pomelo *made in France*.

Utilisations

Le pomelo de Corse est essentiellement destiné au marché du fruit frais. L'utilisation des écarts de tri est à l'étude comme celle de la production de jus qui pourrait être une solution de valorisation des

fruits non commercialisés en frais. Une meilleure définition des dates de récolte pour privilégier la qualité du fruit serait un préalable indispensable pour la transformation en jus. Pour l'instant une toute petite partie de la production est transformée en confiture et écorce confite et il arrive parfois qu'un lot de fruits soit expédié sur le continent pour une transformation en jus, mais encore une fois en très petites quantités.

LE CÉDRAT DE CORSE

Citrus medica L.

La plante et ses principaux descripteurs

Le cédrat de Corse est l'un des rares agrumes dont la variété est supposée originaire de l'île. Une étude génétique propose que cette variété découle par autofécondation d'une variété italienne nommée Poncire (Luro *et al.*, 2012). Le Cédrat de Corse présente des caractéristiques propres dont une pulpe douce et l'absence dans les pétales et les jeunes pousses de coloration rose ou violette (anthocyanine), alors que la majorité des variétés de cédratier a la pulpe acide, des fleurs pourpres et des jeunes pousses anthocyanées (**Fig. 4.7**).

Les cédratiers ont une forme aplatie avec un port étalé et une faible densité de branches et de feuilles. Chez les cédratiers le tronc est blanc crème. Les épines sont nombreuses mais courtes. Les feuilles sont longues, de forme elliptique, avec une extrémité arrondie et une bordure dentelée. La floraison principale a lieu en avril mais des floraisons secondaires peuvent apparaître à toutes les saisons. La forme et le poids du fruit du cédratier de Corse sont très variables (sphéroïde à ellipsoïde et de 200 à 1 500 gr), de même que la forme de l'apex (mammiforme, aigue, arrondie, ou tronquée) (**Fig. 4.8**).

La surface de la peau est bosselée et sa partie blanche (l'albédo) très ferme est très épaisse (environ 70% du diamètre du fruit). La pulpe des quartiers est très peu juteuse. Les fruits sont en général récoltés verts (à partir de Novembre) ou jaunes (jusqu'en janvier).



Fig. 4.7 : Jeunes pousses anhocyanées (pourpres) du cédratier Main de Bouddha (© F. Curk-INRAE)



Fig. 4.8 : Fruit de cédrat (© F. Curk-INRAE)

Origines et faits historiques

Certains auteurs considèrent que le cédrat serait arrivé en Corse à l'antiquité, pourtant, bien que le cédrat fût le premier agrume introduit en Méditerranée, probablement en 300 av. J.C., il ne serait réellement cultivé en Corse qu'au début du XIX^e siècle (Nivaggioli, 2002 ; Lorenzi, 2002). Quoi qu'il en soit, la Corse participe à l'histoire du cédrat en Méditerranée. Initialement utilisé pour son parfum (d'ambiance) et des propriétés médicinales, il ne fut réellement considéré comme un aliment que vers le premier siècle de notre ère ; néanmoins c'est son symbolisme religieux qui est la raison de son essor au cours du premier millénaire. En effet, il représente le juif parfait par un parallèle entre sa saveur et son arôme avec la bonté d'âme et le comportement du parfait juif. Il est par conséquent présent lors de la fête des Tabernacles (appelée aussi fête des Cabanes ou fête de Soukkot) commémorant la fin de la traversée du désert du peuple juif après 40 années d'exode. Cette fête religieuse étant annuelle, des vergers ont été mis en place un peu partout autour de la Méditerranée afin de fournir les fruits nécessaires aux croyants. La production corse du XIX^e siècle était également pourvoyeuse de cédrats pour les communautés juives car elle répondait aux règles imposées par la religion juive comme par exemple la culture des arbres sur leurs propres racines (non greffés). C'est le développement de la confiserie au Moyen âge (XII^e siècle) et surtout le fruit confit au miel à la fin du XIV^e siècle qui relança l'intérêt pour le cédrat. L'industrialisation de la confiserie des fruits se fit au XIX^e siècle avec l'essor du sucre grâce à la découverte de la betterave sucrière. C'est à cette époque que la culture du cédrat se développa en Corse.

La production de cédrat a atteint en Corse les 8 000 tonnes sur environ 1 000 ha dans les années 20 (Huet *et al.*, 1986), ce qui représentait la plus importante production de cédrat au monde. L'île fournissait toute l'Europe du Nord via notamment le port de Livourne en cédrats destinés à la transformation en fruits confits entrant dans la composition des *panettone* italiens, des *christstollens* allemands et des *cakes* anglais. « Sur 3 millions de francs obtenus pour cette culture, plus de la moitié sont destinés à l'Italie ; Gênes et Livourne surtout, ont en quelque sorte monopolisé le commerce du Cédrat » écrit

Ardouin-Dumazet dans la 14^{ème} série de son *Voyage en France* dédié à la Corse, (Ardouin-Dumazet, 1919). Il complète ce passage par une note de bas de page particulièrement intéressante : « En 1896, la Corse a expédié 1 520 063 kilos de cédrats salés, dont 131 000 kilos pour la France. La quantité de cédrats confits au sucre exportés a atteint 290 008 kilos. ».

La combinaison de politiques de taxation des produits corses à l'exportation, d'importation de denrées continentales en franchise, et donc moins chères, de la concurrence étrangère (Porto-Rico) et d'une pénurie de sucre, indispensable à la transformation des fruits, pendant et après la première guerre mondiale, ont sonné le glas de cette industrie florissante. Aujourd'hui, il reste certainement moins de 15 ha sur l'île, si l'on compte les jeunes vergers non encore en production.

Pourquoi la variété de cédrat cultivée en Corse est-elle nommée cédrat de Corse ou *Corsican* dans les pays étrangers ? Est-ce par ce qu'elle est née en Corse ou parce que la Corse fut un producteur majeur de cette variété ? Nous ne pouvons pas répondre précisément à cette question mais lors de l'essor de la culture du cédrat au XIX^e siècle des plants étaient introduits sur l'île en bateau. D'où provenaient-ils ? correspondaient-ils à la variété *Corsican* ? quoiqu'il en soit cette variété découle d'une variété italienne nommée Poncire (Luro *et al.*, 2012) et aucun verger ancien de *Corsican* n'a été observé ailleurs qu'en Corse.

Diffusion et aire de culture

Historiquement cultivé sur tout le pourtour de l'île, du Cap Corse à la plaine orientale, de la Balagne aux hauteurs d'Ajaccio et de Porto, la production actuelle se concentre sur la plaine orientale de l'île, même s'il existe des vergers dans le Cap Corse par exemple.

Environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

Les conditions de culture en plaine sont bien plus simples que celles du Cap Corse par exemple où les vergers sont souvent installés

en terrasse et obligatoirement protégés du vent et des embruns marins par des brise-vents de bruyère. Le vent et le froid sont les principaux ennemis du cédratier d'où des techniques de cultures complexes mises en place au XIX^e siècle dans les vergers du Cap Corse. Les arbres étaient palissés et protégés par des brise-vents parfois individuels. Aujourd'hui les cédratiers sont cultivés comme des citronniers, tuteurés les premières années de plantation, puis seulement protégés par des brise-vents de cyprès ou de casuarinas installés autour des parcelles. En Corse le cédratier était traditionnellement multiplié à partir de boutures ce qui générait des arbres avec un enracinement peu profond et fragiles vis-à-vis des contraintes climatiques (vent et froid) et des pathogènes (nématodes et *Phytophthora*). Ils étaient donc régulièrement remplacés. Aujourd'hui, les arbres sont greffés sur bigaradier ou sur citron Volkamer. Les cédratiers greffés sur bigaradier sont plus résistants aux différents pathogènes du sol (principalement du genre *Phytophthora*) mais ceux greffés sur citron Volkamer ont de meilleurs rendements. Les cédratiers de la variété « de Corse » ont généralement deux floraisons annuelles et donc pratiquement deux productions. La floraison de printemps donne des fruits dès l'automne. Ces fruits servent essentiellement à la production de liqueurs et de fruits confits. La floraison d'automne donne des fruits en hiver, généralement destinés à la confiserie.



Fig.4.9 : Cédrat issu de conservation en saumure, prêt à être confit (© F. Curk-INRAE)

Utilisations

L'essentiel des cédrats produits en Corse sont transformés en fruits confits, en

confiture ou en liqueur. La liqueur de cédrat appelée *cédratine* est un produit populaire et considéré comme traditionnel en Corse. De même les fruits confits, qui avaient pratiquement disparu des marchés en Corse, font petit à petit leur réapparition et deviennent plus facile à trouver surtout en période de fêtes de fin d'année (**Fig. 4.9**). Enfin, plusieurs produits dérivés ont fait leur apparition sur les marchés, comme les nougats au cédrat, les chocolats au cédrat, eaux et bières aromatisées et même des champoings au cédrat. On ne trouve qu'en très petites quantités du fruit frais sur les marchés locaux.

LES ORANGES DE CORSE

Citrus sinensis (L.) Osb.

La plante et ses principaux descripteurs

La production d'oranges en Corse n'a jamais été très importante ni en surface et ni en quantité même si sa commercialisation a connu un certain succès entre la moitié du XIX^e et la moitié du XX^e siècles sur les marchés parisiens, bien avant l'avènement de la clémentine de Corse. La variété traditionnellement produite fut pendant longtemps une orange de type Valencia late récoltée à partir de mars et jusqu'au mois de juillet. Ces oranges très sucrées n'étaient généralement pas très colorées extérieurement, voire un peu vertes, quand elles étaient ramassées en été (elles avaient tendance à reverdir en période estivale après avoir acquis une couleur orange clair en fin d'hiver). Aujourd'hui, les producteurs se tournent vers des variétés plus classiques et misent sur une qualité interne et externe permettant de rivaliser avec les autres oranges à bouche commercialisées de décembre à juin. Les 4 principales variétés plantées en Corse sont, de la plus précoce à la plus tardive, la Navelina, la Salustiana, les navels classiques de type Washington navel, et les oranges blondes de type Valencia late.

L'oranger est un arbre à port érigé et de forme sphéroïde. La présence d'épines courtes et solides est assez répandue. La fréquence et la longueur de ces épines augmentent sur les gourmands. La densité des branches et du feuillage est élevée. La floraison abondante et très odorante a lieu en avril et mai. Les fruits présentent des formes, des qualités et des époques de maturité différentes selon les variétés.

La Salustiana est une variété très juteuse (dite « à jus »), à pulpe tendre et sucrée, dont la peau des quartiers est fragile. Les fruits sont sphéroïdes d'un diamètre d'environ 90 mm et matures entre mi-décembre et fin février. Les variétés de type navel se singularisent par la présence, pas toujours visible, au niveau de l'apex (sommet du fruit ou côté opposé à l'attache pédonculaire), d'une cicatrice styloïde ouverte et d'une protubérance semblable à un nombril. Cela correspond au développement d'un deuxième fruit imparfait de taille très réduite au sommet du premier. Les quartiers sont fermes et croquants et la pulpe est acidulée. Ces variétés sont dites « oranges à couteau ». La peau parfois un peu épaisse (environ 8 à 10 mm) est peu adhérente aux quartiers, le fruit s'épluche assez facilement. En moyenne les fruits font 120 mm de diamètre. La maturité est atteinte dès décembre et se maintient jusqu'à fin février. La Navelina (ou Newhall navel) est une variété dont les caractéristiques du fruit se rapprochent de celles des navels mais la forme est ellipsoïde et la maturité est atteinte en Novembre (une des plus précoces en Corse). La Valencia est une orange à maturité tardive (d'avril jusqu'à juillet) qui se colore moins que les autres variétés et a tendance à reverdir légèrement en été. Sa pulpe est tendre et juteuse.

Origines et faits historiques

L'introduction et la dispersion de l'oranger dans le bassin méditerranéen est attribuée à la fois aux Génois (au XV^e siècle) et aux Portugais (en 1548). En Corse, on retrouve la trace de ces deux origines ; l'origine génoise est attestée par des écrits du XVII^e siècle rapportant la présence de cet agrume sur l'île. En effet, un acte de mariage datant de 1686, écrit en vieux génois, indique que des orangers, offerts en dot, ont été plantés en Corse dans le village d'Aregno, en Balagne. L'origine portugaise quant à elle, est attestée par l'usage dans la langue corse de l'appellation *aranciu portugallu* pour désigner ce fruit et le différencier de l'*aranciu mandarinu*, la mandarine (Association pour le Développement des Etudes Archéologiques, Historiques, linguistiques et Naturalistes du Centre-Est de la Corse). Les Portugais sont certainement à l'origine de la diffusion de l'oranger dans tout le bassin méditerranéen puisque, de nombreuses variétés d'oranges portent le nom de « Portugaise » et qu'en de nombreuses

langues, comme en Corse, l'orange porte également le nom de « Portugal » : *Alburtuqaliu* en arabe, *Pôrtugal* en persan, *Portakal* en turc, *Pirteqal* en kurde, *Portokali* en bulgare, *Portokall* en albanais, *Portocaliu* en roumain, *Portokhali* en géorgien, ou encore *Portokàli* (πορτοκάλι) en grec.

Même si l'orange n'a jamais été cultivée de manière très extensive en Corse du fait de sa période de maturité coïncidant avec les risques de gelées hivernales, elle a connu une certaine notoriété sur les marchés parisiens entre la moitié du XIX^e et la moitié du XX^e siècles (Praloran, 1965). Dès 1841 Honoré de Balzac écrit dans *Mémoires de deux jeunes mariés* :

« Mon mari va me chercher à Marseille les plus belles oranges du monde ; il en a demandé de Malte, de Portugal, de Corse » (de Balzac, 1841).

En 1873, Alphonse Daudet, dans la nouvelle « Les oranges » publiée dans *Les lettres de mon Moulin* écrit que :

« Pour bien connaître les oranges, il faut les avoir vues chez elles, aux îles Baléares, en Sardaigne, en Corse, en Algérie, dans l'air bleu doré, l'atmosphère tiède de la Méditerranée. »

et :

« Mais mon meilleur souvenir d'oranges me vient encore de Barbicaglia, un grand jardin auprès d'Ajaccio où j'allais faire la sieste aux heures de chaleur. Ici les orangers, plus hauts, plus espacés qu'à Blida, descendaient jusqu'à la route, dont le jardin n'était séparé que par une haie vive et un fossé. Tout de suite après, c'était la mer, l'immense mer bleue... Quelles bonnes heures j'ai passées dans ce jardin ! Au-dessus de ma tête, les orangers en fleur et en fruit brûlaient leurs parfums d'essences. De temps en temps, une orange mûre, détachée tout à coup, tombait près de moi comme alourdie de chaleur, avec un bruit mat, sans écho, sur la terre pleine. Je n'avais qu'à allonger la main. C'étaient des fruits superbes, d'un rouge pourpre à l'intérieur. Ils me paraissaient exquis, et puis l'horizon était si beau ! Entre les feuilles, la mer mettait des espaces bleus éblouissants comme des morceaux de verre brisés qui miroitaient dans la brume de l'air. Avec cela le mouvement du flot agitant l'atmosphère à de

grandes distances, ce murmure cadencé qui vous berce comme dans une barque invisible, la chaleur, l'odeur des oranges... Ah ! Qu'on était bien pour dormir dans le jardin de Barbicaglia ! » (Daudet, 1873).

Dès les années 60, suite à la création de la Station de Recherche Agronomique Inra-Cirad de San Giuliano, sont introduites en Corse de nombreuses variétés d'oranges. Elles sont toutes testées dans les conditions de culture de la Corse et certaines, ayant pourtant connue ailleurs un réel succès commercial, sont rapidement apparues comme non adaptées au terroir Corse. Ainsi l'orange Thomson navel très populaire en Afrique du Nord, est écartée pour sa tendance à donner des fruits secs à maturité dans les conditions de culture de la Corse où la Washington navel est préférée puis la Fisher navel. De même, les oranges de type Maltaise³⁰ ne sont pas conseillées à la plantation du fait de leur tendance à chuter facilement à maturité. Aujourd'hui, plus de 200 variétés d'oranges sont présentes en Collection dans le CRB Citrus INRAE-Cirad de San Giuliano et les organisations de producteurs réfléchissent à la mise en place d'essais variétaux contemporains pour sélectionner celles les mieux adaptées au terroir et aux attentes du marché. Une IGP « Orange de Corse » semble être une attente forte des producteurs ainsi que des distributeurs.

Diffusion et aire de culture

La plaine orientale mais également les hauteurs d'Ajaccio (Bastellicaccia, notamment) sont les principales zones de production d'oranges en Corse. Les pépiniéristes agréés de Corse proposent déjà une large gamme de plants de variétés d'oranges issus de la collection du CRB Citrus INRAE-Cirad.

³⁰ Les oranges de type Maltaise : Même si le nom d'orange Maltaise fait référence à l'île de Malte, ces oranges ne seraient pas originaires de Malte. La légende raconte qu'il s'agit d'une orange sélectionnée en Tunisie et baptisée « Maltaise » en souvenir d'une jeune fille originaire de Malte, qui avait, dit-on, la peau aussi lisse et douce que celle de cette orange. Plusieurs oranges de type « Maltaise » existent : l'orange Maltaise, la Maltaise blonde, la Maltaise Boukhobza, la Petit Pierre, la Maltaise demi-sanguine...

Environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

Avec le changement climatique et l'augmentation des températures moyennes, le terroir corse se prête de plus en plus à la production d'oranges précoces et de saison du fait d'étés de plus en plus chauds et de gelées hivernales plus rares et plus courtes. La possibilité d'utilisation de porte-greffe adaptés à l'oranger permet une production de qualité avec peu de contrainte de types de sols, dont le calcaire. Le savoir-faire maintenant bien établi sur la culture de la clémentine et le continuum chantier de récolte possible clémentines-oranges-pomelos poussent de plus en plus de producteurs d'agrumes en Corse à se diversifier avec de l'oranger.

Utilisations

Pour l'instant l'essentiel de la production d'orange de Corse est destiné au marché du fruit frais local. Une très faible production est expédiée en France continentale mais les volumes encore faibles ne permettent pas pour l'instant la mise en place d'un véritable circuit de commercialisation sur le modèle de la clémentine de Corse. L'augmentation des volumes de production bénéficiera du circuit de commercialisation de la clémentine déjà en place et pourra répondre à une demande déjà existante du marché national d'oranges *Made in France*.

LE CHINOTTO DE SAVONE

Citrus myrtifolia

L'arbre à *Chinotto* est une mutation naturelle du bigaradier (*Citrus aurantium* L.) qui est lui-même un hybride naturel entre un pamplemoussier (*Citrus maxima* ; parent femelle) et un mandarinier (*Citrus reticulata*, pollinisateur ou parent mâle). Également connue sous le nom de « Chinois des jardins de Savone », la variété dénommée Savone, qui est une mutation du *Chinotto*, se caractérise par des différences significatives dans la dimension du feuillage et les caractéristiques des fruits.

La plante et ses principaux descripteurs

La plante du *Chinotto* de Savone a rarement été propagée à partir de bouture ou de marcotte ; elle est plus souvent greffée sur du bigaradier. Sa croissance est extrêmement lente. Les entre-nœuds sont raccourcis et, à âge adulte, les plantes font rarement plus de 2,5 m de hauteur. Leur forme est plutôt sphérique en absence de taille et, au fil des années, la densité interne des branches devient tellement abondante que le feuillage est extrêmement dense, compact et difficile à pénétrer. Le *Chinotto* de Savone est exempt d'épines, souvent présentes sur d'autres agrumes. Ses feuilles sont simples, lancéolées, unifoliées et pointues, d'un vert très intense et attachées aux branches par un petit pétiole. Les fleurs, souvent groupées en touffes denses, sont de dimensions modestes, d'un blanc pur et apparaissent d'avril à mai. La floraison est très régulière et une floraison secondaire très modeste peut avoir lieu.

Les fruits arrivent à maturité en décembre ; le fruit est très petit, d'un poids moyen d'environ 43 g, de forme sphérique (44 x 42 mm), d'une couleur vert brillant pendant son développement et devient orange pâle à maturité. La base du fruit est tronquée, avec un pédoncule large et court permettant son attachement fort à la plante. Le sommet du fruit, tronqué lui aussi, comporte une petite cicatrice stylaire. L'épicarpe est fin, à surface légèrement papillée, parfois lisse. Le mésocarpe, qui adhère plus ou moins à la partie interne du fruit (endocarpe), est plutôt fin (1,2 mm) et doté d'une mince couche de couleur blanche (l'albédo).

L'endocarpe contient de 5 à 9 segments, adhérant bien les uns aux autres, ainsi qu'un axe central (columelle) compact sans cavité. Il est d'une couleur jaune très clair, d'une texture dense, avec de petites vésicules courtes et très adhérentes entre elles. Le rendement en jus est moyen, avec une teneur totale en éléments solubles (sucres) très élevée. Le pH est très bas, procurant une forte sensation d'acidité ; l'amertume est très forte. Il contient en moyenne 3-4 pépins par fruit, même si quelques fruits sont presque apyrènes.

Origines et faits historiques

Même si nous n'avons pas de date certaine d'introduction de la culture du *Chinotto* en Ligurie, et dans la région de Savone en particulier, il semble qu'il ait été importé au XVI^e siècle par un navigateur originaire de la ville de Savone qui l'implanta sur la côte ligure.

Les premières traces « officielles » datent du *Traité du Citrus* de Giorgio Gallesio (1811) où l'on peut lire : « *L'oranger nain est une des variétés les plus agréables pour l'ornement des jardins et des maisons : il a le port d'un arbuste, et il est nain dans toutes ses parties : le tronc, les branches, la feuille, la fleur, et le fruit, tout y est en petit. Il vient dans les pots comme un rosier, et ne s'élève en pleine terre qu'à la hauteur d'un à deux mètres : ses rameaux ont la forme de bouquets : ils la doivent à la disposition des bourgeons qui sont très rapprochés et rangés de manière à les couvrir tout autour de feuilles et de fleurs : ils sont dépourvus d'épine, et portent une fleur très odorante : le fruit, aigre et amer, a la grosseur d'un petit abricot, et est excellent à confire* ».

À la même époque, Gallesio formule, en 1811, des hypothèses sur l'introduction du *Chinotto* : selon lui, la sous-variété d'« oranger nain à feuilles de myrte » était « encore inconnue en Europe à la moitié du XVII^e siècle : Ferrari la rapporte comme une espèce exclusive à la Chine : Commelyn et Volcamerius n'en font pas mention » ; et Antoine Risso affirme pour sa part en 1813 : « Les chinois, les bergamotes, les pérettes, les pommes roses, ainsi qu'un grand nombre de variétés qu'on trouve dans les forêts des provinces méridionales de la Chine, paraissent n'avoir été transportés en Europe que pendant les derniers siècles ».

Du reste, le premier témoignage indirect de la présence du *Chinotto* sur les côtes de Savone remonte au 23 novembre 1594, lorsqu'Antonio Garibaldi envoie son fils Battista au service de Secondo Baldissoni, « *ad discendi artem chinotarum*³¹ », pour les huit années suivantes (Archivio di Stato de Savone, Fondo notai distrettuali, notaio Paolo Siri, 699)

³¹ Pour apprendre l'art de la culture du *Chinotto*.

Les témoignages historiques de cette production se trouvent tant dans les documents statistiques de l'époque (« *Descrizione cosmografica climaterica fluviale e agricola del circondario di Savona nell'anno 1879* », Alberto Couston, 1880), que dans le développement de l'industrie de la conserverie et de transformation de cet agrume (*Inchiesta Jacini*, 1879) qui mena une entreprise française - la Silvestre-Alemand - à déplacer son usine du département du Vaucluse (Région PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur) à Savone en 1877 (Fig. 4.10).

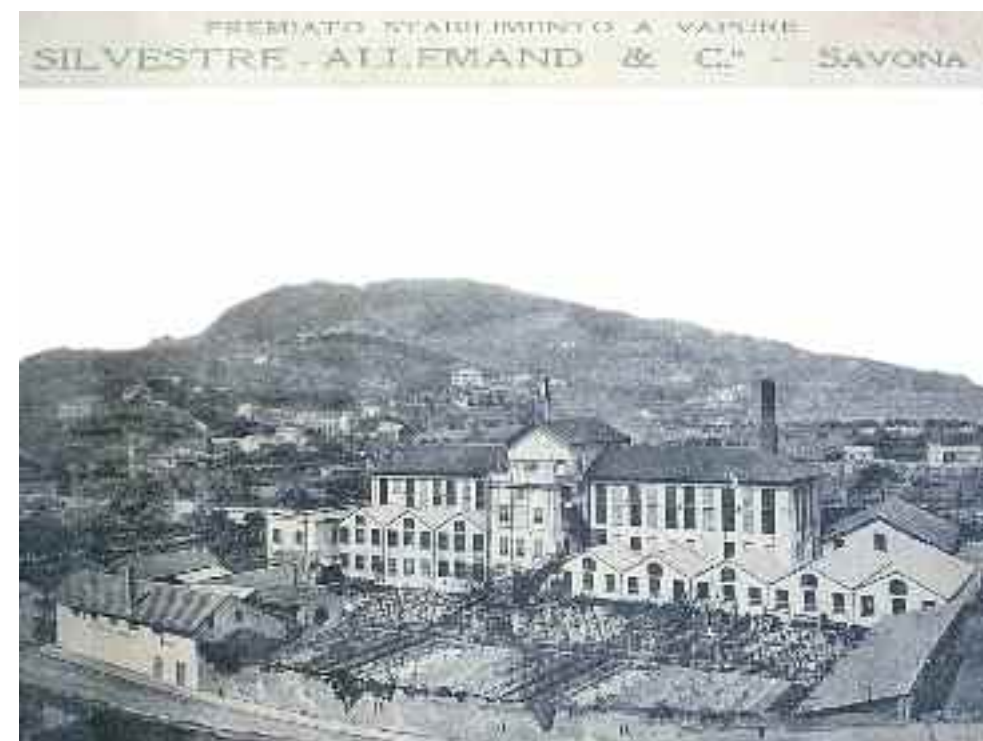


Fig. 4.10 : Usine de transformation du *Chinotto* Silvestre-Alemand en 1877
(© G. Minuto-CeRSAA)

Les raisons de ce développement s'expliquent par la navigation à travers les océans qui, en vertu de sa demande en vitamine C, d'approvisionnement et de conservation faciles, a trouvé son produit idéal dans le *Chinotto* semi-confit à basse température. Dans le même temps, la bourgeoisie de l'époque apprécie ces agrumes « mono-portion » à consommer en dessert, en apéritif ou confits.

La culture du *Chinotto* devient au début du XIX^e siècle si importante d'un point de vue économique qu'en 1902 Mario Calvino³² lui-même conseille « d'introduire dans des lieux froids sur les rives de torrents la culture du *Chinotto*, une plante produisant de larges bénéfices dans le territoire de Savone et déjà cultivée avec profit par les frères Ronco dans notre province, à Borghetto San Nicolò ». Il s'agissait de 3 000 plantes fournissant des fruits pour les pâtisseries locales (production de fruits confits essentiellement).

Une fois faits les calculs de rigueur, en rapport à la densité de plantation du *Chinotto*, la Production Brute Vendable (PBV) pendant la période allant des vingt dernières années du XIX^e siècle aux trente premières années du XX^e, se stabilisa autour de 3-4 €/m². Si l'on se rapporte au coût de la vie de l'époque, une plantation de *Chinotto* de moyenne surface (300 plantes) pouvait permettre à une famille d'exploitants de s'acheter un certain nombre de paires de chaussures et de chemises par année, tout en rétribuant leur propre travail pendant plusieurs semaines.

La production de *Chinotto* dans la région de Savone était localisée sur la côte entre Varazze et Laigurglia, avec une concentration maximum à Savone (*Annuario dell'agricoltura italiana*, 1931). La culture était organisée aussi bien en vergers d'agrumes qu'en rangées bordant les champs de cultures horticoles ou les creûzes elles-mêmes (Cougnet, 1880).

À cheval entre le XIX^e et le XX^e siècles, la production annuelle se stabilisa autour de 7 millions de fruits. Elle devint si importante que, le 10 juillet 1887, la Société des Producteurs de *Chinotto* fut fondée ; 152 membres en faisaient partie, parmi lesquels des personnalités ayant écrit l'histoire de l'agriculture de la région de Savone (Becchi, Folco, Minuto, Tortarolo) et de la transformation des produits (Noberasco). Plus de 35 000 plantes furent cultivées sur une surface de plus de 50 ha. Des documents datant de cette époque sont conservés dans les Statuts de la Société et dans les Registres des exploitations (exemples en **Fig. 4.11** et **4.12**), ainsi que dans la carte des exploitations du début du XIX^e siècle (**Fig. 4.13**).

³² Mario Calvino (1875-1951) : Agronome, directeur de diverses stations agricoles depuis le début des années 1900 et père de l'écrivain italien Italo Calvino (1923-1985).



Fig. 4.11 : Page de couverture du Statut-Règlement de la Société des Producteurs de *Chinotto* (renouvellement de 1902) (© G. Minuto-CeRSAA)



Fig. 4.12 : Reçu de la Société des Producteurs de Chinotto (années 1908 – 1924) (© G. Minuto-CeRSAA)



Fig. 4.13 : Carte de l'exploitation des frères Minuto de Savone (zone Madonna degli Angeli) à la fin du XIX^e siècle (© G. Minuto-CeRSAA)

Le déclin des productions d'agrumes, y compris du *Chinotto*, a commencé avec la Deuxième Guerre mondiale avant de s'accroître suite à l'élargissement des agglomérations urbaines, puisque celles-ci occupèrent des sols agricoles particulièrement favorables à leur culture. Cette diminution des sols disponibles, qui s'est poursuivie jusqu'aux années 1980, a engendré une réduction du nombre de plantes cultivées qui s'élève désormais à environ 400 arbres (Pollero, communication personnelle) ; ces derniers temps, on a pu remarquer un ralentissement de ce déclin, lié d'une part à une perte d'élan de l'expansion des constructions, d'autre part à la naissance d'initiatives relatives à la mise en valeur de la qualité des produits locaux liés à leur territoire d'origine (marques de *Slow Food*, initiatives municipales, etc ...).

Aires de diffusion et de culture

La diffusion du *Chinotto* de Savone coïncide avec l'aire de culture historique, soit la zone du littoral, jusqu'à 200 m d'altitude, comprenant toutes les communes de la Riviera situées entre Varazze et Andora (Fig. 4.14).

Ce territoire a donc un relief particulier, sur le versant côtier de la Riviera ligure, modelé en petites plaines ou en petites vallées très pentues accueillant des terrasses délimitées par des murets de pierres sèches (Fig. 4.15).



Fig. 4.14 : Aire de culture du *Chinotto* de Savone (© G. Minuto-CeRSAA)



Fig. 4.15 : Arbres de *Chinotto* et oliviers dans le territoire finalais (© G. Minuto-CeRSAA)

L'environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

Ses caractères climatiques placent la côte Ouest de la Ligurie dans la zone climatique du Bas-Latium et de la Campanie ayant non seulement permis aux agrumes d'être importés et cultivés, mais également de subir dans le temps une acclimatation et une différenciation morphologique tout à fait particulières, au point de générer des populations nouvelles bien adaptées au climat de cette zone. Le *Chinotto* de Savone a besoin d'un climat tempéré, il doit être exposé entre le Sud-Est et le Sud-Ouest ; il craint les vents forts et continus, outre les vents froids et ne résiste pas à des températures avoisinant 0°C. Le *Chinotto* pousse bien quand il est exposé à des vents modérés contribuant à réduire le risque de certains pathogènes s'attaquant aux feuilles et sur un sol suffisamment drainé (ses racines étant sensibles aux eaux stagnantes).

Les modifications et les adaptations que nous venons de mentionner aux conditions pédoclimatiques du Nord de la Méditerranée ont engendré autant de modifications importantes au sein du profil phy-

tochimique du *Chinotto* de Savone : sa teneur en vitamine C est plus élevée que celle d'un même agrume provenant d'autres territoires et il en va de même pour la quantité d'hespéridine (un flavanone), de synéphrine (amine sympathomimétique) et de calcium.

Utilisations

En vertu de ses caractéristiques chimiques et aromatiques, le *Chinotto* de Savone est un fruit qui ne peut être écoulé qu'après transformation, alimentaire ou non.

Comme nous l'avons déjà souligné, l'utilisation traditionnelle du *Chinotto* de Savone se base surtout sur le fruit non encore complètement mûr (Fig. 4.16) : le fruit entier est confit ou semi-confit pour la préparation de confiture, alors que la macération dans l'alcool du fruit entier ou de son seul épicarpe est à la base de la préparation de liqueurs. Les utilisations alimentaires englobent également l'épicarpe confit – dans les *panettoni* et autres viennoiseries de la tradition ligure – ainsi que l'extraction de sa « teinture » pour aromatiser les boissons gazeuses et les digestifs. Parmi ces boissons gazeuses, il y en a même une très désaltérante et à boire à tous moments de la journée qui porte le nom du fruit.

Ses utilisations non alimentaires sont tout aussi importantes puisque le *Chinotto* de Savone rentre dans des préparations cosmétiques, de produits de toilette, de crèmes, de soins du visage et du corps, de parfums de corps et de parfums d'ambiance. Tous ces produits



Fig. 4.16 : Arbre de *Chinotto* de Savone (© G. Minuto-CeRSAA)

bénéficient en effet aussi bien des propriétés aromatiques que chimiques, moins connues, mais très intéressantes pour leurs propriétés relaxantes et nourrissantes de la peau, anti-inflammatoires et purifiantes.

Outre les destinations alimentaires, les propriétés cosmétiques du *Chinotto* de Savone sont un facteur déterminant de la croissance de la production de cet agrume et justifient les engagements et les investissements en temps et en ressources économiques pour la formation des exploitants et des transformateurs.

Aspects particuliers relatifs à sa culture

Le *Chinotto* de Savone est généralement multiplié par greffage sur le bigaradier (*Citrus aurantium*) et parfois sur *Poncirus trifoliata* ; porte-greffe élevés dans les pépinières du territoire de production. À cause de la faible vigueur des arbres et de leur aspect buissonnant les exploitants producteurs et pépiniéristes testent actuellement d'autres types de porte-greffe capables de modifier ces défauts.

La distance de plantation entre les arbres disposés en échiquier ou en quinconce, peut varier de 3,5 à 4,5 m en fonction du type de culture spécialisée ou associée.

La récolte des fruits doit toujours être effectuée par temps sec, une fois l'humidité de la rosée disparue et à l'aide de sécateurs ou

d'épinettes pour ne pas les priver de leur calice ; une partie du pédoncule doit être gardée afin d'éviter une déshydratation rapide du fruit.

La récolte est étalée dans le temps, à partir d'octobre jusqu'à décembre et même plus tard, en fonction de l'utilisation finale des fruits (verts, **Fig. 4.17**, ou mûrs). La teneur en sucres, vérifiée



Fig. 4.17 : Fruits immatures de *Chinotto* de Savone, prêts à être cueillis (© G. Minuto-CeRSAA)

avec un réfractomètre, doit avoir une valeur comprise entre 6 et 8 degrés Brix pour des fruits proches de la maturité. Une plante adulte peut donner en moyenne jusqu'à 400-500 fruits de différentes tailles et avec différents degrés de maturité. Le premier choix comprend des fruits de diamètre compris entre 30 et 40 mm, sans trace de fumagine ou autres défauts. Le *Chinotto* de Savone ne doit en aucun cas faire moins de 14 mm de diamètre. La couleur des fruits au moment de la récolte est fonction du type de transformation à laquelle ils sont destinés.

L'ORANGE PERNAMBUCCO DE LIGURIE

Citrus sinensis (L.) Osb.

La plante et ses principaux descripteurs

L'orange Pernambucco (ou Pernambuco) est un agrume qui se propageait traditionnellement en Ligurie par greffage sur le bigaradier ou le citronnier. Il est important de préciser que l'oranger greffé sur bigaradier est sensible à la Tristeza, maladie virale aujourd'hui présente dans l'ensemble du bassin méditerranéen. Il est aujourd'hui déconseillé d'utiliser le bigaradier comme porte-greffe des orangers, mandariniers, clémentiniers et pomelos. La croissance de l'oranger, relativement rapide, conduit la plante à atteindre des dimensions considérables, soit plus de 4 mètres de hauteur. Sa forme tend à l'allongement et, en l'absence de taille, la densité interne des branches peut devenir remarquable. Il n'y a aucune trace d'épines sur les branches adultes, les feuilles sont simples, lancéolées, unifoliées et pointues. De plus, elles se caractérisent par une couleur vert intense et sont reliées aux branches par un pétiole court. Les fleurs, généralement solitaires même si elles se regroupent parfois en touffes de 3 à 5 unités, sont relativement grandes, d'un blanc pur, et apparaissent de fin avril à fin mai. La floraison, très parfumée, est régulière. Une floraison secondaire, très rare et très modeste, peut être observée au début de l'été.

Les fruits grossissent fortement à partir du mois d'août et atteignent leur pleine maturité début novembre. Ils ont une bonne taille (leur poids moyen peut dépasser 300 g), une forme sphérique (90 x 85 mm), une couleur vert vif en cours de développement qui devient



Fig. 4.18 : Cicatrice styloïde en forme de navel d'une orange Pernambuco de Ligurie (© F. Curk-INRAE)



Fig.4.19 : Coupe équatoriale d'une orange Pernambuco avec en son centre la formation d'un deuxième petit fruit interne (© G. Minuto-CeRSAA)

orange très foncé à pleine maturité. La base du fruit est tronquée, marquée par un pédoncule court et large, ce qui permet un fort attachement du fruit à la plante. L'apex est souvent déformé par la présence interne d'un deuxième petit fruit (**Fig. 4.18**). L'épicarpe est épais et sa texture est légèrement ridée. Le mésocarpe, moyennement adhérent à la partie interne du fruit, est assez épais (2 à 2,3 mm) avec un albédo blanc épais.

L'endocarpe présente un nombre de segments allant de 9 à 12, assez adhérents les uns aux autres, et un axe central compact à l'extrémité distale duquel se trouve le deuxième fruit, parfois peu formé, dans d'autres cas au moins un cinquième du volume total du fruit et caractérisé par un nombre très variable de segments (3 à 9) (**Fig. 4.19**). L'endocarpe, d'une couleur orange foncé, présente un croquant et une densité élevée avec des vésicules allongées et adhérent bien les unes aux autres. Le rendement en jus est très élevé, de même que la teneur en sucres solubles totaux. Le pH est relativement bas et cette petite aci-

idité est encore atténuée par la forte teneur en sucres. Le nombre de pépins est très faible, on en trouve, parfois un ou deux dans certains fruits.

Origine et faits historiques

On trouve deux orthographes orange « Pernambuco » ou « Pernambuco ». En effet, dans le dialecte ligure, le doublement de certaines consonnes est fréquent, par conséquent, on trouve dans ce dialecte, mais également en italien, « Pernambuco » avec deux « C » alors que le nom de l'état brésilien, d'où est probablement originaire cette orange, s'écrit « Pernambuco » avec un seul « C » en portugais et en italien. La dénomination « orange Pernambuco » (ou Pernambuco) est réservée à une variété de l'espèce *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, de type navel. C'est une orange provenant probablement du continent sud-américain suite à la colonisation portugaise de l'état brésilien de Pernambouc (*Pernambuco* en portugais et en italien). Dans le bassin méditerranéen, cet agrume a trouvé des conditions climatiques exceptionnelles quant à sa croissance et sa fructification, même si toutes les espèces du genre *Citrus* sont sensibles aux gelées d'hiver. Les plantes cultivées le long de la Riviera ligure ont cependant à plusieurs reprises, surmonté des températures inférieures à -3°C et résisté à de fortes chutes de neige.

Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, la Ligurie a été l'un des plus grands producteurs d'oranges, de citrons et de cédrats en vertu de leurs parfums et de leurs couleurs qui ont toujours fasciné les voyageurs.

Si les cultures les plus florissantes étaient très répandues à la pointe Ouest de la Ligurie, elles étaient aussi abondantes à Gênes et vers l'Est, jusqu'à Nervi. À l'heure actuelle, des exemplaires souvent isolés poussent dans les jardins des Rivières ou des palais nobles.

La culture et l'exportation de ces fruits précieux avaient une importance considérable pour la République de Gênes qui les commercialisait en Europe du Nord.

Les agrumes, récoltés encore verts, étaient cuits dans une sorte de mélasse obtenue à partir de sucre, d'épices et de leur propre jus, puis emballés dans des tonneaux en bois et stockés dans les cales comme une excellente réserve de vitamines.

Il est probable que cette recette ait été copiée de la cuisine arabe ; au XVII^e siècle, les Génois ont affiné une autre technique orientale pour transformer les agrumes et obtenir des fruits confits, devenant ainsi les meilleurs producteurs et de fidèles consommateurs.

Aires de diffusion et de culture

Comme il s'agit d'un agrume précoce, il est présent dans les zones les plus abritées de la Riviera de Savone et d'Imperia, où il mûrit dès la fin du mois d'octobre. Sa présence dans ces territoires est attestée depuis plus de 50 ans. La culture du Pernambuco sur la Riviera ligure a diminué au fil des années et se limite aujourd'hui à une production presque exclusivement familiale. Présente presque partout en Ligurie, sa culture reprend dans la région de Savone et en particulier dans la région de Finale Ligure, où certaines exploitations ont réhabilité de nombreux arbres et ont commencé de nouvelles petites plantations.

L'environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

L'oranger Pernambuco est assez exigeant du point de vue thermique, préférant les régions chaudes aux régions avec étés et hivers tempérés. Il souffre du gel, surtout si celui-ci arrive en fin de saison et s'il se prolonge. Il a besoin d'une bonne circulation de l'air, c'est pourquoi la densité de culture et la taille sont particulièrement importantes. Les conditions typiques de la côte ligure occidentale, et en particulier de la région de Savone, confèrent aux oranges Pernambuco une acidité agréable contrastant avec une forte teneur en sucres, ce qui la rend particulièrement douce au palais. Contrairement aux fruits d'autres régions, l'orange Pernambuco de Ligurie occidentale se caractérise par la couleur de son épicarpe orange clair très vif. Les quartiers, principaux et secondaires, sont irréguliers et facilement détachables. Leur texture grossière et presque croquante, invite à les mâcher. Les caractéristiques climatiques particulières de la côte Ouest de la Ligurie confèrent aux oranges Pernambuco des parfums et des caractéristiques d'équilibre entre acidité et douceur les différenciant fortement des productions des autres régions méditerranéennes. L'oranger Pernambuco a besoin d'un climat tempéré ; s'il préfère les expositions méridionales, il s'adapte aussi aux situations moins favorables, montrant une bonne tolérance aux vents frais ainsi qu'une bonne résistance au froid, même s'il ne supporte pas les températures inférieures à -3°C pendant plus de 6 à 8 heures. L'oranger Pernambuco aime les sols bien

drainés, riches en éléments grossiers, l'exposition en plein soleil et une ventilation modérée contribuant à réduire le risque d'attaques sur les feuilles de certains pathogènes.

Utilisations

L'équilibre parfait entre douceur et acidité, l'abondance de jus et la délicatesse aromatique du deuxième fruit interne, font de l'orange Pernambuco un agrume frais et désaltérant, particulièrement adapté à la consommation directe ou en jus. Ces caractéristiques se retrouvent également dans les liqueurs à base d'extraits de zeste ou de macération.

La faible acidité du jus permet sa consommation aux personnes ne tolérant pas les boissons excessivement acides, tandis que sa douceur non exagérée ne nécessite pas l'ajout de sucre.

Les usages non alimentaires sont rares, ils se limitent à l'utilisation d'extraits dans les parfums d'ambiance ou pour le corps, en complément d'autres composants naturels.

Les propriétés de l'orange Pernambuco n'ayant été que peu étudiées, des recherches supplémentaires et un approfondissement des connaissances à leur sujet pourraient accroître la mise en valeur de cet agrume.

LA POMPIA DE SARDAIGNE

Citrus aurantium x *Citrus medica* variété Pompia

La Pompia a été décrite en 1837 par le botaniste sarde-piémontais Jacinto Moris qui l'a classé comme *Citrus medica monstrosa* (...*subrotundis oblongisve, tuberosis rugosisque*, « cédratier de Chine » traduit de l'italien, dans la langue familière « spompia » ...), en la distinguant du *Citrus vulgaris et limonifolia*, et en indiquant les synonymes utilisés dans *C. medica tuberosa* de Risso & Poiteou et dans *Citrus medica s.l.*, (*Cedra, fructu monstroso...*) de Galesio. En réalité, Galesio utilisa le terme « monstrueux » pour d'autres hybrides également, parmi lesquels le Cédratier de Chine, le *Citrus medica tuberosa-poncire*, la *lima citrata* et la *lima romana*.

Indiquée comme un hybride naturel probable par Chessa *et al.* en 1994, d'Acquino *et al.* en 2005 et Mignani *et al.* en 2015 également, elle a été classée comme *Citrus limon* variété Pompia Camarda *var. nova.* par Camarda *et al.* en 2013. Plus récemment, des analyses génétiques réalisées à la station de recherche INRAE-Cirad de San Giuliano en Corse dans une étude menée en collaboration avec l'Université de Sassari ont montré que la Pompia est le résultat d'un croisement naturel entre le bigaradier, le parent femelle, et le cédratier, le parent mâle (Luro *et al.*, 2019).

La plante et ses principaux descripteurs

L'arbre de Pompia (Fig. 4.20), se propageant généralement par graine ou par greffage sur bigaradier, a une hauteur moyenne variant de 2 à 3 mètres en l'absence de taille. Sa forme, tendant à être elliptique et d'aspect ascendant pour les jeunes arbres, devient plutôt sphéroïde en grandissant avec un tronc présentant une faible



Fig. 4.20 : L'arbre de la Pompia (© G. Nieddu-Uniss)

densité de branches. Ces dernières sont très épineuses, avec des épines longues et droites. Le sommet du bourgeon est glabre et violacé. L'arbre de Pompia est à feuilles persistantes, simples, d'un vert intense, courtes et laminaires, de taille moyenne (75-50 mm) et d'une épaisseur de 0,4 mm. La forme de la feuille est ovoïde, avec un bord entier, l'apex et la base atténués, sans ailes.

Les fleurs hermaphrodites, blanches quand elles sont complètement ouvertes et avec des nuances violacées à la base quand elles sont en bouton, se présentent souvent en bouquets de deux à trois éléments.

Le fruit (Fig. 4.21 et 4.22) présente une forme obovoïde, aplatie aux deux pôles, ou subsphérique pour les fructifications juvéniles, positionnées à l'intérieur de la frondaison ou tardives. Il atteint des dimensions variables, parfois très constantes, avec un poids d'une valeur moyenne de 320 grammes, un diamètre de 75 mm et une longueur de 98 mm. La forme de la base est tronquée, marquée par une rainure circulaire évidente et un grand pédoncule qui permet un fort attachement du fruit à la plante. L'apex est également tronqué, avec une aréole très marquée et une petite cicatrice stylaire.



Fig. 4.21 : Fruit de Pompia (© G. Nieddu-Uniss)



Fig. 4.22 : Fruit de Pompia sur l'arbre (© G. Nieddu-Uniss)

L'épicarpe est mince et de couleur jaune citron, devenant jaune foncé à sur-maturité. Sa texture est ridée, avec beaucoup de protubérances, celle des petits fruits et des fruits internes est parfois lisse. L'épicarpe présente de nombreuses glandes à huile essentielle, bien réparties.

Le mésocarpe, moyennement adhérent à la partie interne du fruit, est très épais (4-15 mm) et doté d'un albedo blanc dense. L'endocarpe présente un nombre variable de 10 à 14 segments, moyennement adhérents les uns aux autres, et un axe central creux. D'une couleur jaune pâle, sa consistance et sa texture sont denses, avec de larges vésicules développées. Le rendement en jus est moyen, alors que la teneur en sucres solubles totaux est faible ; le pH est très bas et l'acidité élevée. Il contient un nombre moyen de 10 pépins par fruit, de forme ovoïdale avec 3-4 embryons ; il existe également des fruits presque sans pépins.

Les principales phases phénologiques montrent, dans la zone de diffusion de la Baronie de Siniscola, 3 flux végétatifs qui commencent respectivement en février, juin et septembre. La floraison a lieu en avril, tandis que la maturation commence en décembre et dure jusqu'en mars.

Origine et faits historiques

C'est en Sardaigne, en 1780, que la Pompia est mentionnée pour la première fois. Dans une description précise de l'agriculture de l'île, un noble de Sassari qui s'appelait Andrea Manca dell'Arca cita cette espèce parmi celles cultivées dans les exploitations d'agrumes, en particulier à Milis. Au XIXe siècle, dans son dictionnaire géographique-historique-statistique et commercial de la Sardaigne, Casalis (1833-1856) parle beaucoup de la Pompia et de son utilisation dans les gâteaux lorsqu'il décrit les villes de Siniscola et Orosei. Lui aussi mentionne le *spompia* (*Citrus monstrosa*) parmi les cédratiers, cultivé en même temps que le type *volgare* et le *cidru piticcu*, dans les vallées irriguées (*veghe*) de Milis et dans les jardins de Sassari.

À partir de ce fruit inhabituel, se propageant par graine, transformé et consommé pendant des siècles dans les familles, la Pompia commence seulement à l'heure actuelle à se répandre et à être

valorisée comme un produit typique en dehors de la zone locale. À la fin des années 1990, la municipalité de Siniscola a promu diverses initiatives, dont la mise en place de vergers de Pompia couvrant maintenant plus de 4 hectares et ayant également permis le succès de projets d'insertion sociale de patients de centres psychiatriques. La transformation traditionnelle de l'albedo du fruit en produits de confiserie uniques et renommés, a aussi commencé à se répandre dans la péninsule italienne : de petites exploitations artisanales ont créé, en 2004, un projet de *slow food* destiné à protéger les produits traditionnels obtenus à partir de Pompia grâce à un cahier des charges de production. D'autres initiatives promotionnelles ont été lancées par l'*Istituto d'Istruzione Superiore Michelangelo Piras* de Siniscola qui a déjà créé une exploitation expérimentale de Pompia couvrant environ 3 hectares ; sa production, en partie utilisée localement, est également destinée à une société régionale qui se consacre à la recherche, au développement et à la commercialisation de produits phytothérapeutiques naturels innovants. Grâce à ses recherches consacrées à la production et à la transformation de Pompia, l'Institut M. Piras a obtenu des financements publics et privés voués à l'achat d'infrastructures technologiques modernes et à la création d'un laboratoire de transformation agro-industrielle qui d'une part, stimule une véritable entreprise agro-alimentaire et d'autre part, stimule les activités des professeurs et des étudiants dans la préparation de produits nouveaux, traditionnels et innovants à base de Pompia. Ces produits sont tous caractérisés par une qualité élevée et une traçabilité complète du processus agro-industriel comprenant confitures, sels de tables aromatisés et huiles d'olive parfumées à la Pompia. Récemment, la municipalité de Siniscola – qui a collaboré avec l'Université de Sassari au projet *Interreg Mare di agrumi* –, s'est officiellement définie comme la « ville de la Pompia ».

Aires de diffusion et de culture

Malgré la forte valeur ajoutée potentielle de la transformation des fruits, la culture de la Pompia, autrefois répandue dans les différentes exploitations d'agrumes de Sardaigne, se limite désormais à la région géographique de la Baronie où se trouvent des plantes éparses ou de petites surfaces plantées généralement situées sur les communes

de Posada, Lodé, Torpé, Budoni, San Teodoro et, surtout, Siniscola. Actuellement, cette aire de culture de la Pompia occupe moins de 1% du total des agrumes présents en Baronie, avec seulement une dizaine d'hectares spécialisés, alors que la culture mixte prévaut avec environ 2 000 arbres. La production réelle, très hétérogène, montre généralement de grandes possibilités d'amélioration par rapport à la production potentielle. Malgré la forte tradition de plantation et de transformation de ces agrumes ainsi que la capacité avérée de les transformer en une diversité de produits de qualité et d'attractivité commerciale élevées, il n'existe actuellement aucune véritable chaîne structurée de production, de transformation et de distribution.

L'environnement pédoclimatique et son influence sur les caractéristiques organoleptiques

Certaines cultures d'agrumes se caractérisent en Sardaigne par des productions de niche traditionnelles de diverses variétés locales ou d'origine lointaine, et de qualité très élevée. La principale aire de culture de la Pompia, située sur la côte Est de l'île, présente un climat doux, assuré par la proximité des montagnes (protection) et de la mer qui tempère les températures hivernales restant ainsi élevées et sans gelées.

Le vent contribue à réduire le taux d'humidité de l'air et le développement d'agents pathogènes avec lesquels la plante cohabite plutôt bien puisqu'elle a un caractère assez rustique. Les sols sont adaptés à la culture des agrumes : limoneux, fertiles et profonds, neutres, exempts de calcaire et sont généralement en fond de vallées ; sur des alluvions récentes ou des conglomérats ou des grès éoliens de l'Holocène, ou situés près de rivières ou de torrents traversant la région et permettant l'irrigation des cultures.

Utilisations

La Pompia est un fruit tout à fait apte à la transformation grâce à ses caractéristiques physico-chimiques et à sa qualité organoleptique élevée. Comme Casalis le disait déjà au XIX^e siècle, la Pompia est tra-

ditionnellement utilisée en Baronie pour la préparation de fruits confits appelés *S'aranzata* et *Sa pompia intrea*. La *S'aranzata* est composée de lanières d'épicarpe blanchies puis cuites dans du miel avant d'être mélangées à des amandes et à des tranches de Pompia. Une fois refroidi, ce mélange est coupé en losanges et servi sur des feuilles d'agrumes (**Fig. 4.23**).



Fig. 4.23 : *S'aranzata* (© G. Nieddu-Uniss)

Sa pompia intrea est obtenue exclusivement à partir de l'épais mésocarpe (albédo) qui est séparé des autres parties du fruit, en enlevant l'exocarpe (partie superficielle du zeste) et en vidant l'endocarpe (pulpes et quartiers, **Fig. 4.24, a** et **b**). L'albédo entier (**Fig. 4.24., c**) est ensuite blanchi et cuit dans du miel des heures durant à feu doux (**Fig. 4.24, d**), jusqu'à ce qu'il atteigne une couleur ambrée dorée (**Fig. 4.25**)



Fig. 4.24 : Phases de préparation de la « Sa pompia intrea » (© G. Nieddu-Uniss)



Fig. 4.25 : Albédo transformé de la Pompia en « Sa pompia intrea » (© G. Nieddu-Uniss)

Ayant révélé sa valeur dans différentes préparations culinaires aussi bien sucrées que salées, la Pompia se prête à de multiples combinaisons avec la viande, le poisson, le fromage et le vin grâce à ses caractéristiques aromatiques uniques.

Les utilisations les plus récentes du fruit comprennent les liqueurs, obtenues par macération de l'épicerpe, les confitures, faites avec le fruit entier ou le mésocarpe et l'aromatisation des bières ou d'autres produits alcoolisés, tels que le gin obtenu à partir de baies de genièvre local ; tout cela souligne comment

toutes les différentes parties du fruit peuvent être transformées et sans laisser de déchets. Outre l'amélioration potentielle des performances de production agro-alimentaire de la Pompia, de récentes études du Département des Sciences Biomédicales de l'Université de Sassari ont montré qu'il est possible d'extraire de l'épicerpe du fruit une huile essentielle riche en principes actifs très importants dans le domaine de la pharmacologie puisqu'elle s'est révélée être : anti-inflammatoire, antibactérienne, antivirale et antimycotique. Les résultats de ces recherches ont donc motivé et stimulé une application industrielle et commerciale innovante de « sa pompia » de Siniscola, en exploitant un sous-produit précédemment considéré comme un déchet. Les propriétés thérapeutiques et l'utilisation phyto-pharmacologique de la Pompia représentent aujourd'hui un point fort de la production de cet agrume visant d'une part à encourager la protection de ce fruit et de sa biodiversité et d'autre part à entreprendre de nouvelles études sur ses propriétés et son potentiel industriel et commercial.

Principaux aspects relatifs à la culture

Dans la région sarde de la Baronie, la Pompia est principalement cultivée sur des sols alluviaux, sur des sols limono-argileux (c'est-à-dire équilibrés en argile, limon et sable), fertiles, profonds, avec une bonne teneur en matières organiques, perméables et bien drainés. Les sols argileux et, en général, tous les sols impropres à l'irrigation sont donc évités, en raison de leurs caractéristiques physico-chimiques, topographiques et hydrauliques, comme le montre à titre d'exemple le tableau suivant (Tab. 4.1).

Tab. 4.1 : Caractéristiques et valeurs pour l'évaluation des classes de sensibilité à l'irrigation (d'après Aru *et al.*, 1986 - Carte des sols des aires irrigables en Sardaigne)

Caractéristique	Classe 1 cultivable	Classe 2 cultivable	Classe 3 cultivable	Classe 4 Seulement arable ou pour des usages spécifiques
<i>Sol</i>				
Structure *	L, LA, LAL, LSA, LS, A, bien structuré	de AS vers A et S moyennement structuré	de A vers S faiblement structuré	idem classe 3
Profondeur du sol cm	> 80	80 - 50	50 - 35	< 35
Affleurement rocheux %	absent	< 2	2 - 10	10 - 20
Pierres en surface %	< 0,1	0,1 - 3	3 - 15	> 15
Drainage	normal	lent	très lent ou rapide	absent ou très rapide
Degré d'altération des minéraux	peu altérés	Moyennement altérés	altérés	très altérés
Calcaire %	3 - 25	25 - 50	> 50	> 50
Salinité	absente	absente	moyenne	de moyenne à élevée
<i>Topographie</i>				
Pente %	< 10	10 - 20	20 - 30	> 30
Risques d'érosion	modérés	modérés	élevés	d'élevés à très élevés
<i>Drainage</i>				
Sol et topographie	aucun drainage n'est nécessaire	drainage requis réalisable à bas coût	drainage requis, onéreux mais faisable	idem classe 3
Classe de drainage	bien drainé	de bien drainé à moyennement drainé	de peu drainé à excessivement drainé	idem classe 3*

L= Limoneux ; LA= Limono-argileux ; LAL= Limono argileux fin ; LSA= Limono argilo sableux ; LS= Limono-sableux ; A= argileux ; S= sableux.

Dans le passé, la Pompia se propageait par graine. Cette méthode de multiplication a peut-être facilité la diffusion de types locaux via la germination d'embryons zygotiques. Le territoire de production accueille cependant aussi de nombreux spécimens d'un certain âge greffés sur bigaradier, tandis que les plantations les plus récentes ont été faites à partir de matériel de pépinière produit à partir de quelques plantes mères multipliées par greffage sur le bigaradier.

LE CITRON DE MASSA OU MASSESE

Citrus limon (L.) Burm.

Origine et faits historiques

Les éléments historiques suivants traitent des agrumes (citronnier et oranger) cultivés dans la région de Massa. Les expertises agricoles de Massa de 1398³³, mais plus encore celles de 1427, montrent que les citrons sont clairement inclus dans les cultures en campagne, se plaçant même parmi les cultures prédominantes comme celles de l'olivier, de la vigne, des céréales et des légumineuses, dans le contexte d'une arboriculture qui comprend une grande diversité d'arbres fruitiers, surtout des poiriers, des pommiers, des figuiers et des cerisiers.

Le bon développement du citronnier dépend beaucoup de la position et de la localisation des lieux où il est implanté : ils doivent être ensoleillés, protégés et surtout riches en eau d'irrigation, élément fondamental à leur bon développement. Les canaux de Lavacchio et de Castagnola en particulier sont précieux pour l'approvisionnement en eau des cultures d'agrumes et les producteurs respectent des normes très anciennes quant à leur utilisation. Le Statut de Massa datant de 1542 indiquait quelles devaient être les périodes de cueillette ainsi que les niveaux de taxes applicables.

La culture des agrumes s'étend encore davantage au XVI^e siècle ; elle devient plus variée et plus riche avec des cédratiers, des orangers, des citronniers et toute leur diversité variétale. La famille

³³ Mario Études territoriales qui avaient pour but de cataloguer, mesurer et déterminer les actifs, les propriétés et les activités économiques.

Malaspina, qui dirigeait la ville à l'époque, fut la première à planter des agrumes dans ses jardins où ils poussèrent vigoureusement. Les Médicis, ouverts et clairvoyants, voulurent des plants d'agrumes de Massa pour leurs Jardins de Boboli à Florence.

Lorsque le gel de 1549 fit périr une grande partie de ces plantes, elles furent remplacées dès les années suivantes (1550-1551).

La correspondance de l'époque, et les suivantes jusqu'en 1700, montrent à quel point les paysans de Massa ne voulaient pas trop travailler pour leurs agrumes, on peut y lire par exemple : « pour ne pas se fatiguer, ils ne les protègent même pas du froid ». C'est ainsi que tous les 20 ou 30 ans, ils étaient détruits par des gelées. Au milieu du XVI^e siècle, la naissance de Massa Cybea ou de la famille Cybo (une famille de Gênes) a déterminé, avec la formation d'une agglomération urbaine plus cohérente et active, un essor économique appréciable pour toute la région. L'agriculture profite également de la venue d'étrangers qui affluent dans la petite ville en y apportant leur intérêt, des initiatives et des capitaux. Le centre habité, ceint de murs, voit la naissance de plusieurs jardins autour des maisons. Outre un potager, ils accueillent des arbres fruitiers, surtout des orangers et des citronniers. Les pentes collinaires autour de Massa changent, au moins en partie, de physionomie : les oliviers, les vignes et les mûriers y poussent à la place de la végétation originelle et les agrumes y apparaissent également, colorant les pentes qui descendent vers la ville de leur feuillage brillant et sombre, magnifiquement illuminé de l'or miroitant de leurs fruits.

Dans un tel décor, oeuvre de la nature associée au travail de l'homme, les plantations d'agrumes forment des espaces bien délimités et se présentent à l'œil comme des bosquets où les plantes se serrent les unes contre les autres presque pour faire masse contre les rigueurs de l'hiver. Alberti, dans sa *Descrittione di tutta Italia*, évoque le paysage de Massa à la fin de la Renaissance comme principalement caractérisé par la présence d'agrumes en le dépeignant comme « un jardin vague, puisque tel peut être dénommé tout ce pays, étant plein de ruisseaux clairs et frais, de gracieuses collines, d'épaisses forêts de cédratiers, d'orangers et d'oliviers, bref, de toutes les choses les plus agréables et les plus utiles que produit la nature ».

Mais c'est surtout au pied de la Brugiana, où au milieu d'épais bosquets de bigaradiers, de citronniers et de cédratiers s'élèvent les villes de Ripa, Castagnetola et Lavacchio, que se localise la zone la plus propice aux agrumes : en effet, leurs cultures bénéficient de conditions idéales de développement et poussent de manière florissante, s'étendant et descendant vers les bords du Frigido. Les alentours de Borgo del Ponte, Colle et Volpigliano offrent des conditions presque aussi favorables aux agrumes ; le spectacle des jardins luxuriants d'orangers et de citronniers est donc presque identique des deux côtés du fleuve.

Les Statuts de Massa (1542) révèlent que la cueillette des agrumes était soumise à une taxe variant de 4 *bolognini*³⁴ pour « chaque sac de citrons chargé sur les mulets et les chevaux ». Les agrumes portés sur les épaules « non destinés à la vente » étaient exonérés de cette gabelle. Cela signifie donc que les agrumes entraient chaque année dans le flux de la production agricole destinée à l'exportation.

Les souverains de Massa consacrèrent une attention particulière aux agrumes qui, en plus de constituer une petite manne financière pour leur famille, étaient le principal ornement de leurs jardins. Après la mort de sa mère Ricciarda Malaspina en 1557, Alberico Cybo, l'héritier de la couronne de Marquis, transféra les citronniers du jardin des Malaspina du Prado à celui du Camporimaldo qui sera appelé plus tard *Pomerio Ducale* (le verger du Duc). Le souverain voulut en faire un lieu de délices et c'est ainsi que naquit le *viridarium magnum* (grand jardin d'agrément) au milieu des jardins potagers.

Ce jardin, parmi d'autres arbres fruitiers, accueillait également des citronniers, plantés contre les murs qui délimitaient les vergers. Il y avait plusieurs variétés dont ceux qui étaient dénommés à l'époque les *puncigli*, plusieurs fois cités dans les textes mais difficilement identifiables, et enfin les *limoncelli doux* placés dans les coins les plus protégés, comme le suggérait l'expérience.

De tout cela, il ne reste aujourd'hui qu'un portail. Les destructions d'après-guerre, l'avènement du commerce et de la consommation

³⁴ *Bolognino* : Henri VI (1165-1197), Empereur du Saint-Empire, accorda à la ville de Bologne le privilège de frapper une monnaie, cette monnaie locale prit le nom de *Bolognino*.

à outrance ont dévasté, outre la terre envahie par des bâtiments, à l'heure actuelle en grande partie désaffectés, les statues qui ornaient le *pomerio* (jardin) et qui ont disparu, au cours du temps.

La médecine, la gastronomie et l'art de la confiserie puisaient dans les ressources offertes par les écorces, les jus et les pépins des agrumes. Et, si dans la cuisine des riches de l'époque, ils servaient à préparer des plats variés et désaltérants, le buffet du souverain contenait tout ce que le citron pouvait donner de plus utile et de plus voluptueux : des essences médicinales aux parfums, en passant par les fruits confits les plus communs aux bonbons les plus recherchés. Du fait de ces différentes utilisations, on peut dire que, parmi les arbres fruitiers, les agrumes étaient peut-être les plus appréciés et sans aucun doute les plus rentables. Cela est démontré par le fait que dans les contrats de location des terrains les propriétaires ont toujours réservé les aires plantées d'agrumes pour leurs propres usages et consommation. En outre, l'utilité des agrumes était particulièrement évidente lors des épidémies puisqu'ils prévenaient les maladies et renforçaient les organismes.

Marco Busato dans son *Giardino di Agricoltura*, disait que « l'odeur du citron ou du cédrat était très utile en période de peste », déjà à cette époque, on lui reconnaissait une forte efficacité thérapeutique.

En 1624, lorsqu'une épidémie éclata - probablement la peste -, les villes touchées firent une demande exceptionnelle d'agrumes et le prince de Massa, Charles I Cybo, fut alarmé de constater qu'ils avaient ramassé « une telle quantité d'oranges et de citrons, qu'il en restait peu à cause de ces envois continus ». Face à de tels événements, comme la prudence dictait de ne pas se priver des stocks d'agrumes nécessaires à la défense sanitaire locale, le prince bloqua toute exportation d'agrumes.

Il y avait essentiellement deux variétés de citron cultivées à des fins commerciales : les citrons locaux de Massa, de type *del verno* ou *scorzoni* qui mûrissaient de novembre à mars, et les citrons de Sanremo ou *sanremini* qui mûrissaient de mai à septembre. La vente se faisait donc tout au long de l'année. Les caractéristiques spécifiques du citron de Massa étaient sa peau épaisse qui était idéale à confire sans parler de son arôme ainsi que « la qualité de son acidité et sa

longue tenue ». Le citron de Sanremo avait en revanche une peau fine, lisse et beaucoup de jus. Les citrons de Massa sont plus aigres et plus conservables que ceux de Gênes et de Naples ; ils étaient très demandés par les marins car, une fois cueillis, ils sècheaient sans pourrir et, même secs, ils conservaient leur jus.

Une correspondance des Archives de Lucques datant de 1812, lors de l'admission de Napoléon au Royaume, indique les variétés d'agrumes : *citronniers de première qualité, de seconde qualité ; cédratiers, cedrini, bergamotiers, pomi d'arancio, Meraviglia*.

Mais on y trouve également dans la dot de trois « vieilles filles » de Massa à promettre en mariage avec des messieurs de Lucques, entre autres choses : une plante de citron doux Massese.

Raffaelli, dans sa monographie historique de la Toscane datant de 1881, en évoquant les produits du territoire de Massa, dit qu'ils « sont cultivés avec une affection particulière et dans des proportions non indifférentes, les orangers et les citronniers, qui, pour leur parfum, pour l'abondance de jus qu'ils contiennent et pour la finesse de leur peau, passent avant ceux de la Riviera de Gênes et des régions du Sud. C'est pour ces raisons que les agrumes du Cav. Luigi Magnani di Massa ont reçu la médaille d'argent au Concours Agricole de Gênes en août dernier ».

Au début du XIXe siècle, les citronniers sont en plein essor. On commence à payer de 3 à 10 lire les 100 citrons. Avec l'unification de l'Italie, des maladies apparaissent également dans la région de Massa : il est question en particulier d'une *dyscrasie lymphatique* ou maladie des gommoses. Vers 1890, les taxes sur les agrumes ont été augmentées et, soudain, les plantes ont commencé à beaucoup moins produire. En revanche, leur rendement augmente fortement avant la Grande Guerre et avant la Seconde Guerre mondiale même si les surfaces plantées (de 12-15 hectares au XV^e aux 60 hectares du siècle dernier) sont toujours peu significatives.

Avec la Seconde Guerre mondiale, qui a vu Massa à la frontière de la ligne gothique³⁵, les surfaces plantées se réduisent considérablement. L'industrialisation du territoire, même si elle l'a sorti d'une

³⁵ La ligne gothique désignait une ligne de fortifications située le long des Apennins, dans le nord de la péninsule italienne. Elle avait pour but de stopper la progression des armées alliées.

grande misère, a définitivement annulé à la fois les vergers d'agrumes et les connaissances qui y étaient liées.

Aujourd'hui, le citron de Massa ou citron Massese fait partie des produits agricoles et alimentaires traditionnels de la Toscane.

La plante et ses principaux descripteurs

On ne peut pas parler « du » citron de Massa, mais plutôt « des » citrons de Massa, car ce nom identifie plus d'un type de citron ayant des caractéristiques morphologiques et technologiques distinctes et qui, peut-être, pourront bientôt être précisées avec des analyses génétiques. La forme de la plante est élargie et tend à s'évaser latéralement.

Les branches contiennent peu d'épines, sporadiques, de 8 à 10 cm de long. Les bourgeons végétatifs produisent des pousses vertes puis des feuilles persistantes, qui resteront vert foncé pendant des années. Dépourvues d'ailes pédonculées, elles sont d'une forme légèrement ovoïde avec une longueur moyenne de 12 mm, une largeur de 6 mm et une épaisseur légèrement supérieure à 0,1 mm. L'apex est aigu, le bord est denté avec quelques dents inclinées vers l'apex de la feuille. Le bouton floral est d'un rouge brillant, en bouquets de 2 à 3 fleurs avec un pédoncule de 5 à 6 mm. Le fruit est ellipsoïdal, faisant 8-11 cm de long et 5-8 cm de large, avec une base concave et un apex mamelonné (**Fig. 4.26**). La peau est jaune avec une bonne brillance, papillée - bosselée avec un bon nombre de glandes à huile essentielle ; l'albédo blanc est difficile à détacher, la chair peut être jaune ou verte selon les cultivars. Les segments, réguliers et nombreux (plus de 10) peuvent facilement être séparés les uns des autres. L'axe central est plein, tandis que la pulpe n'est pas très homogène. Les pépins lisses, d'une couleur allant du blanc au jaunâtre, peuvent être (toujours pour les raisons mentionnées ci-dessus) clavés ou ovoïdes. Il y a toujours plusieurs embryons. La floraison est précoce puisque les fleurs apparaissent en février et, à la même période, il y a déjà quelques fleurs pollinisées. De ce fait, la maturation est précoce et se poursuit tout au long de l'année en raison de la forte refleuraison (variétés remontantes). C'est une variété rustique qui résiste bien aux principales maladies.



Fig. 4.26 : Fruits de citron de Massa sur l'arbre (© P.P. Lorieri)

Principaux aspects de sa culture

Dans l'Antiquité comme aujourd'hui, les aires de culture sont les aires de la Vallée du Mont Brugiana, exposées au sud et constituées de sols fertiles, adjacents à des jardins potagers, souvent fréquentés par des poules et donc riches en substances organiques et neutres en terme de balance acido-basique. Quelques rares vergers d'agrumes se sont développés dans les régions viticoles de Candia constituées de collines de grès sédimentaire ayant une assez bonne acidité.

La multiplication des plants s'effectue généralement par voie végétative, par marcottage ou greffage sur bigaradier.

Dans la culture traditionnelle et historique, les plantes sont souvent disposées côte à côte pour pouvoir former un espalier et plantées à très haute densité (moins de 2 mètres d'une plante à l'autre) généralement pour les protéger du froid.

En effet, les producteurs italiens, fidèles à leurs anciennes coutumes, ne couvrent pas les plantes pour les protéger du gel car ils sont partisans de l'autodéfense : en cas de gel, les plantes les plus externes sont sacrifiées pour défendre les plus internes. Normalement, une taille légère est effectuée pour enlever uniquement les rejets juvéniles excessifs (gourmands) et les rameaux secs.

Dans l'Antiquité, comme nous l'avons mentionné auparavant, il existait un système d'irrigation aujourd'hui disparu. L'irrigation - actuellement utilisée uniquement en situation d'urgence - provient souvent de l'aqueduc municipal.

L'ORANGE DE MASSA OU MASSESE

Citrus sinensis (L.) Osb.

Origine, faits historiques, aires de diffusion et de culture

Au Moyen-Âge, la ville de Massa était connue pour sa production d'ail, d'oignon et d'orange. Les orangers ont dans un certain sens anobli la ville grâce à leur qualité ornementale. Pourtant, les vergers d'agrumes sont toujours restés secondaires par rapport à d'autres cultures du panorama de Massa, en particulier la vigne et l'olivier. Par rapport au reste de la péninsule, la surface plantée d'agrumes est si petite qu'elle ne mérite pas, à première vue, d'être prise en compte dans l'histoire de l'agriculture de ce territoire. Cependant, les cédratiers y existent depuis le III^e ou le IV^e siècles, sans parler des différents chroniqueurs médiévaux qui en font explicitement mention. Les cédratiers apparaissent également (avec les orangers, ou probablement des bigaradiers) dans les jardins décrits par Boccaccio (1313-1375) et Sacchetti (1335-1400) qui font écho à Pétrarque dans un passage de son *De Rebus familiaribus* (1362) dans lequel il exalte la Riviera ligure et y admire les « *rigidos colles cedro Bromique atque olea vestitos* » (les collines ont été revêtues de solides cédratiers et oliviers). Pietro de Crescenzi, (1471) le plus grand agronome du Moyen-Âge, les évoque également dans son célèbre *Opus ruralium commodorum*.

L'hypothèse selon laquelle l'oranger ou le bigaradier aurait été installé depuis le XIII^e siècle sur la bande côtière de la Lunigiana jouissant de conditions climatiques particulières est plausible, mais il est nécessaire d'approfondir les recherches. Des témoignages fiables remontent en revanche à la première moitié du XIV^e siècle (quand Massa était l'un des vicariats de Lucques), mais cela n'est pas surprenant puisque les plantations de bigaradiers étaient déjà à cette époque, répandues en Toscane et en Ligurie, pour ne parler que du centre de la Péninsule italienne. Le bigaradier puis l'oranger sont mentionnés dans les diplômes, les expertises, les actes notariés, les impôts, etc... des XIV^e et XV^e siècles ; les expertises agricoles de Massa (1389), territoire privilégié pour la culture des agrumes, ne mentionnent que des orangers ou des bigaradiers, tout comme les impôts. Ceux de Pietrasanta et Lucques fournissent également des données

sur le commerce de l'orange forte ou *amaro* (orange amère ou bigarade) qui pousse sur les arbres de nos jours mais qui, à l'époque, était fort recherchée et donnait lieu à un grand commerce. Sur le territoire de Massa, les agrumes étaient cultivés en cultures mixtes alors qu'une seule orangerie en tant que plantation spécialisée, pour ainsi dire, est connue sous le nom de *viridarum aranceorum*, comme en témoigne un parchemin remontant à 1339.

Les expertises agricoles de Massa de 1398, mais plus encore celles de 1427, décrivent les orangers (ou bigaradiers) comme faisant parti des cultures en campagne, se plaçant même parmi les cultures prédominantes comme celles de l'olivier, de la vigne, des céréales et des légumineuses, dans le contexte d'une arboriculture qui comprend une grande diversité d'arbres fruitiers, surtout des poiriers, des pommiers, des figuiers et des cerisiers. Le bon développement de l'oranger dépend principalement de la position et de la localisation des lieux où il est implanté : ils doivent être ensoleillés et protégés, riches aussi en eau d'irrigation qui revêt une importance fondamentale pour leur bon développement. Les canaux de Lavacchio et de Castagnola en particulier sont précieux pour l'approvisionnement en eau des vergers d'agrumes, et les producteurs respectent des normes très anciennes quant à leur utilisation.

Quoi qu'il en soit, au XV^e siècle, la culture de l'oranger était prospère d'un point de vue économique : une grande quantité d'oranges était exportée vers la région de Lucques et la Lunigiana, et même au-delà de la Cisa, vers la région de Parme, ce qui indique une production supérieure aux besoins locaux, destinée à soutenir un petit commerce avec les régions voisines.

Mais l'agrumiculture prend de l'ampleur au XVI^e siècle en devenant plus variée et plus riche puisqu'elle englobe les cédratiers, les citronniers, les orangers et toutes leurs variétés. La famille Malaspina, qui gouvernait toute la région, fut la première à en faire pousser dans ses jardins où, surtout les orangers étaient particulièrement luxuriants. Les Médicis, ouverts et clairvoyants, voulurent des plantes d'agrumes de Massa dans leurs Jardins de Boboli à Florence pour, entre autres, leurs caractéristiques pharmaceutiques qui étaient reconnues à l'époque, notamment celles de l'orange de Massa.

La plante et ses principaux descripteurs

L'oranger de Massa ou Massese (**Fig. 4.27**) se propage traditionnellement par greffage sur bigaradier (*C. aurantium*), ainsi que par marcottage. Il est important de préciser que l'oranger greffé sur bigaradier est sensible à la Tristeza, maladie transmise par les pucerons et aujourd'hui présente dans l'ensemble du bassin méditerranéen.



Fig. 4.27 : Oranges de Massa sur l'arbre (© P.P. Lorieri)

L'arbre a une forme ronde, un développement lent, les branches principales sont peu nombreuses, généralement bien réparties et dépourvues d'épines. Les pousses sont d'une couleur verdâtre comme les feuilles. Celles-ci ont une forme lancéolée, mesurent entre 10 et 14 cm de longueur, entre 5 et 7 cm de largeur, environ 0,2 mm d'épaisseur et ont un apex pointu ; leurs bords présentent une légère dentelure dans le sens de la longueur de la feuille que l'on ne sent qu'en caressant le bord dans la direction opposée. Elles ont un pédoncule dépourvu d'ailettes.

Le bouton floral est vert, généralement en bouquets ou en grappes avec un pédoncule (2-3 mm). Les fleurs sont blanches. Le fruit est jaune, sphéroïdal, avec une base concave et un apex tronqué ; son épiderme, allant du rugueux au papillé, est assez brillant et avec une bonne densité de glandes à huile essentielles (entre 40 et 60 par cm²). L'épicarpe a une épaisseur d'environ 2 mm avec un albédo qui se détache facilement.

Le mésocarpe, dans la partie médiane, mesure environ 3-4 mm. L'albédo est jaune alors que la pulpe est d'une couleur orangée, avec 7-8 segments parfaitement égaux qui se détachent facilement les uns des autres, l'axe central étant complètement creux.

Le fruit comporte plusieurs pépins ondulés de différentes formes et, dans le même fruit, ils peuvent être semi-clavés, ovoïdes ou cunéiformes et blancs, formés de plusieurs embryons.

Principaux aspects relatifs à la culture

Les aires et les techniques de culture actuelles utilisées sont identiques à celles du citron de Massa ou Massese (Vallée du Mont Brugiana exposée au Sud). Cet oranger a une bonne résistance aux principales maladies jusqu'à présent connues sur le territoire et aucun traitement phytosanitaire n'est appliqué.

AUTRES AGRUMES MINEURS

D'autres agrumes, cultivés sur des surfaces extrêmement réduites, c'est-à-dire dans des jardins privés ou de toutes petites parcelles chez certains producteurs, peuvent susciter la curiosité autour de la grande biodiversité des agrumes.

Certains d'entre eux, introduits récemment, sont devenus « à la mode » comme le « citron caviar », ou le « citron vert » (appelé aussi lime) ; d'autres en revanche sont l'écho d'un passé économique bien plus important qu'à l'heure actuelle, car ils sont cultivés sur de grandes surfaces et font l'objet d'un commerce considérable, tant pour leur consommation en fruit frais que pour d'autres utilisations, alimentaires ou non alimentaires, voire même religieuses.

Dans certains cas, des arbres isolés, parfois centenaires que l'on peut voir aujourd'hui dans les jardins municipaux des villes côtières, ou sur le terrain de villas et de vieilles propriétés, sont tout ce qui reste des anciens vergers d'agrumes, d'abord réduits puis complètement arrachés pour faire place aux agglomérations urbaines, aux voies ferrées et aux routes. En Ligurie par exemple, à l'est de Sanremo, les pentes douces qui descendaient vers la mer accueillaient d'impressionnantes plantations d'agrumes, tout comme, toujours en Ligurie, les terres entre Finale Ligure Marina et Finalborgo qui étaient largement cultivées en agrumes lesquels se disputaient les versants des collines avec les abricotiers et les pêchers.

On ne dispose aujourd'hui que d'une histoire fragmentée qui resurgit de photographies en noir et blanc, d'actes notariés, de lettres et autres documents, souvent sauvés par hasard, uniquement parce qu'ils ont été oubliés au fond d'un tiroir. Peu de pratiques culturelles, de conservation et de commercialisation de ces produits nous sont parvenues, ce qui limite les informations techniques à quelques courtes lignes.

Le citron de Menton

Citrus limon (L.) Burm.

Le citron est cultivé sur la Côte d'Azur depuis le XV^e siècle et à Menton il atteint son apogée au début du XIX^e où l'on y comptait jusqu'à 80 000 citronniers. La culture du citron a depuis connu un réel déclin, supplantée par l'activité touristique et l'urbanisation. Depuis les années 80, les pouvoirs publics locaux ont mené des actions incitatives à la replantation et à la promotion du citron pour sauver cette culture traditionnelle. Les vergers et jardins sont de petites tailles et organisés en terrasses ne permettant pas une culture mécanisée mais offrant en contrepartie une production de qualité optimale.

Le citron de Menton n'est pas une variété à part entière, du moins elle ne paraît pas différente de la variété Eureka ou Quatre saisons. Cela étant, les conditions environnementales spécifiques à la commune de Menton (relief élevé, exposition plein sud, à proximité de la mer qui protège des vents froids du nord en hiver et tempère les varia-



Fig. 4.28 : Structure confectionnée d'agrumes lors de la fête du citron, Menton février 2007 (© F. Curk-INRAE)

tions thermiques) et un ensoleillement sur une bonne partie de l'année, offrent des conditions optimales à la culture des agrumes et surtout du citron. Cet environnement, associé aux techniques culturales locales, contribue à la qualité des citrons, reconnue depuis 2015 par le label européen « Indication Géographique Protégée » (IGP). Dans le cahier des charges de l'IGP la culture de plusieurs variétés est autorisée : Adamo, Cerza, Eureka, Santa Teresa, Villafranca et une variété dénommée localement *citron de Menton*.

Depuis la fin du XIX^e siècle une fête est organisée par la ville, fin février, célébrant la culture du citron, qui mêle des défilés de chars et des structures pouvant atteindre plusieurs mètres de haut (**Fig. 4.28**), décorés de citrons et de bigarades. Pour cette festivité environ 120 tonnes d'agrumes en provenance d'Espagne sont utilisées. La petite production de citrons de Menton étant réservée à la commercialisation en fruit frais.

La composition des sols (calcaires) et les pH basiques imposent l'utilisation de porte-greffe tolérant ces conditions (le citron Volkamer, également appelé *volkameriana*, ou le bigaradier).

En 2016, avec 16 producteurs habilités en IGP *citron de Menton*, la production de citron de Menton a légèrement dépassé les 100 tonnes. On estime le potentiel de production à plus de 150 tonnes pour un verger d'environ 30 ha en constante augmentation. Aujourd'hui les citrons de Menton catégorie Extra et catégorie 1, se valorisent entre 4 et 6 Euros le kilogramme contre 2 Euros en moyenne pour un citron commun.

Le citron de Sanremo

Citrus limon (L.) Burm

C'est une plante vigoureuse et très productive puisqu'elle fleurit toute l'année (« quatre saisons »). Les fruits (appelés localement *bugnetta* ou *bignetta*) sont généralement de forme allongée avec une chair juteuse et une peau plutôt fine. Si on veut avoir une image de la Ligurie à la fin du XVIII^e siècle, l'affirmation de Ferrari (Ferrari, 2005) en est une très bonne illustration : « *Citris pomarijs ornntissima* » (des vergers d'agrumes d'une grande richesse).

La culture des agrumes a caractérisé non seulement l'économie agraire de l'Ouest de Sanremo, mais aussi de l'Est de Rapallo, même si les méthodes de culture différaient entre les deux localités : à l'Ouest, les exploitations étaient souvent conduites en monoculture (irrigation spécialisée et adaptée à la culture des arbres fruitiers), alors qu'à l'Est, ils avaient tendance à faire de la culture mixte.

Le problème fondamental était cependant l'irrigation : à l'ouest de la Ligurie, les longs étés se caractérisaient souvent par de la sécheresse, au point d'inciter les autorités locales à adopter de véritables lois *aighe in deveu*³⁶ selon lesquelles le clocher de San Siro - qui sonnait également les quarts d'heure pendant les 24 heures - indiquait les applications d'eau, limitant ainsi le gaspillage. À Rapallo, la situation était tout à fait différente car les cultures bénéficiaient d'une pluviométrie plus importante et plus fréquente.

Les fruits récoltés étaient subdivisés en trois tailles avant d'être emballés dans des paniers spéciaux garnis de paille et expédiés vers les ports de la côte méditerranéenne. Ceux qui étaient destinés à la vente locale étaient laissés sur les arbres sans autre protection qu'un sac de papier sulfurisé afin de les protéger, plus que de tout autre chose, de l'humidité. Les arbres - citronniers, orangers et cédratiers - étaient fertilisés avec de la colombine (la fiente de pigeons séchée) ou de la corne broyée, du fumier et des déchets ménagers et, plus tard, avec du guano obtenu en échange de marchandises lors de voyages commerciaux en Orient. Les citrons les plus petits, non commercialisables, étaient pressés pour en extraire l'*agro* servant à fixer la teinture sur la laine et les tissus, ainsi qu'à prévenir le scorbut et l'avitaminose des marins qui naviguaient sur les routes commerciales.

Outre Sanremo et Rapallo, les documents cadastraux du XVII^e siècle montrent que les vergers d'agrumes étaient répandus dans le système classique de culture mixte, même s'il n'y avait aucune organisation collective. A Sanremo d'ailleurs, c'est la municipalité qui gérait la récolte, le tri jusqu'à la vente et toute la production était vendue aux enchères, la commercialisation était à tel point « étatisée » que le propriétaire ne pouvait même pas ramasser ses propres citrons ; ce

³⁶ *Aighe in deveu* : littéralement « eau utilisée ». Il s'agit des réglementations locales régissant les tours d'irrigation (1 tour = 15 minutes).

dernier avait la tâche de greffer, fertiliser et tailler les plantes puis d'emporter l'argent.

La municipalité de Sanremo vendait à son tour les citrons aux enchères et, étant le seul « producteur », c'est elle qui fixait les prix afin de favoriser le gain des exploitants et, par conséquent, de se garantir des rentrées fiscales. Ce système fit la fortune de Sanremo pendant des siècles : en 1662, 20 à 25 millions de citrons y ont été produits et, en 1756, la ville de Sanremo abritait à elle-seule entre 40 000 et 50 000 pieds d'agrumes.

Il est intéressant de savoir que les citrons de la qualité *bignetta* étaient recherchés pour leur plus grande quantité d'*agru* et surtout parce qu'ils ne moisissaient pas pendant le transport, ce qui était probablement dû aux facteurs climatiques locaux ; encore aujourd'hui, les citrons de Sanremo se flétrissent mais ne moisissent pas.

La production la plus importante se situait entre Sanremo, Bordighera et Vintimille. Dans la ville de Vintimille, la culture des agrumes a atteint son apogée au milieu du XIX^e siècle : en 1880, la récolte du citron s'élevait à 3 millions d'unités ; le territoire d'Ospedaletti en a produit 2 millions jusqu'en 1880.

Si Bordighera copie les Statuts de Sanremo en 1776 pour avoir une réglementation sur la culture des citrons, Menton n'a commencé la culture des agrumes qu'au XVI^e siècle et leur commercialisation au XVII^e siècle, comme en témoignent ses relations entre les Gismondi de Vintimille et la ville de Bordighera : pour la fête des citrons de Menton, c'est Vintimille qui y envoyait ses citrons. À Monaco comme à Nice, les agrumes sont cultivés depuis 1336. Les oranges appelées *Passa bei*³⁷ (plus que belles) des vergers d'agrumes irrigés par le Var produisent des fruits d'une qualité particulière.

³⁷ « A mesure que les oranges avancent vers leur maturité, elles sont vendues en gros ou par mille. En les cueillant on a soin de choisir les plus grosses et les mieux nourries, qu'on appelle à Nice *passa bei*, plus que belles ; elles ont au moins 6 centimètres de diamètre, sont enveloppées dans du papier gris, arangées dans des caisses au nombre de trois cents et envoyées dans le Nord sous le nom d'oranges en caisses flamandes ». 1813, A. Risso. Mémoire sur l'Histoire naturelle des Orangers, Bigaradiers, Limettiers, Cédratiers, Limoniers ou Citronniers, cultivés dans le département des Alpes-Maritimes ; suite et fin de ce mémoire. Annales du Muséum d'Histoire Naturelle, par les professeurs de cet établissement, tome vingtième, G. Dufour et compagnie, Paris. Pages 401 à 431.

Enfin, à la fin du XIX^e siècle, Vallebona n'était pas spécialisée dans la vente de citrons, mais dans la commercialisation de fleurs de citron pour en faire des bouquets de mariée, dont la plupart étaient vendus à Rome.

Les oranges de Muravera

Citrus sinensis (L.) Osb.

Muravera est une ville d'environ 5 000 habitants située sur la côte sud-est de la Sardaigne, dans une région de forte tradition agrumicole appelée le Sarrabus. Dans cette région, le fleuve Flumendosa, le deuxième plus long de Sardaigne, atteint la mer Tyrrhénienne, en traversant dans la basse vallée, en plus de la municipalité de Mureva, celles de San Vito et Villaputzu. Les agrumes étaient déjà présents sur la côte est de l'île depuis plusieurs siècles, comme l'indiquent les documents de transmissions patrimoniales datés entre 1130 et 1163 qui concernent également les « vergers de cédratiers » et la toponymie qui évoque ces cultures (par exemple en Baronie, le fleuve Cedrino, du Latin *Kedrinus*). Aujourd'hui, aux mêmes endroits, il reste différents types de vergers d'espèces et de variétés cultivées en fonction de différentes exigences économiques et de la demande des consommateurs. Actuellement, dans cette vallée, la culture des agrumes s'étend sur plus de 350 hectares et 170 producteurs d'agrumes sont réunis dans une coopérative fondée en 1966 qui traite chaque année 2 500 tonnes d'agrumes. L'importance de la culture des agrumes dans la région est également attestée par un « Festival des agrumes de Muravera » qui se tient en avril depuis 1961 et attire environ 30 000 visiteurs par an.

Le terme « agrumes de Muravera » ne se réfère pas réellement à une variété spécifique, mais à une série d'espèces et de cultivars principalement représentés par des oranges (**Fig. 4.29**), dont 40% d'oranges de type navel, tels que la Washington navel ou la Thompson et 20% de la variété Tarocco³⁸, de clémentines et de mandarines.

³⁸ Orange Tarocco : variété d'orange sanguine sélectionnée en Sicile, à gros fruits et très productive..



Fig. 4.29 : Orange de Muravera (© G. Nieddu-Uniss)

On retrouve dans beaucoup de vergers d'agrumes de cette région, en nombre réduit d'individus, un cultivar local appelé Tardivo di San Vito, particulièrement intéressant pour sa période de maturité tar-

dive. Ce cultivar est décrit dans le chapitre suivant de cet ouvrage.

Grâce à l'utilisation d'un itinéraire technique appliqué dans la région pendant plusieurs décennies, à tel point qu'il est considéré comme traditionnel, les agrumes de Muravera ont été inscrits dans la « Liste nationale spécifique des produits agroalimentaires traditionnels de la région Sardaigne » parmi les produits végétaux frais ou transformés ; dans cette liste, nous trouvons des agrumes ainsi que leurs dérivés tels que l'orange Tardivo di San Vito, la *Pompia*, la *sapa di arancia* et le *binu de aranciu*. La *sapa di arancia* est un jus obtenu à partir d'oranges mûres, cuit et mélangé avec des écorces d'orange séchées, du sucre ou du miel. Le *binu de aranciu* est une boisson alcoolisée obtenue par pressurage puis fermentation du jus d'orange de Muravera, additionnée de sucre ou de miel jusqu'à ce qu'il atteigne une gradation comprise entre 14 et 18 degrés ; par la suite, cette boisson doit être conservée dans des récipients en terre cuite, en verre ou en bois pendant une période d'au moins 36 mois.

L'orange Tardive de San Vito

Citrus sinensis (L.) Osb.

Il s'agit d'une orange d'origine locale, découverte dans la ville de San Vito et dans d'autres endroits du Sarrabus (Muravera, Villaputzu et Castiadas) à la fin des années 80, au cours d'un travail impressionnant de récupération et de mise en valeur de la collection de fruits sardes. Décrite pour la première fois en 1987 puis en 1994 (Agabbio et al., 1987 ; Chessa et al., 1994), la variété Tardive de San Vito, comme

son nom l'indique, est une variété tardive à pulpe blonde qui mûrit de mi-mars à mi-mai. Dans cette région géographique du sud-est de la Sardaigne, les plaines côtières inondables ont traditionnellement accueilli la culture des agrumes, comme en témoignent les historiens et les voyageurs qui se souviennent des oranges « (...) comme supérieures à celles de Milis et comparables à celles de Malte (...) » (Casalis, 1833 ; Della Marmora, 1860). Le passage de la culture mixte à la culture traditionnelle intensive, qui a eu lieu après la Seconde Guerre mondiale, a facilité l'expansion de la culture, l'identification et la conservation de certains types locaux, encore très répandus dans des aires limitées et protégées par les exploitants qui la conservent jalousement. Les agrumes de ce territoire étaient aussi traditionnellement utilisés pour produire un sirop de sucre cuit, appelé *sapa*. Cette base, qui est encore largement utilisée aujourd'hui pour obtenir de nombreux types de gâteaux sardes, implique l'utilisation de moût cuit, ou de miel, de jus de figes de barbarie ou, dans le cas spécifique du Sarrabus, de jus d'orange. C'est à partir de l'orange que sont préparés deux produits traditionnels qui ont été inclus dans la liste des produits de la Région Sardaigne reconnus par le Ministère de l'Agriculture italien : le moût d'orange - *Sapa de arangiu* -, et le vin d'orange - *Binu de arangiu* -, ce dernier étant obtenu après la fermentation de l'orange Tardive de San Vito pendant l'été avant d'être conservé dans des récipients en terre cuite, stockés au fond de puits. Cette reconnaissance a ensuite été étendue aux fruits frais qui par ailleurs ont été intégrés aux variétés de l'Arche du Goût Slow Food.

L'orange Tardive de San Vito (Fig. 4.30) est une variété d'orange à fruits de taille moyenne (177 grammes) et de forme sphéroïdale (74 mm x 74 mm). La base du fruit est arrondie, rainurée, avec un calice irrégulièrement divisé et un pédoncule moyennement grand qui permet une fixation forte du fruit à la plante. L'apex est plat, sans nombril, mais présente une petite cicatrice. L'épicarpe est de couleur jaune orangé, d'une épaisseur moyenne de 8,3 mm, de texture grossière et légèrement collant au mésocarpe. La chair, divisée en 10 segments contenant des vésicules allongées et de taille moyenne, est très juteuse. Les pépins sont peu nombreux (2,5 en moyenne par fruit).

La production est bonne (21 t/ha en valeur moyenne sur une décennie), le rendement moyen en jus est de 37% du poids du fruit, alors que le total des sucres solubles varie selon le moment de la récolte (de 8 à 10° Brix), tout comme l'acidité (allant de 0,58% à 0,53%).

Le fruit, de par sa maturation tardive et sa capacité à maintenir des caractéristiques organoleptiques intéressantes jusqu'à fin octobre lorsqu'il est conservé à 6°C et 85-90% d'humidité relative, se positionne parmi les variétés d'agrumes aptes à prolonger le calendrier commercial (Agabbio et al., 1987)

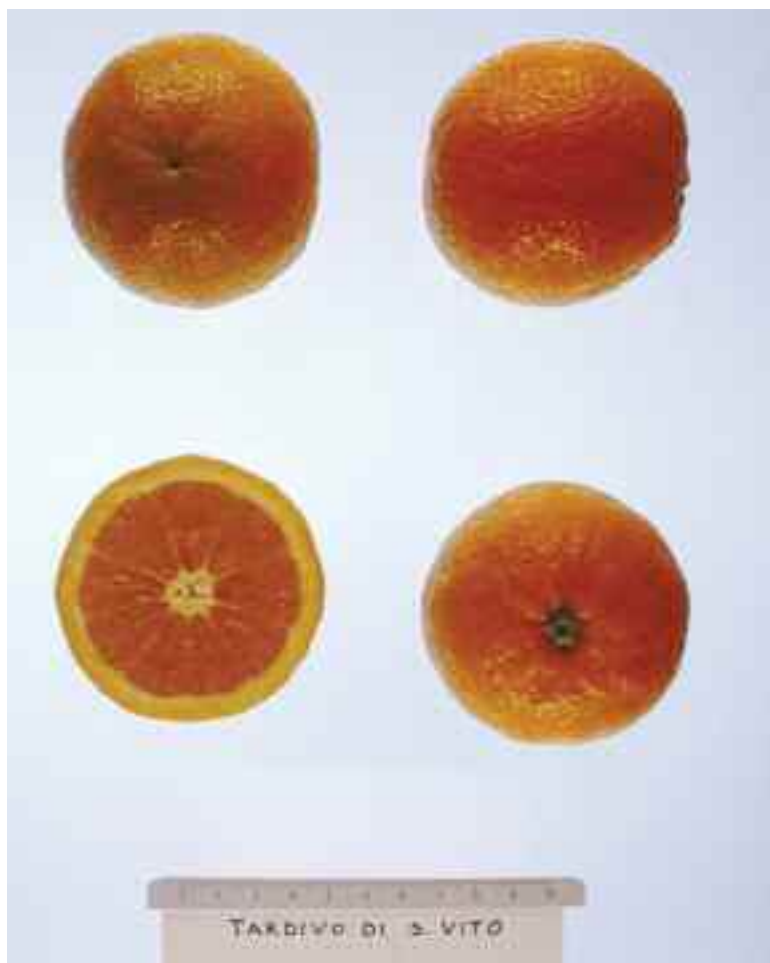


Fig. 4.30 : Orange tardive de San Vito (© G. Nieddu-Uniss)

LES TERROIRS DES AGRUMES DU NORD DE LA MÉDITERRANÉE

Gianni Nieddu, Ana Fernandes de Oliveira, Giovanni Minuto

DES CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE AUX DÉFIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La durabilité culturelle et agricole des productions de niche, traditionnelles ou innovantes, obtenues à partir d'agrumes rares, peuvent être attribuées aux caractéristiques pédoclimatiques et à la pertinence de certains terroirs capables d'exprimer au plus haut niveau les propriétés organoleptiques, aromatiques et nutritionnelles des espèces et/ou des variétés qui y sont cultivées.

Besoins climatiques et pédologiques des agrumes du nord de la Méditerranée

Toutes les espèces végétales expriment leur cycle vital et annuel ainsi que leurs principales fonctions physiologiques, de la croissance à la sénescence en passant par la reproduction, en fonction de la température. L'origine subtropicale des agrumes fait qu'ils ont généralement des exigences, notamment des besoins en eau et des seuils de température plus élevés que d'autres espèces d'arbres du bassin méditerranéen. Du fait de l'immensité du centre primaire de biodiversité, les espèces d'origine asiatique présentent un large panel de sensibilités aux conditions climatiques extrêmes, en particulier aux basses températures. Il est par conséquent possible d'identifier les aires les plus appropriées à la culture des différentes espèces selon les caractéristiques climatiques du site. Le temps de récupération végétative et le nombre de cycles de développement des pousses sont fonction des seuils, qui pour les agrumes est légèrement au-dessus de 12-13°C, et des accumulations thermiques. Les citronniers et les cédratiers en

particulier, présentent des besoins thermiques plus importants car ils sont plus sensibles au froid et au gel que les orangers, les mandariniers et les bigaradiers par exemple. Les effets négatifs des températures extrêmes sont cependant conditionnés par de nombreux facteurs : le génotype, l'âge de l'arbre et le stade phénologique, ainsi que par des facteurs géographiques et topographiques qui affectent le climat voire les microclimats (vent, pluie, grêle...). Pour ces raisons, il n'est pas recommandé de réaliser de nouvelles plantations en fond de vallée ; dans le nord de la Méditerranée, il vaut mieux rechercher des flancs de colline ensoleillés, peu escarpés, exposés au Sud et protégés des vents dominants.

Quand la température dépasse 38°C, la canopée des plantes (ensemble des feuilles, des branches, des fleurs et des fruits) subit des dégâts importants dus au dessèchement. On observe alors un arrêt de la croissance, du processus de développement des fleurs ou de maturation des fruits. Ces dégâts sont d'autant plus importants lorsqu'ils se produisent pendant une phase phénologique sensible, par exemple entre la floraison et la nouaison, et lorsque les températures élevées surviennent dans des conditions de faible humidité relative (moins de 30%) et/ou en l'absence de disponibilité en eau dans le sol ; d'où l'importance de l'irrigation pour ce type de culture.

Malgré leur sensibilité aux températures basses et élevées, les agrumes ont acquis de multiples adaptations morphologiques et physiologiques lors du passage des aires d'origine subtropicales à la zone méditerranéenne. Dans de nombreuses aires du bassin méditerranéen les fruits produits sont d'ailleurs parfois de meilleure qualité que dans leur zone d'origine. Ce phénomène est principalement dû à un régime de températures favorables, soutenu par une amplitude thermique élevée au cours de la journée. De telles conditions favorisent une plus grande biosynthèse, une accumulation plus élevée de nombreuses substances telles que les vitamines, les polyphénols et les caroténoïdes qui jouent un rôle fondamental dans la composition du fruit : ce sont ces substances qui donnent aux agrumes en particulier leurs propriétés antioxydantes, leur couleur et leur saveur, en permettant également aux fruits frais une meilleure capacité de conservation.

Si une bonne disponibilité en eau - pluie ou irrigation - est importante pour toutes les cultures arboricoles, elle est essentielle pour les agrumes en vertu de leurs caractéristiques morphologiques (racines superficielles, grandes feuilles persistantes) et physiologiques (une faible conductivité de l'eau dans les racines, une performance photosynthétique élevée même en condition de déficit hydrique léger ou modéré, un besoin en eau différencié en fonction des espèces ou variétés). Les besoins hydriques des plantes dépendent avant tout des conditions locales d'évapotranspiration, c'est-à-dire du stress que l'atmosphère, plus ou moins chaude, humide et venteuse, exerce sur le sol et sur le feuillage des plantes. L'humidité atmosphérique, en plus d'atténuer les effets des températures élevées, permet d'obtenir des fruits plus juteux, avec une peau mince et une forme régulière. Des vents d'intensité modérée à forte peuvent également causer des dégâts importants par déshydratation et dessèchement des feuilles et des rameaux, ou des dégâts mécaniques structurels. Dans de telles situations, la présence de haies brise-vent est fondamentale pour une bonne réussite agronomique et productive.

Globalement, au cours d'une année, les besoins en eau peuvent varier entre 1 000 et 3 000 mm en fonction de la zone climatique, des conditions du sol et des conditions météorologiques. L'irrigation devient cependant essentielle lorsque les précipitations ne dépassent pas 50 mm en saison sèche, et restent inférieures à 800 mm d'octobre à mai. Les besoins, la fréquence et l'équipement d'irrigation dépendent des caractéristiques du sol déterminant sa capacité de rétention d'eau, en particulier sa texture, sa profondeur, sa teneur en matière organique, sa granulométrie, son caractère pierreux et l'existence de couches imperméables.

Les pluies d'automne sont très favorables à la photosynthèse, à la croissance des fruits et à l'élasticité de leur peau. Cependant, lorsque les précipitations annuelles sont trop importantes et que les plantes sont cultivées dans des sols argileux ou en présence d'une nappe phréatique superficielle, des conditions d'asphyxie et de développement de pourriture et de gommose peuvent apparaître : les fruits ont alors souvent une peau très mince et sont plus sensibles aux attaques parasitaires.

Comme pour la plupart des agrumes, les meilleurs sols à cultiver nécessitent une structure limoneuse, c'est-à-dire une structure moyenne (avec des pourcentages d'argile, de limon et de sable variant respectivement entre 15-20%, 15-20% et 40-60%), une texture profonde, avec 5 à 10% d'éléments grossiers, 5 à 10% de calcaire, un pH entre 6,5 et 7,5, au moins 2% de matière organique, une bonne teneur en macro éléments et en oligoéléments ainsi qu'une faible salinité. Les sols argileux, ayant une teneur en calcaire supérieure à 30%, des sulfates, carbonates et chlorures de Na et Mg de plus de 40% de la teneur totale en sel, doivent être évités. Lorsque la disponibilité en eau d'irrigation et la fréquence de la fertilisation ne sont pas des facteurs limitants, les sols sableux, très perméables, sont également favorables à la culture ; ils facilitent en effet l'expansion du système racinaire en profondeur et un bon développement du couvert végétal, améliorant la qualité du fruit, l'état sanitaire et la précocité de la maturité. Au contraire, dans les sols argileux, il y a souvent des problèmes de stagnation d'eau et le drainage souterrain devient insuffisant, ce qui entraîne des problèmes d'asphyxie racinaire, un mauvais développement des racines, des frondaisons compactes et mal aérées. Les fruits sont alors souvent de petite taille, peu juteux et mûrissent plus tardivement. L'analyse physico-chimique d'échantillons de sol avant la plantation de nouvelles parcelles est donc une opération essentielle, d'une utilité incontestable, puisqu'elle permet un choix plus éclairé du porte-greffe et l'apport des substances appropriées pour tenter d'améliorer les conditions physico-chimiques du sol. Enfin, l'observation des profils pédologiques peut également fournir des indications importantes sur la structure, la texture, la perméabilité, la teneur en matière organique, le carbonate de calcium et la proportion de pierres des différentes couches de profondeur où le système racinaire des plantes va se développer.

Méthodes de zonage et d'évaluation des aires appropriées

La grande innovation technique et scientifique qui s'est vérifiée ces dernières décennies dans différents domaines de la connaissance permet aujourd'hui une caractérisation plus complète et plus précise des agro-écosystèmes et de leur fonctionnalité ; tout cela est particulièrement utile pour pouvoir évaluer la complexité des sys-

tèmes de production biologique à forte empreinte écologique dans lesquels les agrumes rares peuvent être inclus. Dans les aires destinées aux agrumes, une telle approche interdisciplinaire est extrêmement efficace : elle permet d'identifier dans un premier temps tous les facteurs déterminant la pertinence d'un territoire ou d'une zone donnée, puis les aires homogènes dans lesquelles on observe des caractéristiques bioclimatiques, éco-pédologiques, physiologiques, paysagères et floristiques supérieures à la moyenne et susceptibles de permettre une production et une qualité uniques. La délimitation géographique des aires de culture, la caractérisation détaillée et systématique des aires appropriées ainsi que l'élaboration de cahiers des charges de production sont également fondamentales pour la définition et la protection d'une Appellation d'Origine Protégée (AOP) ou d'une IGP (Indication Géographique Protégée) (Fig. 5.1).

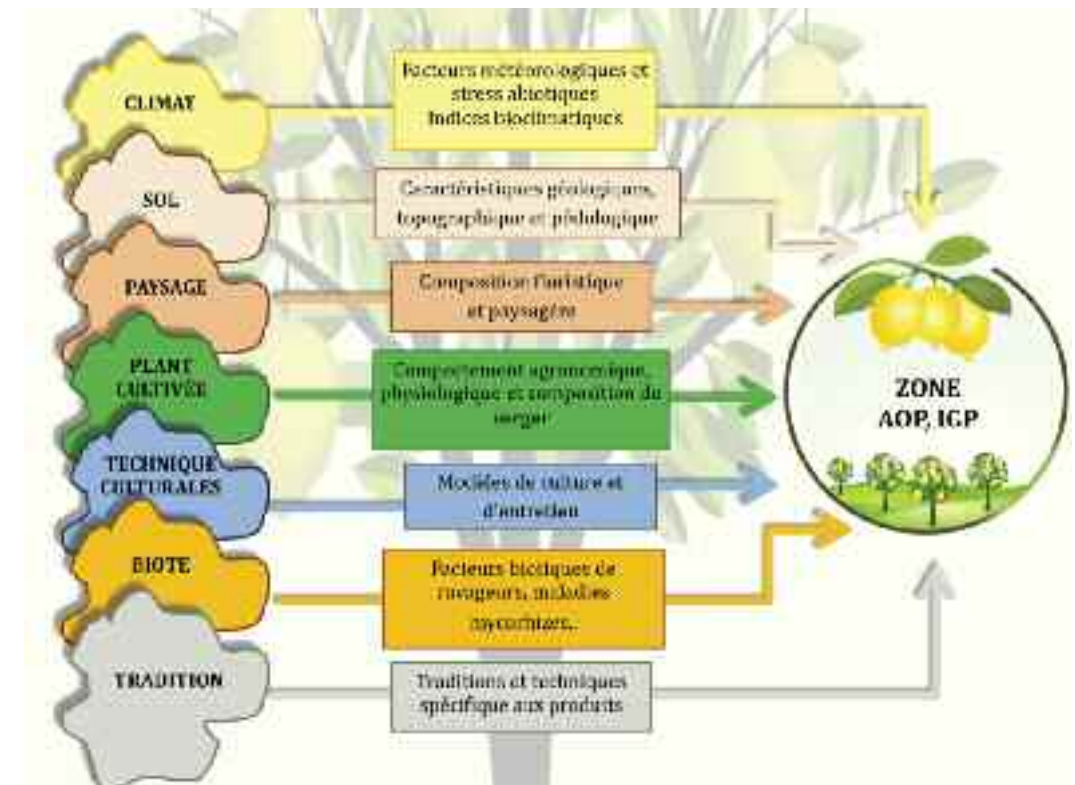


Fig. 5.1 : Schéma de la caractérisation des aires de production (conception © A. Oliveira, 2019)

Pour ce qui est des facteurs météorologiques, pour une représentation macro climatique et une délimitation géographique préliminaire de ces aires, il est essentiel de connaître :

- la distribution spatiale et temporelle des températures (isothermes, nombre de jours de gel, fréquence des gelées printanières) et des précipitations (Isohyètes, précipitations annuelles cumulées, fréquence des fortes précipitations, accumulation et durée des précipitations pendant la période sèche). À titre d'exemple, la figure ci-dessous (**Fig. 5.2**) montre l'évolution des isothermes et des isohyètes de janvier en Ligurie et donne une image claire de la situation climatique du territoire.
- le calcul de l'amplitude thermique annuelle déterminant le caractère continental ou maritime du climat. Cette dernière classification est attribuée aux régions où l'amplitude thermique entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid ne dépasse pas 15°C.

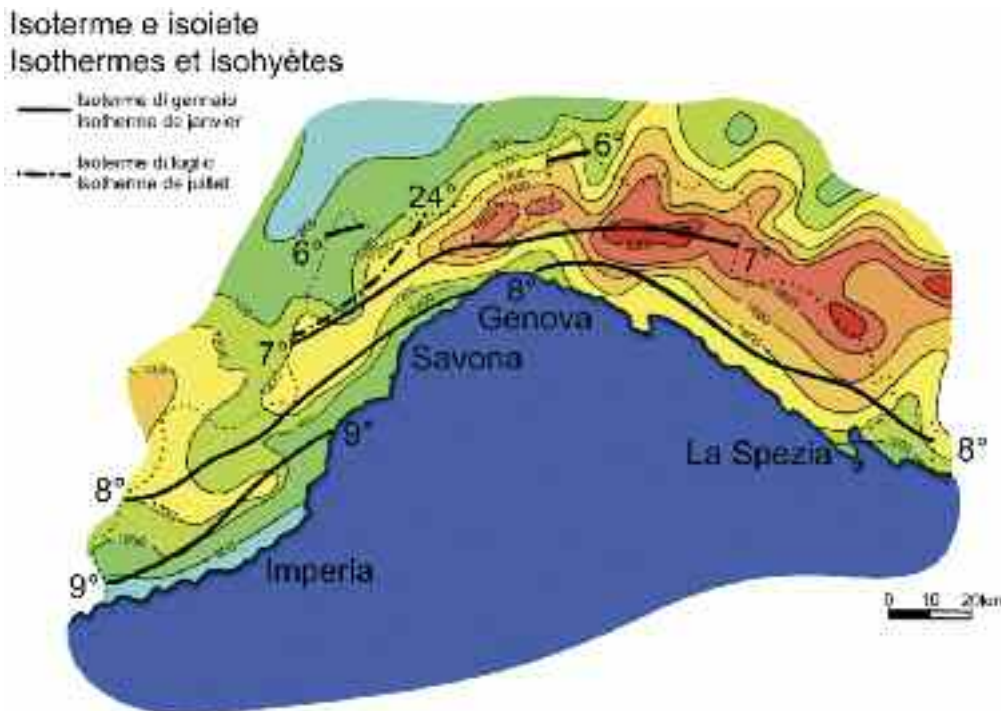


Fig. 5.2 : Isohyètes (en mm) et isothermes (en °C) des mois de janvier et de juillet en Ligurie (Conception G. Minuto-CeRSAA, dessin F. Curk-INRAE)

Un autre indice bioclimatique important concerne les besoins en chaleur des agrumes : ils sont calculés du début de la végétation jusqu'à la récolte, au moyen de bilans thermiques des températures supérieures au « zéro végétatif » (environ 13°C chez les agrumes). Cet indice permet d'estimer la longueur des phases phénologiques et de prédire le temps de maturation du fruit. Les unités thermiques accumulées peuvent également permettre une caractérisation différenciée des conditions optimales de développement et de maturation pour chaque agrume, puisque ces plantes ont démontré une forte variabilité interspécifique et variétale en besoins thermiques. De plus, avec la quantification des résumés thermiques, le nombre d'heures d'exposition aux seuils critiques, dans les différentes phases du cycle phénologique peut, d'une part, fournir des informations importantes concernant la plasticité d'adaptation d'un agrume et le microclimat et, d'autre part, détailler les caractéristiques bioclimatiques actuelles d'une zone de culture, renseigner sur la composition potentielle du fruit dans un contexte de production et enfin prévoir la durabilité des cultures dans un scénario de changements climatiques éventuels. Le régime thermique au cours de l'année a une influence majeure sur l'intensité et la durée de la croissance végétative, sur l'induction florale et la nouaison. En outre, la température joue un rôle décisif dans le développement et la maturation du fruit, l'acidité, l'accumulation des sucres dans la pulpe, la dégradation de la chlorophylle dans la peau et l'accumulation des caroténoïdes et autres pigments dans la peau et la pulpe. Par conséquent, la qualité et la date de la récolte dans chaque aire et parcelle sont fortement influencées par les éléments déterminant le régime de température, notamment la latitude et l'altitude, la pente et l'exposition, le site de la plantation, la vigueur et la hauteur des plantes, l'exposition des fruits.

Outre la caractérisation des terres historiquement cultivées, le zonage est extrêmement efficace pour l'évaluation de nouveaux sites ou aires de culture, et nécessite toujours une analyse attentive des caractéristiques du terrain :

- le sol (profondeur, texture, matière organique, pH, fertilité minérale, salinité, drainage superficiel et profond, disponibilité en eau pour l'irrigation, présence d'eaux souterraines ou de couches imperméables peu profondes) ;

- la topographie (pente, orientation des pentes, présence de cours d'eau) ;
- la flore et le paysage. La composition de la flore spontanée, la présence d'autres espèces d'arbres cultivés et d'autres éléments phytogéographiques distinctifs viennent compléter la caractérisation spécifique du site des aires en fournissant des informations pertinentes quant à la localisation des meilleures parcelles où planter des agrumes.

Les caractéristiques des aires de culture des agrumes mineurs dans la zone méditerranéenne couverte par le projet *Mare di Agrumi* sont présentées dans le tableau ci-après (**Tab. 5.1**) :

Tab. 5.1 : Indices bioclimatiques et caractéristiques pédologiques et topographiques de certaines aires de culture

Agrumes	Aire géographique	Seuils bioclimatiques	Caractéristiques pédologiques et topographiques optimales
Orange Pernambuco	Savone (Ligurie, IT)	Total : 18°C-25°C Minimum : 3°C Maximum : 35°C	Alt. ≤ 250 m Orientation : plaine ou colline, exposition Sud - Sud-Ouest. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : limoneux ; limoneux-sableux. Perméabilité : 50-150 mm/h. pH _{optimal} : 6,0-7,5 ; pH _{min} 5,5 ; pH _{max} 7,8.
Cédrat de Corse	Plaine orientale de la Corse, et terrasses tout autour de l'île entre 50 et 300 m d'altitude (Corse, FR)	Total : 18°C-25°C Minimum : 3°C Maximum : 35°C	Alt. ≤ 300 m Orientation : plaine ou colline, exposition Sud - Sud-Ouest. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : limoneux ; limoneux-sableux. Perméabilité : 50-150 mm/h. pH _{optimal} : 6,0-7,5 ; pH _{min} 5,5 ; pH _{max} 7,8.
Citron de Menton	Menton (Alpes-Maritimes, FR)	Total : 18°C-25°C Minimum : 3°C Maximum : 35°C	Alt. ≤ 250 m Orientation : colline, exposition Sud - Sud-Ouest. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : limoneux ; limoneux-sableux. Perméabilité : 50-150 mm/h. pH _{optimal} : 6,0-7,5 ; pH _{min} 5,5 ; pH _{max} 7,8.

Chinotto de Savone	Savone (Ligurie, IT)	Total : 20°C-25°C Minimum : 5°C Maximum : 35°C	Haut. ≤ 150 m Orientation : plaine ou colline, exposition Sud - Sud-Ouest. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : limoneux ; limoneux-sableux. Perméabilité : 50-150 mm/h. pH _{optimal} : 6,0-7,0 ; pH _{min} 5,0 ; pH _{max} 7,5. Protection contre le vent du Nord - Nord-Est
Clémentine de Corse	Plaine orientale de la Corse (Corse, FR)	Total : 18°C-25°C Minimum : 3°C Maximum : 35°C	Alt. ≤ 250 m Orientation : plaine ou colline, exposition Sud - Sud-Ouest. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : limoneux ; limoneux-sableux Perméabilité : 50-150 mm/h pH _{optimal} : 6,0-7,5 ; pH _{min} 5,5 ; pH _{max} 7,8
Citron Massese	Massa Carrara hills (Toscane, IT)	Total : 18°C-28°C Minimum : 1°C Maximum : 35°C	Haut. ≤ 350 m Orientation : plaine ou colline, exposition Sud - Sud-Ouest. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : limoneux ; limoneux-sableux Perméabilité : 50-150 mm/h pH _{optimal} : 6,0-7,0 ; pH _{min} 5,0 ; pH _{max} 7,5 Protection contre le vent du Nord - Nord-Est
Pompia	Baronia de Siniscola et Orosei (Sardaigne, IT)	Total : 18°C-28°C Minimum : 2°C Maximum : 38°C Besoin annuel en eau : 900-1000 mm Précipitations annuelles : 450-650 mm Amplitude thermique annuelle: 14,3°C Minimum Février 7°C Maximum 28,6 °C en août Précipitations Mai-octobre : 165 mm Précipitations Novembre-avril: 340 mm	Haut. ≤ 350 m Orientation : plaine ; collines peu escarpées, exposition au Sud. Profondeur du sol : >70 cm ; Texture : franc ; limoneux-sableux ; limoneux-argileux-sableux Perméabilité : 50-150 mm/h ; Permis min. : 5-15 mm/h pH _{optimal} : 6,0-7,5 ; pH _{min} 5,5 ; pH _{max} 8,4 Calcaire actif : <7% ; calcaire actif maxi : 12% Pente : <15% ; Pente maxi <30%.

Changements climatiques, impacts potentiels, stratégies d'adaptation et d'atténuation

L'augmentation des émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO₂) et autres gaz à effet de serre au cours des 50 dernières années a entraîné une augmentation annuelle de la température de l'air en Europe de 0,8°C, une modification quantitative et spatiale des précipitations qui ont augmenté au Nord et diminué au Sud. L'évolution future du climat étant encore incertaine, les experts du Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) chargés de l'évaluation scientifique du changement climatique et de ses effets potentiels sur les écosystèmes et sur les différents secteurs socio-économiques, ont élaboré différents scénari pour le climat du futur. Ces projections reposent sur différentes hypothèses d'émissions de gaz à effet de serre pouvant donc entraîner des modifications du bilan énergétique et du climat de notre Terre (**Tab. 5.2**).

Tab. 5.2 : Scénarios de changements climatiques (émission et absorption de gaz à effet de serre, RCP), projection des augmentations de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère et de la température d'ici l'an 2100

Scénario (GIEC) *	Forçage radiatif	Description	Concentration de CO ₂ (ppm)	Réchauffement de la planète d'ici 2100 (fourchette moyenne et probable)
RPC 3-PD	3,0 W/m ²	Augmentation du forçage radiatif jusqu'en 2100 et déclin subséquent	490	1.0 (0.3-1.7) °C
RPC 4.5	4,5 W/m ²	Stabilisation après 2100 sans dépasser l'objectif de 4,5 W/m ² à long terme	650	1.8 (1.1-2.6) °C
RPC 6.0	6,0 W/m ²	Stabilisation après 2100 sans dépasser l'objectif de 6,0 W/m ² à long terme	850	2.2 (1.4-3.1) °C
RPC 8.0	8,0 W/m ²	Tendance croissante du forçage radiatif pour atteindre la cible de 8,5 W/m ² en 2100	1370	3.7 (2.6-4.8) °C

* Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat. Changement climatique 2014 : Rapport de synthèse.

Impacts potentiels sur les agrumes et leur culture

Quel que soit le scénario climatique à moyen et long terme dans le bassin méditerranéen, les changements en cours se caractérisent par une augmentation des périodes de sécheresse ainsi que de la fréquence et de l'intensité d'événements extrêmes tels que des vagues de chaleur et des précipitations de très forte intensité et de courte durée. Compte tenu de ces variations, il est essentiel de procéder à une évaluation approfondie de la capacité d'adaptation des plantes cultivées, c'est-à-dire de leur plasticité dans des conditions de stress environnemental (sécheresse, températures élevées, intensité lumineuse et rayonnement UV, etc.) afin d'identifier les stratégies de culture les plus appropriées pour atténuer les impacts négatifs sur les systèmes de production.

Phénologie, production et qualité

La première conséquence de l'augmentation de la température de l'air sur différentes cultures est le raccourcissement et l'anticipation des phases phénologiques. Aujourd'hui, dans de nombreuses régions plantées d'agrumes, le réchauffement climatique peut conduire à une réduction significative de la période de différenciation de l'induction florale. Dans de nombreuses aires de production, outre le risque de dégâts causés par des événements extrêmes occasionnels (tempêtes de grêle par exemple), une augmentation du développement végétatif précoce augmente le risque de dégâts causés par le gel de printemps. De plus, l'augmentation des températures printanières peut entraîner une augmentation de l'intensité et de la vitesse de la chute et donc une diminution du rendement global ainsi qu'une apparition plus précoce dans la saison de ravageurs limitant la croissance de l'arbre comme la mineuse ou les fourmis. Ce problème peut être encore aggravé par des conditions de déficit hydrique, car la rareté des pluies de printemps et d'été limite fortement l'activité photosynthétique, la croissance et la maturation des fruits. Ce dernier processus aura lieu plus rapidement et le fruit pourra souffrir d'une réduction significative de sa teneur en jus, de sa teneur en sucres solubles, de sa couleur et de son acidité.

Besoins en matière d'irrigation

Le changement et la variabilité climatiques ont un fort impact sur les ressources en eau disponibles mais également indirectement, c'est-à-dire en influençant le comportement physiologique des plantes. L'augmentation du CO₂ atmosphérique et de la température de l'air peut provoquer des fluctuations importantes dans le processus de photosynthèse, entraînant une réduction de l'ouverture des stomates et donc de la transpiration des plantes.

D'une manière générale, on assistera certainement, dans de nombreux vergers méditerranéens, à une augmentation de l'efficacité photosynthétique des plantes et donc de leurs performances physiologiques (Maracchi *et al.*, 2005). Cependant, une ressource en eau limitée, dans de nombreuses zones agrumicoles, peut représenter un facteur limitant de la productivité des différentes espèces et variétés. Les rapports les plus récents du GIEC (IPCC, 2018) et de la FAO (2011) indiquent, avec une probabilité forte, que l'augmentation de la température moyenne de l'air, entraînant un réchauffement climatique, atteindra, pour les pays du sud de l'Europe, +1,5°C au cours des trente prochaines années. Ce changement climatique, déjà en cours, se caractérisera par une augmentation des périodes de sécheresse, une diminution de la couverture nuageuse dans les pays du bassin méditerranéen et donc une diminution des précipitations annuelles, avec malgré tout, un effet de concentration des précipitations sur des périodes plus courtes. Il est donc probable que, pour ces pays, les besoins d'irrigation tendent à augmenter fortement pendant certains mois de l'année, particulièrement en été, période de déficit hydrique prolongé et de températures élevées. Les besoins d'irrigation des agrumes varient considérablement entre les zones de production. Malgré la capacité des agrumes à faire face aux déficits hydriques modérés via des mécanismes physiologiques de protection, leur besoin en eau se manifeste tout au long du cycle annuel. Dans cette perspective de changement climatique il est alors capital d'avoir des stratégies d'irrigation d'urgence, pour satisfaire les besoins en eau en période sèche, qui doivent être accompagnées d'une réelle politique d'économie d'eau via l'optimisation de l'utilisation des ressources.

Maladies émergentes et ravageurs

Les attaques de ravageurs (insectes, nématodes et mollusques), l'apparition des maladies (bactériennes, cryptogamiques et virales) et leur gravité dépendent des interactions qui se produisent entre la plante cultivée, son environnement et le ravageur ou l'agent pathogène responsable. Ces interactions, le risque et l'intensité de l'infection dépendent principalement de la présence de l'agent pathogène ou de vecteurs de transmission (insectes pour la plupart des maladies virales et bactériennes), de la sensibilité de la plante et de la coïncidence des cycles biologiques (dissémination du micro-organisme sous forme virulente durant des phases phénologiques sensibles de la plante) et de conditions environnementales optimales pour le développement du pathogène ou du ravageur. Le réchauffement de la planète, ainsi que les changements de l'humidité atmosphérique et des conditions pluviométriques, ont un effet direct sur le cycle biologique des agents pathogènes et des ravageurs se caractérisant souvent par une augmentation des taux de reproduction, du nombre de générations et donc du risque d'épidémies.

La sensibilité des plantes dépend dans une large mesure de la période de l'année et de l'apparition d'autres facteurs de stress. Il arrive par exemple que les plantes soient plus sensibles quand elles sont en situation de stress hydrique. Dans d'autres cas, en situation de stress hydrique, et/ou thermique léger, des phénomènes de résistance sont observés suite à une plus grande fermeture des stomates. En outre, lors de l'évaluation des effets du changement climatique sur les ravageurs et pathogènes, il est essentiel de tenir compte du risque de dissémination dans de nouvelles aires géographiques ainsi que du risque de contact et de contagion à d'autres cultures. À cet égard, le risque d'expansion de maladies émergentes ou de ravageurs dépend de l'existence de conditions météorologiques optimales au développement et survie de leurs vecteurs, et de tout changement phénologique ou physiologique de l'hôte (insecte et/ou plante) le rendant plus ou moins sensible à la propagation de l'infection.

Stratégies d'adaptation et de diminution des impacts

Du point de vue de l'adaptation bioclimatique et agro-physiologique, on estime que le changement climatique peut entraîner un déplacement des aires de culture actuelles de diverses espèces d'arbres méditerranéens d'environ 100 m en altitude et de 100 km au Nord.

Toutefois, la pertinence des aires actuelles de culture d'agrumes, de petite taille ou de niche, est incontestable. La grande qualité des fruits frais et la valeur multifonctionnelle des produits transformés le montrent bien. Il est donc probable que dans les aires actuellement plantées d'agrumes, les exploitants auront tendance à modifier leurs techniques de gestion agronomique pour permettre l'adaptation de ces espèces aux nouvelles conditions climatiques.

Aujourd'hui déjà, les exploitants ont de nouvelles connaissances sur le comportement agronomique et physiologique de nombreuses espèces et variétés cultivées dans des conditions de stress biotique et abiotique plus ou moins intenses. La recherche scientifique développe des innovations dans les techniques de culture et de gestion capables de favoriser une meilleure adaptation, une meilleure résistance et une forte résilience des plantes. Dans plusieurs pays, d'importants travaux d'amélioration génétique (Gentile, 2012), sont menés dans le but d'obtenir des porte-greffe et des variétés : mieux adaptés aux facteurs limitants tels que la teneur en calcaire, la salinité et l'humidité du sol, plus résistants aux basses températures, aux maladies et ravageurs, capables de moduler la vigueur ou de favoriser une mise à fruit plus précoce et abondante ou d'induire aussi une meilleure qualité du fruit (par exemple, la pigmentation de la chair).

Les techniques culturales, (voir chapitre *La gestion des cultures*), peuvent être des outils valides et efficaces pour atténuer les effets négatifs du changement climatique. Par exemple, la taille et l'éclaircissage des pousses et/ou des fruits, tout en améliorant les conditions de luminosité, de ventilation et d'humidité atmosphérique près des feuilles et des fruits, favorise l'efficacité du processus photosynthétique, l'induction florale, le développement et l'expansion des fruits et la lutte contre le développement d'agents pathogènes. Ainsi, pendant les phases de développement et de maturation du fruit jusqu'à

la récolte, il existe un meilleur équilibre entre les feuilles et les fruits ainsi qu'une plus grande accumulation de sucres et autres composants importants du fruit.

Le maintien d'une couverture végétale à la surface du sol, naturelle ou semée, composée de graminées et de légumineuses vivaces et/ou d'auto-ensemencement annuel, est aujourd'hui un outil technique pertinent pour atténuer les impacts du changement climatique. Il favorise en effet l'amélioration de la structure et de la porosité du sol, atténue l'impact de la pluie sur le sol et la stagnation des eaux ou le ruissellement de surface car il facilite la pénétration profonde et progressive de l'eau. Ces aspects sont d'autant plus importants que la pente du sol est élevée, car plus la stabilité structurelle et la teneur en matières organiques sont élevées, plus le risque d'érosion et de lessivage des couches superficielles du sol agricole diminue et, à long terme, augmente sa fertilité. De plus, l'enherbement des vergers ralentit le démarrage de la pousse végétative en sortie d'hiver et permet, de manière modeste, de retarder le processus de maturation du fruit induit par des étés plus chauds. La gestion de l'enherbement pourrait être un élément d'amélioration de la qualité interne des clémentines par exemple récoltées en fonction de leur coloration qui survient de plus en plus tard en saison du fait du changement climatique.

De même, une bonne planification de l'irrigation en période de besoins accrus, de sécheresse ou de stress thermique, est essentielle pour atténuer les effets du changement climatique. La nécessité d'une utilisation encore plus efficace des ressources en eau de plus en plus réduites nous incite à éviter les excès d'application des volumes d'irrigation et la fréquence de leurs apports. Le drainage et la perméabilité du sol sont essentiels dans la planification de l'irrigation. Pour chacun des apports, le volume en eau doit être suffisant à assurer une infiltration profonde de manière à favoriser le développement des racines dans les couches profondes - et donc moins exposées à l'évaporation - sans créer de stagnation prolongée. La fréquence des interventions doit être définie en fonction de la disponibilité en eau pour l'irrigation. L'objectif doit être celui de ne combler qu'une partie des besoins totaux de la culture pour assurer la satisfaction hydrique dans les phases phénologiques les plus sensibles, c'est-

à-dire imposer un stress hydrique léger à modéré dans toutes les phases du cycle annuel où une croissance végétative excessive est inutile mais où il est nécessaire de favoriser la maturation et la qualité finale du fruit.

Une mauvaise gestion de l'irrigation conduisant à un excès d'apport d'eau, en plus du gaspillage de la ressource, peut contribuer au développement et à la propagation de maladies, en particulier de maladies émergentes telles que la « Tache noire » (*Citrus black spot*, provoquée par *Phyllosticta citricarpa* (anciennement *Guignardia citricarpa*)) pour lesquelles les cycles d'infection sont favorisés par des températures moyennes à élevées (par ex. 21-28°C). Malgré l'empreinte climatique méditerranéenne, la valeur de l'indice des similitudes climatiques entre les aires d'agrumes européennes et les autres aires touchées reste inférieure au seuil critique qui pourrait permettre la propagation de cette maladie dans notre environnement. Ce résultat souligne l'importante contribution que les modèles de propagation des maladies et de leurs vecteurs sur une base bioclimatique peuvent apporter aussi bien dans l'évaluation des risques futurs que dans la prévention et la planification stratégiques. Il est cependant important de considérer que ces modèles fournissent une représentation partielle des relations complexes entre environnement-pathogène-vecteur-plante. Par conséquent, les politiques de contrôle et de certification des matériels de propagation (greffons et plantes) provenant des pépinières, la mise à jour des processus de certification ainsi que la surveillance constante des maladies et des ravageurs émergents restent indispensables.

L'homme et l'environnement culturel dans la valorisation des agrumes du nord de la Méditerranée

Dans les pays du bassin méditerranéen, les agrumes jouent un rôle important dans le secteur des fruits et légumes, tant en termes de superficie cultivée que de valeur de production. Cependant, dans certains pays comme l'Italie, les agrumes ont subi une forte diminution du nombre total d'exploitations ainsi que des surfaces totales cultivées (*Istat*, 2016). En outre, la transformation absorbe moins de 40% de la production de fruits frais et des sous-produits, la production

d'appellation d'origine protégée (AOP) et d'indication géographique protégée (IGP) est limitée et l'incidence des produits d'agrumes certifiés reste marginale.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de l'écrire, les agrumes mineurs ou rares représentent une part infime de la production européenne et la productivité moyenne des vergers d'agrumes est souvent faible. Beaucoup de ces agrumes sont présents depuis longtemps dans les aires de culture et sont aptes à la transformation, tant par leurs caractéristiques physico-chimiques que par leur qualité organoleptique élevée. Il est donc nécessaire de promouvoir et de sauvegarder une marque d'agrumes dits mineurs ou rares, de renforcer la biodiversité et l'identité territoriale des aires les plus adaptées et de protéger leurs produits particuliers, traditionnels, d'origine historique et de grande qualité. Pour atteindre ces objectifs, il est essentiel de commencer par un travail de zonage multifonctionnel plus détaillé, en développant une caractérisation approfondie de la bioclimatologie, de la spécificité et du cadre géologique, phytogéographique et paysager, de la valeur historique, culturelle et touristique des petites aires de production d'agrumes. En outre, le développement agricole, culturel, gastronomique, touristique et l'utilisation de ces agrumes nécessitent un ensemble d'actions articulées et concertées entre les différents organismes publics responsables du développement et de l'aménagement du territoire, de la recherche, du conseil aux exploitations, et entre les producteurs privés de PME. Dans le cadre du projet *Mare di agrumi*, un recensement des produits obtenus à partir d'agrumes rares a été réalisé, les forces et les faiblesses de chaque espèce et de chaque territoire ont été analysées.

Cette analyse représente une opportunité de stimulation à la création d'une véritable chaîne de production, de transformation et de distribution, structurée pour les agrumes dits rares, afin de lutter contre la perte de compétitivité et s'adapter aux exigences de l'OMC (Organisation Mondiale du Commerce) visant à encourager le regroupement des producteurs, l'augmentation de la consommation et l'adoption de bonnes pratiques de culture vouées à la protection de l'environnement.

D'un point de vue agro-industriel, les mesures visant à améliorer les cultures, à diffuser l'innovation et à assurer le transfert technique et

technologique sont prioritaires. En effet, la présence de nombreuses faiblesses, telles que la dispersion géographique des plantes, la prévalence de la culture mixte, le vieillissement des arbres cultivés ou encore les phénomènes fréquents d'abandon des vergers sénescents et l'érosion génétique, ont conduit à la nécessité de procéder à un recensement des surfaces cultivées et des conditions de production. Ce recensement a également permis, pour chaque espèce, de connaître la situation géographique des différentes plantes, les superficies actuellement cultivées et les aires potentielles de culture. En partant de là, il a été possible, dans certaines régions, d'identifier des biotypes présentant des caractéristiques de production et de qualité supérieures, et de recueillir du matériel végétal avec différentes matrices phénotypiques avant de procéder à une caractérisation morphologique et génétique précise. Il sera désormais possible d'entreprendre des actions préliminaires pour la récupération, la conservation et la mise en valeur de la biodiversité présente dans ces territoires (principalement exprimée en biotypes traditionnels issus de mutations naturelles ou d'hybridations), qui risque de disparaître du fait de l'abandon des vergers.

Par la suite, un processus de sélection qui pourra mener à la propagation de sélections présentant des caractéristiques agronomiques, physiologiques et technologiques supérieures à la moyenne, sera entamé. Ces informations pourraient non seulement permettre une cartographie intégrée des facteurs de production actuels, mais aussi une définition et une diffusion auprès des producteurs plus ciblées de guides pour la gestion des arbres existants, à commencer par la diffusion de bonnes pratiques de culture et de protection phytosanitaire.

Par ailleurs, la définition d'une stratégie de marketing et de commercialisation solides et efficaces est un autre objectif prioritaire et fondamental de cette mise en valeur. L'orientation touristique naturelle des aires de production en Ligurie, en Toscane, en Sardaigne et en Corse, est en soi un point en faveur du succès des actions de promotion, de marketing et de vente.

Toutefois, le caractère saisonnier des arrivées de touristes entraîne inévitablement de grandes variations dans l'activité commerciale et le chiffre d'affaires des PME. En outre, le risque de fraude et d'imita-

tion de produits peut entraîner un affaiblissement global de la chaîne d'approvisionnement. Cela va toutefois à l'encontre de la création d'une marque exclusive garantissant l'origine géographique, les techniques de culture et de transformation, ainsi que les qualités chimiques et nutritionnelles des produits. En ce sens, il est essentiel de partager les stratégies visant à protéger et promouvoir les différents types de produits avec tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement, et en premier lieu avec les exploitants agricoles, en augmentant également leur nombre qui est actuellement relativement faible.

Il est également stratégique d'encourager la création de nouvelles exploitations agricoles, de promouvoir l'expansion du nombre et de la taille des unités de transformation et d'explorer la possibilité d'étendre la transformation des fruits, actuellement saisonnière, à tous les mois de l'année.

Enfin, il est important d'encourager la diffusion d'une culture entrepreneuriale chez les jeunes, d'encourager la création de spin-offs (sociétés issues d'essaimage) et de discuter avec les chefs d'entreprise pour surmonter les résistances à l'introduction d'innovations dans le domaine de la transformation, motivées par le respect de la tradition.

Cet ensemble d'actions et d'initiatives concertées entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement, permettant et conduisant à la création d'un label éco-touristique transfrontalier, peut faciliter la commercialisation, la communication et promouvoir la visibilité et la commercialisation des produits et de leurs dérivés en soutenant la croissance du marché.

OUTILS POUR LA QUALIFICATION ET LA CERTIFICATION DES PRODUCTIONS

Généralités

Les concepts de traçabilité, de qualité et de valeur des produits, de responsabilité sociale et environnementale, d'image de marque et de marketing étant désormais stratégiques pour le secteur agricole *au sens large* (agroalimentaire, agrotourisme, agroenvironnement, agro-culturel), il est aujourd'hui nécessaire de mieux connaître les

opportunités offertes dans ce domaine, tant pour atteindre une visibilité et une qualification dans le commerce grand public (du producteur au consommateur ou *Business to Consumer*, B2C, destiné au consommateur final du produit) que dans le commerce entre entreprises (*Business to Business* ou B2B, destiné au système de l'intermédiation et du commerce). Au fil du temps, des systèmes de certification des produits et des systèmes ont en effet été élaborés afin de définir des normes de produits, de procédés et de services pouvant satisfaire les besoins du client.

L'approche système est « indirecte », car elle ne se réfère pas à des exigences spécifiques du produit. Elle assure la capacité d'une organisation à structurer, gérer ses ressources et ses processus de production de manière à pouvoir identifier et satisfaire les besoins des clients ou des parties prenantes en général.

L'approche produit est du type « direct » car elle vise à vérifier la conformité des produits à certains besoins qui caractérisent « directement » leur capacité de satisfaction aux besoins.

L'approche processus est fondée sur l'évaluation de la capacité des processus de fabrication à fournir des produits conformes aux besoins applicables et, à ce titre, elle représente un terrain d'entente entre les deux approches précédentes.

Les besoins en qualité peuvent être de nature primaire, c'est-à-dire liés à la protection des besoins essentiels, tels que la sécurité, la santé et les droits fondamentaux des personnes en général, ou de nature accessoire, relatifs à la satisfaction de besoins matériels et immatériels qui transcendent les besoins essentiels, tels que la performance, la fiabilité, la durabilité, la beauté, le confort et les caractéristiques qualitatives en général des biens et services qui sont la base de la vie économique et civile de notre société.

La qualité peut aussi avoir une valeur essentiellement « économique » (satisfaire des besoins techniques et économiques dans le cadre d'une relation contractuelle spécifique) ou une valeur « sociale » plus large, qui n'est pas nécessairement régulée par des relations contractuelles directes (par exemple, la qualité environnementale ou d'autres formes de gestion socialement responsables des processus de production et de service). Dans tous les cas, la qualité

doit être « mesurable » et les coûts associés à sa mise en œuvre et à son assurance doivent être proportionnels aux avantages effectivement obtenus, tels que les perçoivent, souvent de manière subjective, leurs utilisateurs.

Les exigences de qualité dans le secteur alimentaire entrent, également et surtout, dans la catégorie des besoins fondamentaux et se caractérisent également par une forte valeur sociale. En tant que telles, elles sont protégées, en premier lieu, par une législation européenne et/ou nationale spécifique.

Il s'agit en effet de distinguer, et donc de choisir, parmi les certifications fondées sur des normes « obligatoires » et sur des systèmes « volontaires ». Cependant comme pour d'autres types de besoins, les approches volontaires à la qualité concernant le « système », le « produit », ou enfin le « processus », complémentaires et synergiques entre elles, représentent des outils, non seulement préparatoires au respect de la loi (actions réactives en soi), mais proactifs et visant à l'amélioration.

La qualité des produits alimentaires

Comme pour tout autre bien de consommation, la qualité des produits alimentaires (en tant que capacité à répondre aux besoins des consommateurs) est le résultat d'un ensemble de facteurs parmi lesquels on peut trouver (liste non exhaustive) :

- hygiène et santé (sécurité alimentaire) ;
- caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles (saveur, parfum, arôme, couleur, composants nutritionnels, etc.) ;
- éléments d'utilisation (durée de conservation, facilité d'utilisation, type d'emballage, etc.) ;
- facteurs culturels (tradition, appartenance locale, authenticité, etc.) ;
- facteurs éthiques et sociaux (par exemple la protection de l'écosystème, de la flore et de la faune, y compris l'absence de cruauté envers les êtres vivants dans les processus de production).

Chacun de ces besoins doit être satisfait en identifiant les exigences qui en assurent le respect (références réglementaires obligatoires ou volontaires), en vérifiant et en certifiant le respect de ces exigences (certification de conformité). La sécurité alimentaire est l'exigence de base qui doit toujours être satisfaite et, en tant que telle, elle est un facteur pré-concurrentiel pour les opérateurs du secteur.

Le cadre de la certification de conformité dans le secteur agro-alimentaire

La qualité de l'hygiène et de la santé (sécurité alimentaire) est garantie par des lois et par des contrôles appropriés sur le marché. Elle est aujourd'hui régie par une multitude de normes au sujet desquelles les principes HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) jouent certainement un rôle important. La certification de conformité, lorsqu'elle existe, devient donc comme une véritable certification obligatoire.

Le législateur a répondu aux besoins de typicité, de tradition et d'habitudes de consommation en adoptant des règlements communautaires sur les produits bénéficiant d'Appellations d'Origine Protégées (AOP), d'Indications Géographiques Protégées (IGP) et de Spécialités Traditionnelles Garanties (STG).

La quête d'authenticité, de protection de l'environnement et de développement durable qui émane du marché, a été satisfaite par l'introduction du système de production biologique, lui-même défini par des règlements communautaires spécifiques.

L'« **Appellation d'Origine** » protège le nom d'une région, d'un lieu déterminé ou, dans des cas exceptionnels, d'un pays et est utilisée pour désigner un produit agricole ou un produit alimentaire :

- originaires de cette région, de ce lieu spécifique ou de ce pays,
- dont la qualité ou les caractéristiques sont essentiellement ou exclusivement dues à un environnement géographique particulier, y compris les facteurs naturels et humains,
- ou des produits transformés et préparés dans une aire géographique délimitée.

L'« **Indication Géographique** » protège le nom d'une région, d'un lieu déterminé ou, dans des cas exceptionnels, d'un pays, et sert à désigner un produit agricole ou un aliment :

- comme étant originaire de cette région, de ce lieu ou de ce pays et dont une qualité, une réputation ou une autre caractéristique spécifique peut être attribuée à cette origine géographique,
- dont la production et/ou la transformation et/ou la préparation ont lieu dans une aire géographique délimitée.

Pour pouvoir bénéficier d'une Appellation d'Origine Protégée (AOP) ou d'une Indication Géographique Protégée (IGP), un produit agricole ou une denrée alimentaire doit répondre à un cahier des charges. Ce cahier des charges est l'ensemble des règles auxquelles le producteur du produit voulant la certification, doit se conformer. Ces règles sont établies par les producteurs et les organismes qui évaluent les demandes de certification. Les règles de production dans leurs caractéristiques générales sont les mêmes pour les produits AOP et IGP, mais les règles imposées aux produits AOP sont beaucoup plus strictes que celles des produits IGP.

La « **Spécialité Traditionnelle Garantie** » vise à protéger et à définir certains produits non liés au territoire, en introduisant la notion de « Spécificité d'un produit alimentaire », qui distingue un produit agricole ou un aliment des autres produits ou aliments appartenant à la même catégorie. La spécificité de la production n'est donc pas essentiellement liée à l'aire d'origine, mais surtout à une recette ou à des méthodes de production particulières. Une fois le cahier des charges approuvé, toute personne, indépendamment de son lieu d'implantation dans l'Union européenne, peut bénéficier de cette certification.

Enfin, la « **Production Biologique** » (règlement CEE n° 2092/91) est un système mondial de gestion agricole et de production agro-alimentaire fondé sur l'interaction entre les meilleures pratiques environnementales, un niveau élevé de biodiversité, la protection des ressources naturelles, l'application de critères stricts en matière de bien-être animal et une production adaptée aux préférences de certains consommateurs en matière de produits obtenus avec des substances et procédés dits naturels. Le mode de production biologique a donc

une double fonction sociale, d'une part, fournir un marché spécifique qui répond à la demande des consommateurs en produits biologiques et, d'autre part, fournir des biens publics qui contribuent à la protection de l'environnement, au bien-être animal et au développement rural.

Avec l'introduction des produits AOP, IGP et STG et des produits issus de l'agriculture biologique (AB), des « labels de qualité » (**Fig. 5.3**) réglementés ont été créés, auxquels le producteur peut accéder par choix volontaire, mais pour lesquels les critères réglementaires de référence et les procédures d'évaluation de la conformité/certification sont définis par des règles contraignantes. Ces certifications réglementées sont délivrées par des Organismes de Certification spécifiquement agréés par l'autorité compétente.



Fig. 5.3 : Différents logos de « labels de qualité ».

- a** : Appellation d'origine protégée (AOP), créée en 1992 à l'initiative de la France et régie par le règlement (UE) n°1151/2012 du 21 novembre 2012
- b** : Indication géographique protégée (l'IGP), créée en 1992 et régie par le règlement (UE) n°1151/2012 du 21 novembre 2012
- c** : STG (Spécialité traditionnelle garantie), créée en 1992, est un signe européen régi en dernier lieu par le règlement (UE) n°1151/2012 du 21 novembre 2012
- d** : Agriculture biologique (AB), définie par le règlement communautaire n°834/2007 du 28 juin 2007

Les produits jouissant de la certification réglementée représentent, à ce jour, une fraction relativement faible du marché agro-alimentaire et ne couvrent pas nécessairement tous les besoins des consommateurs dans les termes décrits ci-dessus.

Afin de guider le consommateur dans ses choix de qualité, des systèmes de certification volontaire des produits (« labels volontaires de qualité alimentaire ») ont été créés. Les marques volontaires de produits sont délivrées par des Organismes de Certification tiers compétents, dans le cadre de schémas de certification spécifiques fondés sur des références réglementaires (cahiers des charges tech-

niques) établies avec l'accord des parties concernées et sur des procédures d'évaluation adaptées aux caractéristiques de l'objet de la certification et aux attentes du marché.

Dans le domaine de la certification des produits, une importance particulière est accordée à ce que l'on appelle la « certification de traçabilité en chaîne » qui prend, dans les faits, la forme d'une certification de processus. Elle garantit la traçabilité du produit alimentaire à toutes les étapes de son processus de production « de la ferme à l'assiette ».

Outre ces formes plus ou moins directes d'assurance qualité (certification) des produits agro-alimentaires mentionnées ci-dessus, des formes indirectes d'assurance ont également été mises en place. Elles sont représentées par la certification des systèmes de management qui revêtent également une importance considérable pour la production agricole et l'industrie agro-alimentaire en général. Le respect de ces normes systémiques, ainsi que la promotion de l'amélioration des performances de l'organisation en termes de capacité à répondre aux besoins économiques et sociaux qui y sont liés, fournissent, ou devraient fournir, des garanties quant au respect des normes obligatoires qui, dans le cas de la production agricole et agro-alimentaire, concernent l'hygiène et la santé (sécurité) des produits ainsi que la protection de l'environnement où l'activité productive est située.

Parmi ces certifications volontaires de produits, on peut citer les suivantes :

- la norme du *British Retail Consortium* (BRC), spécifique à la sécurité des produits agricoles et alimentaires. L'objectif de la certification BRC est celui de garantir la qualité et la sécurité des produits alimentaires proposés aux consommateurs par la grande distribution (GMS).
- la norme *International Food Standard* (IFS), dédiée aux audits des industries alimentaires. Son objectif est celui de la sécurité alimentaire ainsi que la qualité des processus et des produits. Elle concerne les processus alimentaires des industries manufacturières et des industries qui conditionnent les aliments en vrac ;

- la norme *Global Good Agricultural Practices* (Global G.A.P.), a pour objectif de soutenir la commercialisation des produits agricoles selon un protocole qui garantit une production sûre pour le consommateur, la traçabilité, le respect de l'environnement et la protection de la santé des travailleurs ;
- la norme *MPS-Fruit & Vegetable* (*Milieu Programma Sierteelt* ou programme environnemental floriculture en français), mise en place par MPS, un des leaders mondiaux de la certification dans le domaine horticole et aujourd'hui basé en Hollande, vise à répondre à la demande de durabilité, de transparence et d'hygiène alimentaire exprimée par les consommateurs ;
- la marque *NO GMO* (Sans Organisme Génétiquement Modifié), qui certifie l'absence ou la quantité réduite de matières premières OGM utilisées (limite maximale de 0,1% pour les produits alimentaires).

Les certifications de systèmes fournissent des paramètres pour le bon fonctionnement de l'ensemble et se réfèrent aux normes ISO 9001/2015 (systèmes de management de la qualité des exploitations) et ISO 22000/2005 (systèmes de management de la sécurité alimentaire).

Les certifications environnementales se réfèrent à la norme UNI EN ISO 14001/2004 et au Règlement CE n.1221/2009 (EMAS).

En conclusion, certifier un produit, c'est souligner ses caractéristiques, explicites et implicites, et confirmer l'engagement de l'entreprise dans la recherche constante de standards de qualités toujours plus élevés. La certification d'un produit est également un outil de marketing efficace car elle augmente la valeur de la *marque*, attire de nouveaux clients et aide à introduire le produit dans un nouveau marché de niche ou dans la grande distribution, améliorant ainsi les résultats commerciaux de l'entreprise.

Pour se préparer à la certification, l'entreprise doit identifier les caractéristiques du produit lui apportant une valeur ajoutée. Après cela, elle passera à la planification du processus de production en documentant les résultats obtenus et, enfin, à la promotion auprès des clients du résultat obtenu.

La certification des productions d'agrumes

Le secteur des agrumes italien traverse une période très tourmentée suite aux travaux de reconversion qui, dans tout le sud de l'Italie par exemple, touchent plus de 40 000 hectares situés dans les aires touchées par le virus de la Tristeza des agrumes (CTV). Alors qu'en Corse l'utilisation de porte-greffe sensible à la Tristeza est interdite pour la culture du clémentinier depuis les années 70, le renouvellement de nombreux vergers d'agrumes n'est prévu en Italie pour un total dépassant les 18 millions d'arbres (en raison de 450 arbres/ha) que dans les années à venir. Il s'agit de replacer les porte-greffe traditionnellement utilisés comme le bigaradier contre des porte-greffe tolérants au CTV, principalement des Poncirus et hybrides de Poncirus (citranges et citrumelos). Une telle situation engendre un stress considérable pour les pépiniéristes et impose une production de plants certifiés d'excellente qualité.

La culture des agrumes a été l'une des plus sujettes à l'attention des législateurs et seule la vigne a précédé les agrumes dans la réglementation de la production commerciale. En Italie, depuis 1973, le ministère de l'Agriculture et des Forêts a réglementé la production de toute la chaîne de certaines plantes fruitières, y compris les agrumes, par une série de décrets et de circulaires qui, aujourd'hui, se croisent avec d'autres normes italiennes d'une très grande importance. Depuis lors, le « Programme National de Certification Volontaire des Agrumes » a été amélioré au fil du temps, y compris sur le plan technique, avec l'introduction d'annexes relatives à des contrôles phytosanitaires plus rationnels et à un système complet et complexe de contrôles des pépinières. En France la culture des agrumes étant relativement limitée à l'extrême Sud-Est, la certification fruitière des agrumes est en place depuis 1997. Toute la filière de certification des plants d'agrumes repose sur différents acteurs dont le Centre INRAE de Corse, l'Association Régionale d'Expérimentation Fruits et Légumes de la Corse (Areflec), le CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes), la DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes), les pépiniéristes et les producteurs.

Le travail effectué au cours de ces décennies, et pas seulement pour les agrumes, a conduit à une production d'excellence de plants « certifiés » obtenus à partir du circuit de la « certification volontaire », contrôlée d'une part pour leur parfaite conformité variétale, d'autre part pour l'absence de tous les pathogènes de quarantaine et de qualité actuellement connus et présentant un risque d'introduction.

En ce qui concerne les agrumes dits « rares » concernés par cet ouvrage, des initiatives capables de mettre en valeur les caractéristiques spécifiques et distinctes d'un territoire, ainsi que les bonnes pratiques traditionnellement adoptées pour leur production et/ou leur transformation, devraient nécessairement compléter les normes obligatoires et les initiatives nationales.

L'IGP clémentine de Corse

Un exemple « complet » de mise en valeur et de qualification est l'IGP « Clémentine de Corse », cultivée principalement dans la plaine orientale de l'île. Le label de qualité IGP, mis en place depuis 2007, garantit la qualité, la traçabilité et la fraîcheur des clémentines produites en Corse.

Le label IGP assure la protection de l'origine car la Clémentine de Corse doit ses qualités à son terroir dont les compétences spécifiques des arboriculteurs de l'île font partie.

En résumé, la réglementation IGP Clémentine de Corse couvre une série de mesures en faveur des plants et des fruits, ainsi que de la zone de production ; en voilà un bref résumé :

- Les clémentiniers doivent être taillés chaque année, la fertilisation et l'irrigation étant modulées en fonction de paramètres agronomiques et analytiques, qui font l'objet d'une constante évaluation.
- La récolte a lieu lorsque le fruit a atteint sa couleur typique et sa maturité optimale sur l'arbre, la feuille est maintenue pour garantir au consommateur la fraîcheur du fruit.
- Les fruits, une fois récoltés, ne peuvent être soumis à aucun traitement chimique. L'utilisation d'activateurs de couleur est interdite. Lors du conditionnement, les fruits peuvent, si le producteur le sou-

haite, être recouverts d'une couche de cire naturelle, puis ils sont calibrés et sélectionnés afin de répondre aux exigences de qualité.

- La Clémentine de Corse sous IGP doit avoir une peau rouge-orange avec au maximum un cinquième de couleur verte. Sa taille varie de moyenne à petite, avec un diamètre de la section équatoriale compris entre 46 et 68 mm. Le produit a un goût acidulé.
- L'aire de production de la Clémentine de Corse en IGP comprend le territoire de plusieurs communes des départements de Haute Corse et de Corse du Sud constituant l'île de Corse ; généralement compris entre 50 et 300 m d'altitude.
- Le produit doit être commercialisé sous l'appellation IGP Clémentine de Corse et peut être commercialisé en vrac ou conditionné dans des emballages spéciaux de différents poids.

Les origines de l'IGP Clémentine de Corse sont liées à la culture très ancienne des agrumes dont la Corse peut se vanter. Certains auteurs datent son introduction au début de l'ère chrétienne, dans des vergers situés principalement sur les terrasses de la côte Est. La clémentine n'a été découverte en Algérie qu'à la fin du XIX^e siècle. Elle fut importée et plantée en Corse en 1925 ; par la suite, la Station de Recherche Agronomique Inra-Cirad de San Giuliano - basée en Corse depuis la fin des années 1950 (1958-1959) - a mené des études techniques et économiques approfondies avant de conclure que la culture de la clémentine devait être mise à la première place dans la production agrumicole de l'île.

L'influence de la mer et la proximité des montagnes confèrent à l'aire de production de la Clémentine de Corse un climat spécifique, se traduisant par une température douce, une pluviométrie et une hygrométrie élevées, qui permet la production d'un fruit à la couleur et à la saveur particulières, plus acidulée. Sa peau fine et brillante atteint sa couleur et sa maturité sur l'arbre, de façon naturelle. En début de saison, elle peut paraître partiellement verte à la base, même si elle est mûre, car c'est le froid qui provoque la pigmentation orange de la peau. Elle est récoltée à la main avec ses feuilles. Les producteurs associés à l'IGP pratiquent une agriculture respectueuse de l'environnement.

L'association pour la promotion et la défense de la clémentine de Corse (APRODEC) est l'organisme de contrôle et de la certification IGP Clémentine de Corse.

Les actions menées pour l'obtention de l'IGP Chinotto de Savone

Depuis plusieurs années, les producteurs et les transformateurs du Chinotto de Savone s'impliquent énormément pour agréger, organiser et motiver une filiaire qui a déjà été mise en place en réalité mais qui a encore besoin de soutien et d'aide, pour atténuer et harmoniser des points de vue encore discordants.

Dans ce panorama, la Municipalité de Savone, la Chambre de Commerce de Ligurie ainsi que le Centre d'Expérimentation et d'Assistance Agricole (entreprise spéciale de la Chambre de Commerce) apportent à cette initiative un soutien ferme et constant.

Les actions menées jusqu'à présent portent à la fois sur les aspects de culture et de transformation, à travers une assistance technique et scientifique constantes, ainsi que sur des opérations de promotion, de valorisation et de communication. Des recherches effectuées sur le produit ont permis d'identifier certaines qualités du Chinotto de Savone, le différenciant clairement des autres variétés de Chinotto. En outre, des études menées sur ses caractéristiques génétiques propres et sur la contribution de l'environnement et de l'homme au résultat final de la production, peuvent tout autant constituer la base de la certification de ce produit en définissant un véritable terroir propre.

Au moment de l'élaboration de ces travaux, le processus de demande et d'obtention de l'Indication Géographique Protégée est en phase de démarrage ; en voilà les étapes principales :

La demande

La demande de label des produits AOP et IGP doit être présentée à la Région italienne compétente puis au Ministère de l'Agriculture, de la Sylviculture et du Tourisme ; la réglementation prévoit que cette demande ne peut être présentée que par une association (aucune forme juridique précise n'est demandée) regroupant tous les opérateurs concernés par un même produit agricole ou une même denrée alimentaire dans l'État membre où l'aire géographique est située.

La demande doit contenir :

- tous les facteurs d'identification du produit,
- son origine historique sur le territoire mentionné dans l'appellation,
- le cahier des charges de production et l'organisme tiers de certification (parmi ceux reconnus par le Ministère) chargé de vérifier la conformité de la production à ce cahier des charges.

Le cahier des charges

Pour pouvoir bénéficier d'une AOP ou d'une IGP, un produit agricole ou une denrée alimentaire doit répondre à un cahier des charges qui doit comporter plusieurs éléments, parmi lesquels :

- le nom du produit agricole ou de la denrée alimentaire, y compris l'appellation d'origine ou l'indication géographique,
- une description du produit agricole ou de la denrée alimentaire, indiquant les matières premières, le cas échéant, et les principales caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques et/ou organoleptiques du produit agricole ou de la denrée alimentaire,
- la preuve que le produit agricole ou la denrée alimentaire est originaire d'une zone géographique déterminée,
- une description de la méthode d'obtention du produit et, le cas échéant, des méthodes locales, loyales³⁹ et constantes,
- les mentions spécifiques d'étiquetage relatives à l'AOP ou à l'IGP, selon le cas, ou aux mentions traditionnelles nationales équivalentes, ainsi que les conditions à remplir en vertu des dispositions communautaires et/ou nationales.

Ce cahier des charges constitue donc non seulement un instrument valable pour la protection des consommateurs en dictant toute une série de règles auxquelles tous les producteurs doivent se conformer strictement, mais il définit et réglemente également les méthodes de production d'un produit donné et l'emplacement géographique de sa production.

³⁹ Loyale : qui respecte la réglementation en vigueur

Si le produit agricole ou la denrée alimentaire est conforme aux dispositions du cahier des charges, il est inscrit dans le « registre des appellations d'origine protégées et des indications géographiques protégées » et publié au Journal officiel des Communautés européennes.

Cependant, les noms devenus communs ne peuvent pas être enregistrés. L'expression « nom devenu générique » désigne le nom d'un produit agricole ou d'une denrée alimentaire qui, bien qu'il se rapporte au lieu ou à la région où il a initialement été produit ou commercialisé, est ensuite devenu, dans le langage courant, le nom commun d'un produit agricole ou d'une denrée alimentaire (comme par exemple les lasagnes ou les pâtes « à la bolognaise » ou le « hamburger », expressions communément utilisées dans le monde entier et dont l'utilisation fait pourtant débat dans les régions d'origine).

Les procédures

Suite au dépôt de la demande de label auprès du Ministère des Politiques Agricoles et Forestières, la procédure qui s'ouvre est essentiellement divisée en trois phases : Enquête, Communautaire et Inspection.

Phase d'enquête. À ce stade, le Ministère :

1. obtient l'avis de la Région ou de la Province autonome territorialement compétente,
2. vérifie que la demande soit conforme aux exigences du Règlement 510/2006 de l'Union Européenne,
3. en l'absence d'irrégularités par rapport au règlement, convoque une réunion avec l'Organisation de producteurs, la Région (ou la Province autonome) et la Chambre de Commerce pour vérifier si le cahier des charges répond effectivement aux pratiques loyales et constantes comme le veut le règlement communautaire,
4. publie la proposition d'un cahier des charges au Journal officiel de la République italienne et attend 30 jours pour accepter d'éventuelles objections.

Phase communautaire. Après avoir mené à bien cette phase préliminaire, le Ministère transmet la demande à la Commission de l'Union Européenne qui :

1. en examine la conformité avec le règlement 510/2006,
2. en cas d'avis favorable, le publie au Journal Officiel de l'Union Européenne et attend 6 mois pour accepter d'éventuelles objections,
3. passé ce délai, en l'absence d'objections, le produit obtient le label et donc inscrit au Registre Communautaire approprié.

Phase d'inspection. Une fois que les produits ont obtenu la label AOP ou IGP, cette dénomination doit, chez les producteurs individuels, être constamment soumise au :

1. contrôle de conformité au cahier des charges du produit ; cette fonction relève de la responsabilité de l'organisme tiers de certification (qui, en réalité, contrôle également la parfaite fiabilité du produit en matière d'hygiène et de santé),
2. contrôle de la commercialisation ; cette fonction est confiée aux *ConSORZI di Tutela*, l'organisme italien qui représente les producteurs et qui exerce également les activités nécessaires à la promotion ainsi qu'à la valorisation du produit AOP ou IGP sur le marché.

Les coûts de l'activité de certification sont supportés par les producteurs qui décident ainsi d'investir pour améliorer leur professionnalisme et, surtout, pour transmettre aux consommateurs une « preuve » (bien plus qu'une « image ») de sérieux et de passion de leur travail.

LES OPPORTUNITÉS OFFERTES PAR LA PROGRAMMATION EUROPÉENNE EN FAVEUR DE L'AGRICULTURE, DE LA RECHERCHE ET DE L'EXPÉRIMENTATION

Il y a toujours de nombreux programmes que l'Europe lance continuellement pour soutenir le développement du secteur agricole.

C'est le cas des Plans de Développement Rural (PDR), établis pour toutes les régions européennes par le règlement (CE) n° 1305/2013, sur la base du Fonds structurel Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER), mais aussi du Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), dont proviennent, par exemple, les programmes INTERREG. Ainsi, des projets locaux (projets de démonstration) et européens (partenariats européens d'innovation - PIE) peuvent être développés dans le cadre du PDR. En outre, les Fonds de cohésion

euro-méditerranéens (EUROMED), les programmes LIFE+, ainsi que les programmes Horizon 2020 et de nombreux autres concernent directement ou indirectement l'agriculture.

Cependant, par rapport au passé, le soutien - programmation, technique, économique - ne passe plus uniquement par l'activité agricole en tant que telle. Alors que certaines mesures structurelles continuent à cofinancer la modernisation des installations et des structures agricoles, de plus en plus de mesures « créatives » visent à lier étroitement les activités des exploitations agricoles aux secteurs du tourisme, de la culture, de l'environnement et de l'alimentation. C'est précisément le FEADER, à travers les PDR, qui a lancé de nombreuses mesures de cofinancement pour encourager le développement d'actions transversales, qui peuvent - à partir du secteur agricole - conduire à la multifonctionnalité des territoires en favorisant leur croissance, leur inclusion et leur développement économique. Par exemple, le programme LEADER, qui est inclus comme mesure dans les PDR, vise à réaliser une intégration croissante - opérationnelle et de revenus - entre les activités agricoles et les activités touristiques et culturelles.

Le secteur agricole semble donc appelé à se développer en termes de qualité de production, mais aussi en termes de stratégies de chaîne d'approvisionnement, dans le cadre d'une interdisciplinarité croissante avec les systèmes économiques territoriaux les plus divers.

Le renouvellement, après 2020, d'une grande partie de la programmation stratégique de ce secteur apportera vraisemblablement de nouvelles opportunités de croissance du « système » rural, avec l'objectif déclaré de réduire le « glissement en aval » des activités économiques et la « désorientation culturelle » que connaissent les communautés rurales.

LA GESTION DES CULTURES

*Giovanni Minuto, Andrea Minuto, Gianni Nieddu,
Ana Fernandes de Oliveira, François Luro, Franck Curk*

L'AGRICULTURE DURABLE

L'agriculture durable est un concept très large et très complexe. Il peut être analysé du point de vue :

- environnemental, à savoir une agriculture qui respecte les ressources naturelles telles que l'eau, la fertilité des sols, la biodiversité et qui n'utilise pas de produits chimiques polluants,
- social, à savoir la capacité de l'ensemble de la production agro-alimentaire mondiale à répondre à la demande mondiale, non seulement des pays industrialisés mais aussi des pays en développement,
- économique, à savoir son profit pour l'exploitant en favorisant un revenu équitable, en protégeant la santé de l'opérateur et en améliorant la qualité de vie des exploitants et de la société dans son ensemble.

La transposition de ces concepts généraux et leur mise en œuvre dans des systèmes agroenvironnementaux très étroits, tels que ceux relatifs aux agrumes dits rares, est loin d'être simple, quoiqu'applicable. En effet, du fait de la dimension économique limitée, de la dispersion sur le territoire des exploitations et des petites communautés, y compris familiales, gérant la culture et la production de ces espèces, il est souvent difficile d'envisager une application généralisée, constante et cohérente de toutes les règles et bonnes pratiques qui constituent le cadre de l'agriculture durable. Néanmoins, la connaissance, l'acceptation et l'adaptation des « règles du jeu » s'appliquent également aux gestionnaires de ces cultures « mineures », car

elles sont représentatives du contrôle du territoire, de sa qualité ainsi que de sa durabilité, à l'évolution des besoins sociaux, culturels et environnementaux.

Dans ce contexte, la protection phytosanitaire revêt une importance centrale, tant pour permettre aux producteurs de mettre sur le marché des produits répondant aux attentes des consommateurs, que pour maintenir les plantes en bonne santé. Cependant, elle rencontre des difficultés croissantes dues à de nombreux facteurs : réglementaires, techniques, organisationnels et techniques.

LES CARACTÉRISTIQUES DES TERRITOIRES ET LES CHOIX DE PLANTATION

Dans les connaissances agricoles traditionnelles, le sol et le climat ont toujours été considérés comme les principaux facteurs qui affectent la qualité des différentes productions fruitières.

Selon cette approche de la culture, le site où le verger est planté est choisi avec le plus grand soin, en tenant compte des facteurs pédologiques et climatiques, géographiques et topographiques, ainsi que de l'indication synthétique de la production et de la qualité potentielle des fruits qui découlent de l'observation de la végétation spontanée présente dans l'aire. Pour les agrumes considérés comme « rares » en particulier, fortement liés à des territoires spécifiques et circonscrits, le concept de *terroir*, utilisé dans d'autres cultures et surtout pour la vigne, peut être appliqué. Ce terme désigne conventionnellement un agroécosystème dans lequel les différents facteurs constituent un ensemble unique et spécifique d'un territoire qui détermine le caractère unique d'un produit. Ces facteurs sont climatiques (la température, le rayonnement solaire, les précipitations ou l'humidité relative), géographiques (l'altitude ou l'exposition), pédologiques (morphologie du terrain, les caractéristiques géologiques du sol, les éléments minéraux et organiques, le drainage de l'eau), biologiques (les populations de virus, les bactéries, les champignons, les insectes ou levures « indigènes et anthropiques ») et les pratiques et techniques culturelles adoptées en production. L'homme est un élément clé qui distingue, choisit et utilise le terroir, de sorte qu'une même plante peut donner des résultats très différents entre des lieux différents et dans un même lieu.

Par conséquent, avant de procéder aux opérations techniques liées à la plantation d'un verger d'agrumes, il est essentiel d'analyser l'environnement de culture et de vérifier la présence de structures et d'infrastructures : moyens de production, de transformation, de stockage, de transport et de commercialisation, traditions professionnelles établies, disponibilité de capitaux pour l'investissement et les paiements anticipés élevés, disponibilité de technologies avancées, compétences et professionnalisme des entrepreneurs sans compter l'existence d'un réseau de services techniques spécialisés de grande qualité.

Ce réseau de services techniques peut faciliter le succès de la culture d'un nouvel agrume lorsqu'il est possible de recourir à un soutien agrométéorologique (prévisions, assistance lors d'adversités physiques, pour le contrôle phytosanitaire et la surveillance phénologique), à un soutien relatif au sol et à la cartographie (laboratoires d'analyse du sol et de l'eau par exemple), à une programmation en pépinière avec des contrôles ainsi qu'à une certification génétique et sanitaire des plantes. Il est également important de bénéficier d'une aide pour le choix des variétés et des porte-greffe, d'une assistance contractuelle possible et d'un retour d'information sur le comportement des variétés choisies grâce à des essais agronomiques publics et/ou privés. Ces essais ont pour but de tester et de diffuser des techniques de sélection, de taille, d'éclaircissage et de récolte, et de fournir des conseils techniques sur la culture (gestion des ressources en eau, irrigation, drainage, nutrition, fertilisation, diagnostic, lutte intégrée, registre parcellaire, études biologiques, mécanisation, technologie informatique/télématique, prévision des récoltes et des indices de maturité et de qualité). De même, disposer de conseils post-récoltes, notamment en matière de technologies d'entreposage, de conditionnement, d'emballage et d'image du produit sans compter l'aide comptable et financière est un atout stratégique autant qu'efficace.

Ci-dessous, sont présentées les informations techniques spécifiques pour les agrumes dits « rares » cultivés en Méditerranée occidentale, synthétiques voire complémentaires à celles déjà indiquées dans les nombreux traités et manuels exhaustifs signalés à la fin de ce texte.

LES PORTE-GREFFE, LES TECHNIQUES DE GREFFAGE ET LA GESTION DES PÉPINIÈRES

Historique

La pratique du greffage chez les arbres fruitiers remonterait en Chine et en Méditerranée, à l'antiquité, plusieurs siècles avant notre ère. Aristote et Théophraste évoquent différentes techniques de greffage telles que les greffes en couronne, par approche, en fente et en écusson sur olivier, figuier, pommier, mûrier et vigne. Ils savaient déjà que ce genre d'association ne pouvait être réalisé qu'entre variétés proches, c'est-à-dire de même famille botanique. On considère qu'à la fin de l'empire romain, au IV^e siècle, toutes les grandes techniques de greffage étaient connues et appliquées sur les espèces fruitières de la famille des *Rosaceae* et sur la vigne. En ce qui concerne les agrumes il est difficile de savoir à quand remonte les premiers usages du greffage. Bien que présents dès l'antiquité, par l'introduction depuis le Moyen Orient du cédratier sur les rivages de la Méditerranée, nous n'avons pas d'indication sur l'utilisation du greffage pour la multiplication des agrumes. Il est vrai qu'à cette époque, seul le cédratier était présent et ne pouvait donc pas être associé à un autre représentant de son espèce. Il a fallu attendre le Xe siècle environ, avant que d'autres variétés d'agrumes ne soient introduites en région méditerranéenne. Il est fort probable en revanche que cette pratique horticole ait pu être usuelle en Asie, berceau des agrumes et ce, depuis l'antiquité.

A la Renaissance, sous le règne de Louis XIV, l'engouement pour les orangers (en fait des bigaradiers) en provenance d'Italie est tel qu'un édifice fut construit au château de Versailles spécialement conçu pour les accueillir : l'Orangerie. Les jardiniers du jardin du roi y pratiquaient le greffage et des hybrides de greffes sont décrits dans certains livres, comme celui de Ferrari « Instructions sur les orangers et les citronniers », publié en 1685. On peut néanmoins affirmer que la pratique du greffage chez les agrumes s'est réellement répandue au début du XIX^e siècle pour lutter contre les pathogènes du genre *Phytophthora* (Oomycète). La dissémination de ces pathogènes à travers le monde serait la conséquence de la diffusion de plantes transportées par bateau avec leur motte de terre contenant des spores ou des mycéliums pathogènes ; ceci constitue un indice pour

considérer que le greffage n'était alors pas systématiquement appliqué pour la multiplication des agrumes. Les principales variétés cultivées, les orangers et les citronniers, sont sensibles aux *Phytophthora*. Le greffage s'impose donc dans la majorité des cas. L'utilisation comme porte-greffe du bigaradier (*Citrus aurantium*), agrume rustique tolérant à cette maladie, et présent dans la zone méditerranéenne, s'est répandue à travers tous les pays agrumicoles. Malheureusement cette association résistante à la Gommose à *Phytophthora* s'est avérée être sensible à un virus transmis par pucerons, provoquant une maladie mortelle pour l'arbre : la Tristeza. Des dizaines de millions d'orangers ont péri de cette maladie au cours de la première moitié du XX^e siècle, notamment en Espagne et en Amérique du Sud. Cette affection est décrite comme une maladie de greffe ou d'association car, séparément, l'oranger et le bigaradier sont tolérants, mais associés par greffage ils deviennent sensibles. Il existe cependant une résistance d'immunité à ce virus, monogénique (gouverné par un seul gène), portée par le genre botanique mono-spécifique, *Poncirus trifoliata*, qui par ailleurs est également résistant aux *Phytophthora*. L'utilisation de cet agrume en tant que porte-greffe est cependant limitée par sa sensibilité à la salinité (chlore) et au calcaire. En remplacement du bigaradier, des hybrides entre *Poncirus* et oranger, les citranges, sont aujourd'hui largement utilisés. Ces hybrides, issus d'un programme d'amélioration avorté, du début du XX^e siècle, et qui visait à obtenir des orangers tolérants au froid, furent sélectionnés sur la combinaison de différentes aptitudes de tolérance aux facteurs de stress biotique et abiotique. Ils sont aujourd'hui utilisés dans de nombreux pays, en association avec plusieurs variétés (orangers, clémentiniers, pomelos, mandariniers). A quelques exceptions près, l'ensemble de la production commerciale d'agrumes est obtenue à partir d'arbres greffés. Le cédrat produit pour la fête juive des Tabernacles est l'un des rares agrumes à être cultivé sur ses propres racines, selon les règles imposées par cette religion. La multiplication des plants de cédratier est alors assurée par le bouturage. Les limettiers de type « lime mexicaine » sont également multipliés traditionnellement par semis de pépins dans encore beaucoup de régions du monde (cette méthode permet de multiplier à l'identique les agrumes à pépins polyembryonnés).

Les principes physiologiques du greffage ou comment s'établit la jonction

La réussite du greffage peut être décrite comme étant la jonction (ou soudure) entre les tissus de deux individus génétiquement différents, parfois même d'espèces différentes. Ce n'est pas un simple « collage » mais il s'agit d'obtenir une connexion parfaite entre les vaisseaux conducteurs de sèves ainsi que du *cambium* (couche cellulaire dite assise génératrice où les cellules se divisent par mitose). De cette union dépendront les échanges entre les deux parties associées pour former un seul individu (arbre), la viabilité de l'union, la vie de l'arbre et sa production. On connaît peu des relations cellulaires entre greffon et porte-greffe, car les réactions cellulaires et les molécules qui interviennent sont très nombreuses et complexes. Cette connaissance s'avèrerait pourtant nécessaire pour mieux contrôler le greffage par le choix de la technique, le choix des génotypes à associer, la période adéquate et anticiper l'apport de cette union sur le plan agronomique.

La formation de la jonction permet d'établir la connexion vasculaire indispensable à la circulation des sèves du xylème et du phloème entre les deux associés et à l'échange des signaux trophiques, hormonaux et moléculaires nécessaires au développement coordonné de l'association. Elle participe à la formation de la lignification qui assure la solidité de l'union. La réalisation de plusieurs étapes de néoformation tissulaire successives lors de l'union, détermine le succès de l'union. Lors du prélèvement du scion et la préparation du porte-greffe des couches cellulaires sont lésées par la coupe et une couche nécrotique se forme sur les blessures empêchant les échanges entre cellules du greffon et du porte-greffe. Quelques heures après le greffage les cellules bordant la ligne de nécrose se divisent pour former un « cal de jonction », constitué de *cellules indifférenciées* (qui n'ont pas encore spécificité de fonction). L'expansion de ce cal fragmente la ligne de nécrose qui se résorbe, mettant ainsi en contact les cellules vivantes des deux partenaires, permettant donc les premiers « dialogues » entre greffon et porte-greffe. La formation d'un cambium dans ce cal de jonction est ensuite indispensable. Cette formation débute à partir des cambiums sectionnés des deux partenaires et pour atteindre la jonction elle

peut prendre une direction parfois sinueuse si les organes ne sont pas bien ajustés lors du greffage. Les cambiums jouxtés permettent alors la production de cellules qui vont se différencier pour former à l'interface, les vaisseaux du xylème. Le flux de sèves est alors possible entre greffon et porte-greffe et le bourgeon greffé peut se développer. Pendant le déroulement de ces étapes de jonction, une cicatrisation des tissus blessés des deux entités au pourtour de la greffe s'opère par la formation de liège ou de suber protégeant ainsi les tissus sous-jacents exposés à l'air et à la dessiccation.

L'état physiologique de la plante sur lequel on prélève l'organe qui va être accolé ainsi que celui du porte-greffe détermine la réussite de la jonction, car les tissus doivent être en capacité de réaction pour assurer les différentes étapes : la callogenèse de jonction, le développement du cambium et sa jonction, la synthèse des vaisseaux conducteurs de sèves et la subérisation des tissus blessés. L'activité cambiale du greffon et du porte-greffe doit être optimale. Il est par conséquent indispensable que les arbres sur lesquels les greffons vont être prélevés soient en bon état physiologique et en période de croissance végétative. De même une attention particulière doit être apportée à la culture du porte-greffe avant et après le greffage pour qu'il soit également en condition de croissance avec une bonne alimentation hydrique. La meilleure période pour greffer des agrumes est le printemps quand l'activité cambiale est maximale. La période estivale n'est pas conseillée en raison des fortes chaleurs qui favorisent le dessèchement des tissus blessés, à moins que les opérations soient effectuées dans un espace climatisé.

Les autres précautions à prendre en considération sont : (i) la qualité des outils de taille pour effectuer des sections et des entailles nettes (une lame émoussée a tendance à écraser les tissus et ne favorise pas au final un bon ajustement des tissus des deux partenaires), (ii) la rapidité des manipulations pour diminuer les nécroses et (iii) l'ajustement précis du scion pour que les cambiums des deux partenaires soient proches pour faciliter leur raccordement. Enfin, il faut exercer sur la greffe une pression pour rigidifier l'apposition fragile et maintenir un contact entre les tissus des deux partenaires. Il faut également protéger les tissus de la dessiccation. L'hydratation des tissus est une condition *sine qua non* pour le développement du cam-

bium de jonction. On ligature donc la greffe en entourant le porte greffe avec du raphia ou du film cellophane et dans certaines situations où les tissus sont fragiles et jeunes, on maintient une humidité relative saturée en encapuchonnant le plant greffé à l'aide d'un plastique transparent ou d'un sac en papier sulfurisé. La ligature et le capuchon peuvent être retirés quand le greffon croit et développe des ébauches foliaires.

Les utilités du greffage

La culture des agrumes francs de pied (non greffés) en agrumiculture moderne est déconseillée du fait des contraintes environnementales et sanitaires importantes dans tous les pays agrumicoles et parce que, regrouper l'ensemble des caractéristiques agronomiques, tant productives que végétatives, dans une seule variété/génotype, est utopique. Le greffage permet alors de scinder les objectifs de sélection en répartissant les caractéristiques recherchées sur deux génotypes, celles productives pour le scion et celles de résistance/adaptation pour le porte-greffe. L'association des deux entités permettrait alors d'additionner les performances de chacune si la jonction est compatible. Mais l'intérêt du greffage ne s'arrête pas à ces utilités-là, il contribue également à modifier la croissance, le développement végétatif et la reproduction (floraison) voire même le développement des fruits du scion. Les intérêts du greffage sont donc les suivants :

Multiplication à l'identique

Si le bouturage ou le marcottage se pratiquent encore dans certaines régions, souvent pour la fabrication d'arbres d'ornement, le greffage reste la technique horticole la plus utilisée pour multiplier à l'identique les plants d'agrumes. Les capacités de multiplication sont plus élevées que par les autres techniques horticoles parce qu'il est facile de multiplier des porte-greffe par semis et le taux de réussite au greffage chez les agrumes est très élevé comparativement à d'autres espèces fruitières comme par exemple l'avocatier. Par ailleurs, le bouturage ne conduit pas au développement d'un pivot racinaire suffisamment profond pour permettre un ancrage au sol assez solide

pour résister aux vents violents. Enfin, la majorité des variétés d'agrumes cultivés est particulièrement sensible aux *Phytophthora* quand les arbres sont cultivés sur leurs propres racines, à partir de boutures ou de marcottes.

Amélioration agronomique de la variété

Le choix du porte-greffe permet de moduler certains caractères de croissance de l'arbre mais surtout de la production fruitière comme la rapidité de mise à fruit, la diminution de l'alternance annuelle de fructification, la productivité, le calibre des fruits (la grosseur), l'acidité, la teneur en sucre et la proportion de jus. Certains porte-greffe comme le *Poncirus trifoliata* ont tendance à réduire la productivité des premières années, augmenter la proportion de fruits de petits calibres tout en augmentant la qualité interne des clémentines par exemple, alors que le citron volkamer a des effets inverses.

Le porte-greffe peut également jouer sur la coloration de la peau des fruits de la variété en modifiant le moment où la chlorophylle (pigment vert) va être dégradée pour laisser place aux pigments caroténoïdes qui donnent des couleurs d'orange à jaune.

Le porte-greffe peut moduler la vitesse de croissance du greffon. Par exemple, le *Poncirus trifoliata* « Flying Dragon » a un effet nanisant, c'est-à-dire qu'il ralentit la croissance du greffon et au final les arbres ont une hauteur et un volume réduits comparativement à ceux dont le porte-greffe est un autre *Poncirus* (environ 30% de moins). A l'inverse, le citron Volkamer (*C. limonia*) appelé aussi Volkameriana, utilisé comme porte-greffe, accroît la vigueur de l'arbre ou autrement dit il augmente le développement de la variété. En termes d'application, les porte-greffe nanisants seront préférés dans les climats chauds et humides pour diminuer la taille des arbres et faciliter la récolte des fruits. A l'inverse, dans les zones à hivers froids, où les agrumes s'arrêtent de croître, des porte-greffe vigoureux seront recherchés.

Réduction de la phase juvénile ou délai de la première floraison

La phase juvénile, c'est-à-dire le temps compris entre la germination de la graine jusqu'aux premières floraisons, et donc les premiers fruits, est longue chez les agrumes. Selon les conditions climatiques et

les espèces elle peut s'étendre de 4 à 10 ans (la Corse et la Ligurie étant en limite nord de production des agrumes, la phase juvénile y est plus longue que dans les contrées plus au sud de cette zone). Par le fait d'utiliser comme greffons des baguettes de bois prélevées sur un arbre adulte, donc avec des tissus de cellules différenciées, le greffage réduit les délais de fructification du greffon (gain de 2 à 4 ans) par rapport à une multiplication par semis. Par ailleurs, on évite ou on réduit aussi un autre caractère de juvénilité : le développement d'épines de grandes dimensions (> 10 cm de long). Cependant la marcotte aérienne souvent pratiquée pour la multiplication des citronniers d'ornement permet d'obtenir des plants fructifères en moins de 12 mois, soit un délai encore plus court que le greffage. Cette technique est d'ailleurs très utilisée pour la fabrication de citronniers d'ornement par les pépiniéristes, la présence de fruits sur de tout petits arbres étant un facteur incroyablement efficace pour stimuler les ventes.

Lutte contre les maladies

Comme nous l'avons déjà écrit, l'utilité première des porte-greffe chez les agrumes fut la lutte contre les *Phytophthora* du fait de leur dissémination à travers le monde. Mais ce ne sont pas les seuls pathogènes qui existent sur les agrumes et qui peuvent être combattus par un choix pertinent du porte-greffe. La propagation du virus de la Tisteza (CTV) peut être enrayée par l'utilisation des *Poncirus* et de leurs hybrides porteurs d'un gène d'immunité qui inhibe la multiplication du virus ou par des porte-greffe tolérants (qui empêchent l'apparition de symptômes de la maladie sur la variété sensible), comme le limettier Rangpur par exemple. Le bigaradier ne confère pas cette résistance ou cette tolérance aux variétés sensibles sauf dans le cas de son association avec le citronnier. A ce jour on ne sait pas quels sont les mécanismes moléculaires qui régissent ces relations entre porte-greffe, greffon et virus. Les porte-greffe du genre *Poncirus* et leurs hybrides sont en revanche sensibles à l'Exocortis, une maladie provoquée par un viroïde ou un cocktail de viroïdes (*Citrus Exocortis Viroïd*) qui sont transmis par les outils de taille (les viroïdes sont des ARN nus qui se singularisent des virus par l'absence de structure protéique appelée capsid qui renferme l'ARN et ne peuvent par conséquent

être transmis par des insectes). Les actions préventives comme la désinfection des outils par de l'hypochlorite de sodium (eau de javel), assurent la non dissémination de ce pathogène et donc de cette maladie. La lutte contre les nématodes peut être résolue par l'utilisation de porte-greffe résistants comme les *Poncirus* que l'on peut compléter par le repos de culture et le changement de porte-greffe lors des renouvellements de plantations sur des parcelles ayant des antécédents culturels d'agrumes. Certaines maladies sont gérées au niveau de la variété (la Chlorose Variéguee provoquée par la bactérie *Xylella fastidiosa*, par exemple) et pour d'autres, nous n'avons pas de solution biologique ni au niveau de la variété ni au niveau du porte-greffe, c'est le cas du HLB (*Huanglongbing* dont l'agent pathogène est une bactérie transmise par un psylle).

L'assainissement

Le microgreffage de méristème ou d'apex caulinaire a été développé à la fin des années 70 pour régénérer des plants d'agrumes sains à partir de baguettes infectées par des virus et autres pathogènes (Navarro *et al.*, 1975 ; Navarro, 1981 ; Vogel *et al.*, 1988). Cette technique s'opère sous un environnement aseptisé (sous hôte à flux et sur milieu de culture stérile) et sous loupe à fort grossissement (x60). Le matériel à assainir doit être en croissance pour le prélèvement de méristèmes apicaux à partir de jeunes pousses. Il se présente généralement sous la forme d'une baguette pour du matériel en phase d'introduction. A partir des bourgeons, le développement de jeunes pousses est induit *in vitro* ou les bourgeons sont greffés sur un porte-greffe et cultivés en milieu confiné aseptique. Le méristème apical est prélevé à la base des premières ébauches foliaires. Ce méristème est ensuite déposé à proximité du cambium d'un porte-greffe étioilé, âgé de quelques semaines, décapité à 4 cm de la racine, dont la bordure supérieure de la tige a été incisée en T inversé. L'apex méristématique est inséré délicatement à la base de l'incision en T, au contact du cambium du porte-greffe. Le plant microgreffé est placé dans un tube à essai contenant un milieu de culture et cultivé en chambre de culture entre 25 et 27°C. La dernière étape de l'opération consiste à acclimater le mini-plant microgreffé et ce dès l'émission d'au moins deux feuilles, soit directement par une transplantation en pot mis en

serre, soit le plus souvent, par un sur-greffage sur un porte-greffe vigoureux tel que le citronnier Volkamer (*C. limonia*). Enfin un contrôle sanitaire doit être effectué sur les plants régénérés pour attester de la réussite de l'assainissement. L'épaisseur des tissus méristématiques prélevés (greffon) est déterminante pour la réussite de l'opération car trop de couches cellulaires peuvent provoquer l'échec de l'assainissement et un prélèvement trop mince peut empêcher la soudure et la régénération. La variété a également un effet très fort sur le taux de réussite au microgreffage avec par exemple des taux élevés pour les citronniers et faibles pour les pamplemoussiers.

La technique de microgreffage de méristème a permis l'assainissement et l'enrichissement des collections *ex-situ* notamment avec des variétés à pépins monoembryonnés (dépourvues de reproduction apomictique, donc impossibles à multiplier sans maladie à partir de semis) introduites à partir de zones infectées par différents pathogènes. Elle est à l'origine de l'obtention des têtes de clones des schémas de certification dans les différents pays agrumicoles.

Adaptation aux types de sols et autres facteurs abiotiques

Le sol est un composant essentiel de la culture des agrumes, il est la source nourricière et l'assise de l'arbre. Il peut par sa constitution favoriser ou limiter la croissance des arbres. En général les agrumes préfèrent des sols acides ou proches de la neutralité, drainants pour éviter les asphyxies racinaires et plutôt légers (argilo-limoneux) favorisant un développement rapide du système racinaire et un maintien de l'humidité pour alimenter l'arbre, assez gourmand en eau. Le système racinaire est plutôt superficiel, environ 90% des racines secondaires se situent dans la couche superficielle du premier mètre de profondeur. Cela peut varier d'un porte-greffe à l'autre et si le bigaradier a un pivot assez plongeant, le système racinaire des *Poncirus* est majoritairement plus superficiel (entre 0 et 50 cm de profondeur). Cette structure racinaire détermine la réactivité de l'arbre à des réductions ou absences d'eau en période de sécheresse ; les arbres greffés sur *Poncirus* seront alors plus sensibles à ces conditions limitantes de carence en eau et inversement, ils seront moins sensibles à l'asphyxie racinaire provoquée par des excès d'eau. Dans les pays au climat tropical (une saison sèche et une saison

humide), comme le Brésil, le limettier Rangpur en tant que porte-greffe est bien adapté à la période sèche et permet la culture des orangers sans système d'irrigation du fait de son système racinaire bien plus profond que celui des *Poncirus*.

La salinité est un facteur limitant de la culture de la plupart des arbres fruitiers et particulièrement des agrumes. Le chlorure a un effet toxique sur les cellules foliaires de toutes les variétés. Le porte-greffe peut contrôler son assimilation en empêchant son entrée dans les racines (ou sa conduction via la sève à la variété), on parle alors de porte-greffe exclueurs, comme le mandarinier Cléopâtre (*C. reshni*) par exemple. Parmi les porte-greffe classiques, les *Poncirus* sont les plus sensibles au NaCl et dans les très nombreuses zones agrumicoles exposées à la salinité les arbres greffés sur *Poncirus* dépérissent très rapidement. Le calcaire est aussi une contrainte pour la culture des agrumes car il provoque la chlorose ferrique. Encore une fois les *Poncirus* sont sensibles à ce facteur. La plaine orientale de la Corse est constituée de sols acides et non salins, il est donc possible d'y cultiver des agrumes greffés sur *Poncirus*. Ce n'est pas le cas de la Sardaigne où certaines régions présentent des sols calcaires donc impropres à la culture d'agrumes greffés sur *Poncirus*.

La profondeur du système racinaire du porte-greffe déterminera également la solidité de l'ancrage au sol des arbres et dans les zones très ventées cette caractéristique environnementale peut conditionner le choix du porte-greffe même si l'implantation des brise-vent en périphérie des vergers est conseillée pour limiter les effets néfastes des vents (dessèchement, blessure, chute des fruits, cassure des branches ou déracinement des arbres).

Evaluer le statut sanitaire

Le greffage fut pendant longtemps un moyen pour tester l'état sanitaire (absence / présence de pathogènes) d'un plant ou d'un greffon notamment au moment de l'introduction d'une nouvelle variété dans une collection (pendant l'étape de quarantaine qui succédait le microgreffage d'apex). Ce test était une indexation biologique où le porte-greffe était choisi selon sa forte sensibilité à telle ou telle maladie, c'est-à-dire celui qui exprimait le plus vite les symptômes

de la maladie. Un fragment (écusson) de l'arbre à évaluer était greffé sur le plant sensible puis l'arbre duplex était cultivé sous serre en milieu confiné dans les conditions de culture optimale pour la croissance de la plante et également pour le développement du possible pathogène et donc des symptômes de la maladie associée. Après une attente variable de quelques mois à près de deux ans, si l'arbre indicateur (le porte-greffe) ne présentait aucun symptôme de la maladie, on concluait que la variété introduite qui avait été greffée était indemne du pathogène testé. On utilisait par exemple le limettier Mexican (*C. aurantiifolia*) pour tester la Psorose et la Tristeza, le cédratier Etrog (*C. medica*) pour tester l'Exocortis, l'oranger Madame Vinious (*C. sinensis*) pour le Cristacortis, l'oranger Hamlin pour le Concave gum...

De nos jours, l'indexation biologique a été remplacée par les tests ELISA ou moléculaires par PCR⁴⁰ (Réaction en chaîne de la polymérase), beaucoup plus efficaces, plus sensibles et plus rapides ce qui a permis de réduire considérablement la durée de la quarantaine.

Les types de greffage

La technique de greffage la plus utilisée pour la production de plants voués à la plantation en vergers est **la greffe en écusson**. Il s'agit de l'insertion latérale sur une partie de la tige du porte-greffe non lignifiée d'un fragment avec bourgeon (écusson) dans une fente de l'écorce en forme de T (**Fig. 6.1**). La tige du porte-greffe doit être d'un diamètre supérieur à environ 8 mm et surtout la greffe doit être positionnée à une distance d'au moins 25 cm au-dessus du collet (point d'articulation ou de jonction entre le système racinaire et la partie aérienne, situé à la base du tronc au niveau du sol). Cette hauteur minimum doit être significativement augmentée dans les régions fortement touchées par des attaques virulentes de *Phytophthora* sp.. Il faut environ 12 mois dans nos conditions (au nord de la Méditerranée) pour produire un porte-greffe de taille convenable pour le greffage et 6 à 12 mois de plus pour un plant apte à une plantation

⁴⁰ PCR : acronyme anglais pour *Polymerase Chain Reaction* ou « amplification en chaîne par polymérase » ou encore « réaction de polymérisation en chaîne ». Il s'agit d'une méthode de biologie moléculaire permettant l'amplification en très grand nombre, *in vitro*, d'une séquence d'ADN ou d'ARN connue.

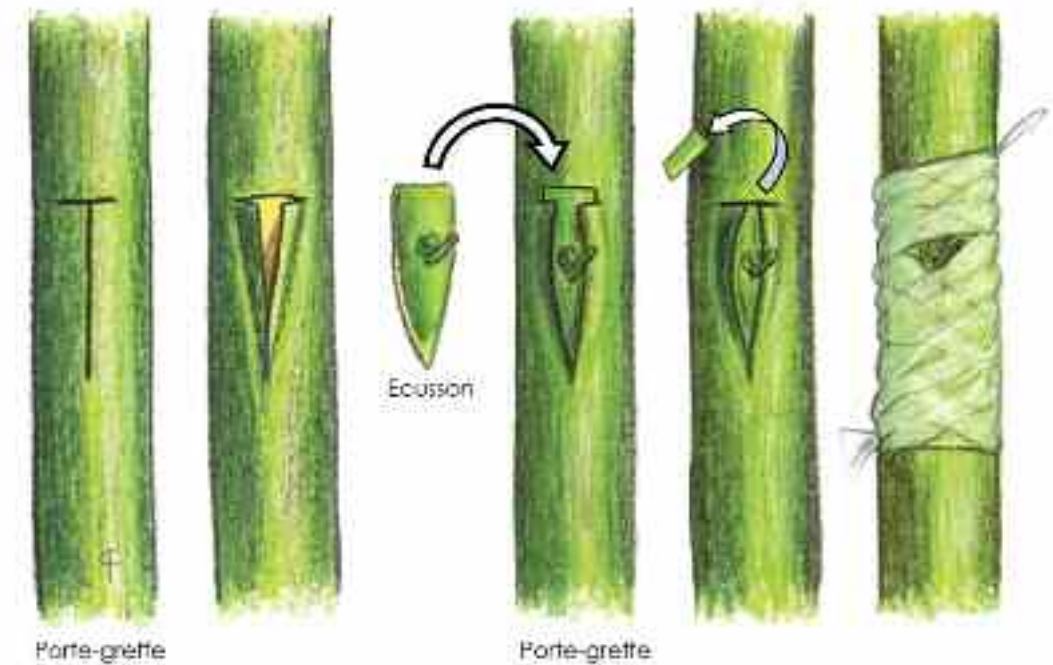


Fig. 6.1 : Technique de greffage en écusson, d'après Jacquemond *et al.*, 2013

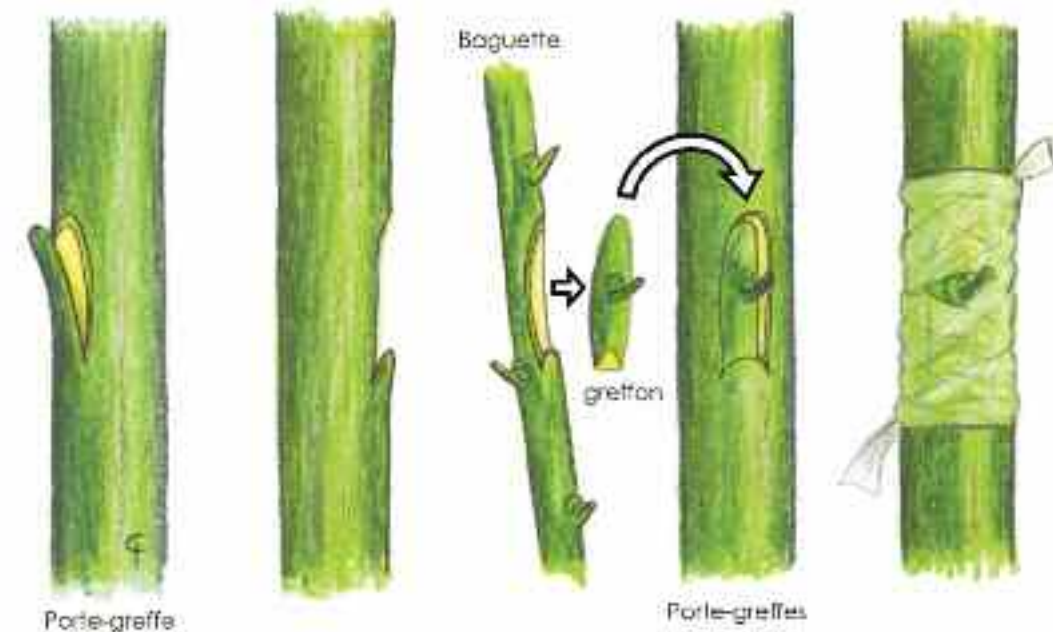


Fig. 6.2 : Technique de greffage en placage, d'après Jacquemond *et al.*, 2013

en verger. Le printemps est la période la plus favorable pour le greffage mais les serres ou enceintes climatiques peuvent préparer le matériel végétal en toutes saisons.

Le plaquage ou « chip budding » (Fig. 6.2) est une variante de la greffe en écusson mais à la différence près que l'écusson est plaqué et non inséré dans une fente de l'écorce. Cette technique est très utilisée chez les agrumes, notamment quand les greffons ont des épines.

Quand il s'agit de sauvegarder du matériel fragile (sorti de culture *in vitro* ou de semis) on utilise **le greffage en tête** de l'épicotyle (partie supérieure de la plantule en développement) d'un jeune plant sur l'extrémité d'un jeune (de quelques semaines) porte-greffe décapité. Les deux tiges (greffon et porte-greffe) doivent avoir approximativement le même diamètre (environ 2-3 mm). Si le porte-greffe est *étiolé* (croissance à l'abri de la lumière donc sans chlorophylle) cela augmente l'efficacité de la soudure.

Le **sur-greffage en couronne** ou le **greffage en sandwich** sont utilisés dans certains pays agrumicoles pour recomposer un verger à partir d'un arbre développé et déjà installé. Cependant ces techniques nécessitent un suivi fréquent et régulier pour éviter les infections sur les grandes plaies de taille des troncs, ou éliminer les rejets à partir de bourgeons du porte-greffe dont le développement est dopé par un fort flux de sève provenant des racines.

Le **greffage du porte-greffe recépé** ou sur rejet de porte-greffe, est une technique qui réduit les inconvénients du greffage en couronne tout en bénéficiant d'un système racinaire développé et installé. Des techniques de greffage sur charpentières sont également utilisées notamment au Japon pour accélérer le développement et la fructification des variétés.

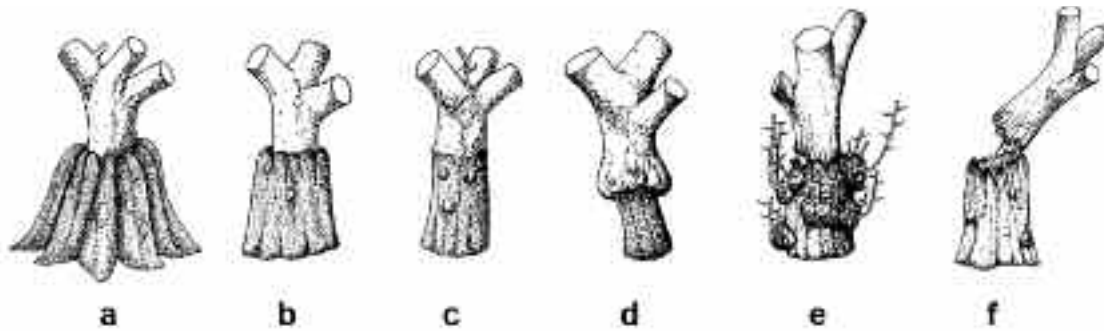
Le greffage à l'anglaise très populaire chez de nombreuses espèces fruitières n'est pas communément employé chez les agrumes.

Quel porte-greffe pour quel scion (variété) ?

Le choix du porte-greffe dépend de la variété que l'on veut cultiver et de l'environnement dans lequel l'arbre sera implanté (climat, sol, technique de culture). On peut donc déjà prendre en compte les points présentés précédemment pour effectuer un premier tri des porte-greffe les mieux adaptés à l'environnement où les arbres doivent être cultivés.

Il faut aussi envisager la compatibilité entre le porte-greffe et le greffon qui peut conduire à un développement dit normal ou à un dépérissement lent ou parfois violent de l'arbre composite (**Fig. 6.3**). Cette incompatibilité se manifeste souvent par l'émergence de rejets à proximité de la ligne de greffe soit au niveau du porte-greffe soit au niveau de la variété, traduisant ainsi une mauvaise connexion des vaisseaux ou de la conduction de sève (**Fig. 6.3 e**). La croissance de l'arbre en pâtit et une fragilité s'installe au niveau de la greffe. Une nécrose cellulaire au niveau de la ligne de greffe peut apparaître au bout de plusieurs années et finit le plus souvent par une cassure du tronc à ce niveau (**Fig. 6.3 f**). C'est le cas des *Poncirus* qui sont incompatibles avec certaines variétés de citronnier, avec le cédratier et des tangors (hybrides mandarinier x oranger), de même que l'association citrange Carrizo / kumquats. On serait tenté de croire que la forme du tronc en goulot de bouteille autour du point de greffe sur arbre adulte, soit une manifestation de l'incompatibilité de greffe (**Fig. 6.3 a et b**). Il n'en est rien, cette forme très prononcée dans les associations avec le *Poncirus trifoliata* n'entraîne aucun symptôme de dépérissement, aucune réduction de durée de vie (du moins dans les observations de près de 30 ans, réalisées à la station INRAE de Corse) ou de production fruitière n'ont été observées ni même de perturbation dans la croissance de l'arbre. Cependant cette croissance asymétrique des deux parties de l'arbre entraîne des fendillements de l'écorce qui sont autant de voies d'entrée chez la variété sensible pour les spores de *Phytophthora*. Il est donc recommandé que la ligne de greffage se situe au moins à 40 cm au-dessus de la surface du sol pour limiter les contaminations de spores entraînées par les projections de gouttes d'eau d'irrigation ou de pluies. Le bigaradier est un porte-greffe qui ne produit pas ces déformations au niveau de la ligne de greffe et il s'accommode avec toutes les varié-

tés cultivées (**Fig. 6.3 c**). L'association poncirus/cédratier conduit à une forme de tronc en goulot de bouteille inversé c'est-à-dire au développement de protubérances au-dessus de la ligne de greffe provenant donc du cédratier (**Fig. 6.3 d**).



Ces représentations correspondent aux principaux degrés d'affinité que l'on rencontre chez les agrumes (arbres sains) :

- a. Affinité acceptable : « goulot de bouteille » prononcé
- b. Affinité moyenne : « goulot de bouteille » moins prononcé
- c. Bonne affinité
- d. Mauvaise affinité : goulot de bouteille inversé
- e. Incompatibilité : bourrelets et rejets de greffe
- f. Incompatibilité allant jusqu'à la cassure de l'arbre

Fig. 6.3 : Principaux degrés d'affinité entre variétés et porte-greffe chez les agrumes, d'après Jacquemond *et al.*, 2013

La Tristeza est présente dans toutes les régions agrumicoles et il est donc préconisé d'utiliser une combinaison porte-greffe / variété qui soit tolérante ou résistante au virus responsable de cette maladie (CTV). Nous avons vu que le bigaradier ne peut être utilisé comme porte-greffe avec les orangers et les agrumes de type mandarinier (le clémentinier inclus) car l'association est sensible au CTV. En revanche, il peut être utilisé avec les citronniers et les cédratiers car les associations sont tolérantes à ce virus.

Le choix du porte-greffe repose également sur les effets qu'il induit sur la qualité de la production de la variété greffée. Pour le clémentinier, à la station de recherche agronomique INRAE-Cirad de San Giuliano plus de 180 porte-greffe ont été testés avec le clémentinier, entre 1965 et 2005. Finalement le *Poncirus* Pomeroy et les citranges Carrizo et C35 sont sortis de cette sélection agronomique

comme étant les porte-greffe les mieux adaptés au clémentinier dans les conditions locales de culture. Des essais agronomiques équivalents réalisés en Sardaigne ou au Maroc conduisent à des résultats différents et donc à des sélections différentes de porte-greffe. Dans ces autres régions dont les sols sont respectivement basiques (calcaire) et salins le bigaradier et le citron Volkamer offrent de meilleurs comportements et une meilleure qualité de fruit qu'en Corse par exemple.

La multiplication des porte-greffe

La multiplication des porte-greffe chez les agrumes s'effectue habituellement par semis car cela permet d'opérer une multiplication à l'identique (dite clonale) chez certaines espèces. Les variétés de porte-greffe sélectionnées sont capables de reproduction asexuée (apomixie) via la graine, en développant un ou plusieurs embryons somatiques (en plus de l'embryon issu de la fécondation ou embryon zygotique), originaires du nucelle (cellules maternelles). La formation de l'embryon issu de la fécondation (zygotique) semble pour autant nécessaire pour que l'embryonnie somatique puisse se développer, on parle alors d'apomixie partielle ou facultative. Les embryons nucellaires génèrent des plants génétiquement identiques au parent maternel. Selon le nombre d'embryons présents dans chaque graine et selon leur vigueur, plusieurs plantules peuvent germer et émerger mais généralement seules 2 plantules au maximum pourront se développer et générer chacune un arbre. L'hybride (embryon zygotique) peut également croître mais ses chances de survie s'amenuisent avec l'augmentation du nombre d'embryons nucellaires présents à ses côtés. Les graines de citronnier Volkamer contiennent en moyenne de 1,1 à 1,5 embryons par graine, celles de *Poncirus* de 1,5 à 2 et celles des bigaradiers de 3 à 4. Les risques d'hétérogénéité génétique des semis sont alors plus élevés chez le citronnier Volkamer que chez le bigaradier.

La multiplication par graine des porte-greffe présente d'autres avantages ; elle est un moyen sûr de non dissémination de maladies ou autrement dit elle permet la multiplication de plants sains. Jusqu'à ce jour il n'a jamais été démontré qu'une maladie de quarantaine puisse se transmettre d'un arbre à sa descendance par la graine.

Néanmoins il existe des restrictions quant à l'introduction dans l'Union Européenne de graines d'agrumes depuis des zones infestées par la bactérie responsable du *Huanglongbing* (HLB) ou maladie du Dragon jaune. Cette bactérie transmise par un psylle (insecte piqueur de la sève du phloème) est un trop grand danger pour les agrumes de la zone méditerranéenne (pour l'instant épargnée par cette maladie) et des précautions réglementaires sont prises pour éviter tous risques d'infestation. Les risques de dissémination de maladies sont cependant beaucoup plus élevés via le greffage, le bouturage ou le marcottage et dépendent du statut sanitaire des arbres sur lesquels est prélevé le matériel végétal à multiplier. Enfin la graine offre beaucoup plus de facilités de stockage sur une longue période (plusieurs mois) à basses températures (environ 5°C) et de transport que des baguettes de bois dont la conservation n'excède généralement pas 4 semaines.

Les critères de comportement en pépinière tels que le taux et les délais de germination, l'homogénéité de la multiplication clonale par semis, la vigueur de croissance, la rectitude du tronc (ou l'absence de ramification) et le taux de réussite au greffage par exemple, ne sont que peu ou pas encore bien pris en compte par les programmes de sélection de porte-greffe. Néanmoins de nombreux travaux, notamment conduits par l'INRAE et le Cirad en Corse, ont révélé des comportements en pépinière très différents selon les génotypes et, chez certains génotypes de porte-greffe, des proportions très élevées de plants de semis non conformes (hybrides), souvent difficilement identifiables visuellement. C'est le cas par exemple du citrange C35 (hybride *Poncirus* x orange) qui, selon certaines années, peut produire dans la descendance de semis plus de 50% d'hybrides. Cette tendance de non-conformité dans les semis a également été relevée chez le citrange Carrizo mais avec des taux moins élevés d'hybrides dans sa descendance (10-20%). Il a également été observé des non-conformités des plants, liées au nombre de chromosomes. Certains plants se retrouvent avec, dans chaque cellule, un double stock de chromosomes, de diploïdes (2 x 9 chromosomes) ils sont devenus tétraploïdes (4 x 9 chromosomes). La variation génétique apportée par la polyploïdisation (doublement des chromosomes) ou celle par l'hybridation modifie ensuite le comportement des futurs porte-greffe. Quelle que soit la source de non-conformité, le rôle du pépiniériste est

de repérer les plants abhérents et de les éliminer. Ce tri s'effectue généralement à deux moments, lors du repiquage des plants après semis et lors du greffage. Il s'agit d'éliminer tous les plants trop grands, trop petits, ou non conformes à la plante attendue (taille, forme et épaisseur des feuilles, nombre de folioles, couleur...).

Depuis quelques années des sociétés se sont lancées dans la production de plants d'agrumes dont le porte-greffe est multiplié par bouturage *in vitro*. Hormis les risques de « variations somaclonales » (variation des caractères génotypiques parentaux de cellules végétales multipliées en culture *in vitro*), cette méthode d'amplification garantit une homogénéité génétique des plants produits et surtout démontre une grande efficacité d'amplification. La garantie sanitaire dépend alors uniquement de l'état sanitaire de l'arbre sur lequel le matériel à amplifier a été prélevé.

CONCLUSION

Le greffage présente, à bien des égards, beaucoup d'avantages pour la multiplication à l'identique, la culture et la production des agrumes tout comme pour l'ensemble des espèces fruitières. Cette pratique horticole très ancienne permet la culture des agrumes dans des zones et des environnements non propices à leur développement là où les autres techniques de multiplication sont vouées à l'échec. Le porte-greffe n'est pas qu'un facilitateur de croissance de l'arbre mais aussi un améliorateur de la qualité du fruit sans que l'on sache réellement identifier des mécanismes moléculaires impliqués. Le greffage permet aussi l'association d'arbres de genres botaniques sexuellement incompatibles et étend ainsi le champ d'exploitation des caractères agronomiques utiles. Cependant la réussite des unions et la durée de l'association ne sont pas toujours prévisibles et les raisons du succès restent encore mystérieuses, seule l'expérimentation peut apporter des réponses.

LA PLANTATION

Comment mettre toutes les chances de son côté pour obtenir un verger durable ou un jardin agréable et prospère ?

Même si cela semble être une évidence, il est important de rappeler que planter un arbre est une action que l'on ne pourra plus modifier, sauf au dépend de la survie même de l'arbre. De plus, dans le cas des agrumes, la mise en place d'un verger de production représente un investissement sur plus de 40 ans, contrairement à beaucoup d'autres arbres fruitiers plantés tout au plus pour une quinzaine d'années (pêchers, abricotiers et même pommiers). Cette action doit donc être parfaitement anticipée et préparée. Les producteurs n'ont pas toujours le choix de leur parcelle mais, en fonction de leurs contraintes, il existe de nombreuses options dont certaines permettront d'optimiser la durabilité et la productivité (quantité et qualité) du verger. L'objectif de ce chapitre n'est certainement pas de donner toutes les clefs de la réussite mais de faire en sorte que l'opérateur se pose les bonnes questions avant, pendant et après la plantation de son premier arbre dans son jardin ou verger.

Réflexions avant plantation

Mon climat est-il adapté à ma production ?

Les agrumes craignent le vent, le gel et le stress hydrique. En zone gélive il faudra donc éviter les bas-fonds, dit pièges à froid, où les gelées sont fréquentes, chercher et privilégier les expositions plein sud ou sud-est, et planter les arbres sur des lignes orientées nord-sud. En zones venteuses, il faudra choisir les versants les mieux abrités, installer des haies brise-vents **avant la plantation** et, au moment de la plantation, tuteurer les arbres en orientant le tuteur dans l'axe du vent dominant. En zone sèche, il faudra prévoir l'installation d'un système d'irrigation performant, associé à un porte-greffe au système racinaire profond. Enfin, en zone humide, il sera nécessaire de drainer le sol et d'associer un porte-greffe au système racinaire superficiel. La plantation sur butte peut également être envisagée en zone régulièrement inondée.

L'irrigation est-elle possible ?

Avant plantation il faut s'assurer que l'accès à l'eau est possible, que la quantité disponible n'est pas limitante et que la qualité de l'eau est adaptée à la culture des agrumes (non salée et non calcaire). En fonction des systèmes d'irrigation choisis, la pression nécessaire à leur bon fonctionnement doit également être évaluée. Un accès à l'eau éloigné, ou compliqué, demande toujours plus d'investissements ; une eau de qualité médiocre, car trop riche en sédiments par exemple, demande d'investir dans des filtres efficaces et durables. Une eau au pH trop élevé ou trop salée ne convient pas à la culture des agrumes.

Mon sol est-il adapté à la culture des agrumes ?

Une analyse de sol réalisée à partir d'échantillons prélevés à différents endroits de la parcelle est indispensable pour bien connaître les caractéristiques de son sol mais n'est pas suffisante. Il est fortement conseillé de creuser des fausses pour bien connaître la structure et l'organisation de son sol sur les premiers mètres de profondeur. Le choix du porte-greffe, du système d'irrigation et du plan de fumure dépend des résultats de ces analyses. Même si les sols trop lourds, trop basiques et/ou trop riches en sels ne sont pas conseillés pour la culture des agrumes, il existe toujours des solutions techniques pour limiter les effets de ces contraintes sur les arbres. La plantation sur butte par exemple est une solution souvent adoptée par les producteurs d'agrumes en zone calcaire et/ou saline. Dans ces conditions extrêmes, le suivi technique du verger est toujours plus exigeant.

Comment bien préparer mon terrain avant la plantation ?

Tous les terrains ne sont pas des champs aménagés et adaptés à la plantation, il arrive souvent qu'il s'agisse de friches ou d'anciens vergers. Le précédent cultural a une grande influence sur le comportement à venir d'un verger d'agrumes. La plantation d'agrumes sur une parcelle ayant été défrichée ne devrait se faire qu'un à deux ans après le défrichage, car la présence de racines d'arbres ou d'arbustes ligneux, en décomposition, favorise le développement de pathogènes de types *Phytophthora* et pourridiés. Il est primordial

d'évacuer le maximum de racines d'une parcelle récemment défrichée et destinée à la plantation d'agrumes. Si la future plantation doit se faire sur une parcelle où des agrumes ont déjà été cultivés, il est également important de respecter un délai de carence sanitaire de deux à trois ans après arrachage et avant plantation, afin d'éviter les risques de prolifération de nématodes. Ce délai de carence peut être réduit à un an si la nouvelle plantation se fait avec un porte-greffe différent de celui du verger précédemment arraché.

Un nivellement est parfois nécessaire afin de diminuer la pente du terrain et limiter ainsi les risques d'érosion. Une plantation en pente est toujours possible, il existe alors la possibilité de planter les lignes d'arbres en courbes de niveaux ou de réaliser des terrasses si la pente est trop importante. Dans les deux cas, nivellement et mise en place de terrasses, un soin particulier devra être accordé à la conservation des couches de terre fertile en surface. Un nivellement ne doit jamais déplacer d'énormes quantités de terre et la réalisation des terrasses doit prendre en compte l'ordre des couches de sol avant et après le terrassement.

En fonction des informations connues sur les antécédents culturaux et celles issues des analyses de sol et des fosses, un sous-solage sera peut-être nécessaire. Un sous-solage permet de fissurer le sol à l'aide d'une sous-soleuse généralement équipée de trois dents qui s'enfoncent dans la terre sur une profondeur d'environ 1 mètre, sans retourner les couches de sol.

La période entre le défrichage, l'arrachage et/ou le terrassement et la plantation, doit être mise à profit pour cultiver régulièrement des plantes dites « engrais verts » qui seront enfouies. Ces rotations permettent de bien préparer son sol et éliminent progressivement un grand nombre d'adventices présentes dans la parcelle. (voir répétition de régulièrement)

C'est également avant plantation que doit être appliquée la fumure de fond. Cette fumure chimique ou organique est apportée en mélange dans le sol au niveau de la zone de développement des racines.

Quelle est la meilleure densité d'arbres à l'hectare ?

Il est important de réfléchir, avant plantation, à la densité d'arbres à l'hectare que l'on veut planter. Il est simple de prévoir son plan de plantation sur une parcelle rectangulaire ou carrée, cela devient plus compliqué en terrasses ou en courbes de niveaux. La mécanisation ou pas des opérations culturales détermine les espaces à laisser entre les arbres mais également entre les premières rangées d'arbres et les bordures de la parcelle ou des terrasses. Dans un verger mécanisé, il est important de laisser un minimum de 8 à 10 m entre les bordures et les premiers rangs, pour permettre aux engins de tourner. La distance idéale entre les arbres sur une même ligne varie en fonction des variétés et de leur vitesse de développement. Ainsi, les clémentiniers cultivés en Corse sont généralement espacés de 4 m, alors que l'on peut diminuer cette distance de plantation pour la culture du *Chinotto*, ou l'augmenter dans le cas de la culture d'orangers. En revanche, la distance entre les lignes d'arbres doit être adaptée au passage des engins agricoles, un minimum de 5 m est conseillé mais il est généralement de 6 m dans de nombreux vergers de production. Un verger de clémentiniers plantés à 6 m x 4 m atteint une densité de 416 arbres par hectare. Dans le cas d'un verger en terrasses la densité peut être bien plus faible. Afin de gagner en rendement les premières années certains agriculteurs ont fait le choix de planter deux fois plus d'arbres à l'hectare dans l'objectif d'en éliminer un sur deux à âge adulte. Cette stratégie qui semble pourtant logique n'a jamais donné de bons résultats. En effet, l'arrachage d'un arbre sur deux, plusieurs années après plantation, ne permet pas aux arbres restants de compenser la perte de rendement et leur développement semble ralenti et gêné par ces voisins qui ont finalement disparu. Mais la première raison de l'échec de cette stratégie de haute densité provisoire est le fait que pratiquement aucun des agriculteurs ayant fait ce choix ne parvient à se décider à arracher et retarde toujours l'échéance. Ils se retrouvent alors avec des vergers ingérables qui sont finalement moins rentables qu'un verger bien pensé dès le départ.

Le choix des distances de plantation déterminera le nombre d'arbres à préparer, à acheter ou à commander auprès des pépiniéristes.

Où et quand acheter mes arbres ?

Le choix du fournisseur d'arbres doit se faire un à deux ans avant la plantation. En effet, en fonction des variétés que l'on veut planter les pépiniéristes n'ont pas forcément des plants disponibles le jour, ni même l'année à laquelle vous avez décidé de planter. Anticiper sa commande permet d'avoir des plants de la variété souhaitée, greffée sur le porte-greffe souhaité et en quantité suffisante. L'origine des plants a une importance cruciale dans la réussite du projet de plantation. Le pépiniériste doit garantir l'état sanitaire du plant mais également son authenticité variétale. Selon l'espèce les premiers fruits n'apparaissent généralement qu'au bout de 3 à 4 ans après plantation ; autant d'années pendant lesquelles la parcelle nécessite des investissements qui peuvent se révéler inutiles si la production n'est pas celle attendue. Dans le cas de productions de clémentines par exemple, un mélange variétal peut avoir un impact non négligeable sur la qualité de la production. Un seul arbre non conforme (autre qu'un clémentinier) au milieu d'une parcelle de clémentiniers peut provoquer le développement de pépins par pollinisation croisée dans toutes les clémentines produites. Il est donc important de bien choisir son pépiniériste, agréer dans le cadre de la production de plants certifiés d'agrumes, et de commander à l'avance ses plants. Un plant d'agrumes destiné à la plantation doit être sain, bien vert, pas plus gros qu'un feutre (environ 1 cm) pas plus âgé de 2 ans après greffage, monté sur une tige, sans fruit et étiqueté avec les informations sur la variété, le porte-greffe et la date de greffage.

Il est préférable de refuser un plant mal formé, déformé, chétif ou présentant des symptômes de maladies ou des attaques de ravageurs, que de le planter.

Quand et comment planter

Quand planter ?

En zone non gélive, il est pratiquement possible de planter toute l'année, mais on a généralement de meilleurs résultats quand la plantation se fait pendant un printemps pluvieux ou un automne chaud et humide. Il est déconseillé de planter en période de canicule car une quelconque erreur lors des irrigations (oubli ou quantités

inappropriées) pourrait provoquer la mort de l'arbre. De même, une plantation en période froide provoque des stress importants sur de jeunes arbres sortant de serres chaudes. Au nord de la Méditerranée les meilleures périodes de plantation sont donc de mai à juin, avec un suivi très important des irrigations en juillet-août, et de septembre à début novembre s'il ne fait pas froid.

Comment planter ?

Une fois choisies l'organisation de la parcelle, de ses « tournières » et la distance de plantation entre les arbres, il faut « tracer » c'est à dire matérialiser physiquement la position de chaque arbre sur la parcelle. Plusieurs techniques existent, les plus simples ne nécessitant que de la corde, un mètre-ruban, des piquets et deux à trois personnes. Pour tracer des angles droits, une des techniques les plus anciennes est l'utilisation de la chaîne d'arpenteur à l'aide d'une corde et trois piquets. La corde devant mesurer plus de 12 m afin de marquer les angles d'un triangle de 3, 4 et 5 m de côtés. Cette configuration permet de réaliser un triangle rectangle selon le théorème de Pythagore établissant la règle suivante : le carré de l'hypoténuse (le côté opposé à l'angle droit, le côté le plus long du triangle, ici 5 m) est égal à la somme des carrés des deux autres cotés (ici 3 et 4 m), ce qui est vérifié à l'aide de la chaîne d'arpenteur puisque $5^2 = 3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 25$.

En fonction de la taille de la parcelle à tracer il est nécessaire d'avoir un mètre-ruban de 30 ou 100 m selon les besoins. Une fois les angles positionnés, il faut tracer des lignes à intervalles réguliers. Enfin, on mesure sur ces lignes la distance entre les arbres que l'on matérialise à l'aide de piquets. Il faut donc prévoir autant de piquets que d'arbres à planter dans une parcelle. Ces piquets doivent être suffisamment « visibles » pour permettre de bien « visualiser » la géométrie du résultat et les éventuelles erreurs de mesures entre les lignes et/ou les arbres. Sur une parcelle bien tracée, les piquets s'alignent, quel que soit l'endroit d'où on les observe.

Une fois les emplacements matérialisés il faut alors les respecter et bien positionner les jeunes arbres au moment de la plantation. Il est conseillé d'utiliser une simple règle à planter. Cet outil n'est autre qu'une planche ou un tasseau, d'environ un mètre dans laquelle ou

lequel, on réalise trois encoches. Il suffit de placer le piquet symbolisant la position de l'arbre au niveau de l'encoche du milieu puis de planter deux autres piquets au niveau des 2 autres encoches situées aux extrémités. Une fois les 2 piquets extérieurs plantés, il est possible de retirer la règle et le piquet symbolisant l'arbre. On peut alors faire le trou prévu pour la plantation en faisant bien attention à ne pas déplacer les deux piquets repères des extrémités. Il suffit ensuite de repositionner la règle à planter en s'aidant des deux piquets repères et de placer le tronc de l'arbre au niveau de l'encoche centrale. L'arbre est alors stabilisé par les apports de terre et se trouve exactement à l'emplacement prévu.

Quelles que soient les recommandations du pépiniériste, il ne faut jamais laisser de filet, pot ajouré ou autre grille autour de la motte de terre racinaire au moment de la plantation. Il ne faut pas planter de plants sans chevelu racinaire, tordus ou présentant des coudes ou nœuds au niveau du collet, ces défauts ne s'améliorent pas avec le temps.

Il est toujours plus tentant de planter de grands arbres, on a l'impression de gagner du temps. Il s'agit malheureusement là d'une erreur commune qu'il ne faut pas faire. Il est dit d'un arbre qui a passé du temps (plus de deux ans) en pot qu'il se *bonzaïifie*, c'est-à-dire qu'il acquiert des réflexes de bonzaï : il pousse moins vite, ses racines et son feuillage se rabougrissent. Il n'est pas rare que les racines tournent dans le pot et finissent par former un chignon empêchant le développement de nouvelles racines et finissant par s'auto-étrangler en grossissant, malgré une plantation en pleine terre. Il faut systématiquement privilégier des arbres jeunes (deux ans au maximum après la greffe) et si possible, montés sur une tige, afin de les former à son goût après la plantation.

Après avoir planté

Il faut dès la plantation réaliser une double cuvette autour de l'arbre ; double car l'idéal est de permettre à l'eau des premières irrigations de rester autour de l'arbre sans toutefois toucher directement le tronc. La première irrigation doit être abondante et avoir lieu tout de suite après la plantation qu'il pleuve ou pas, tout comme le tuteurage.

La plupart des recommandations fournies pour la mise en place d'un verger sont aussi utiles à la plantation d'un ou de quelques arbres dans son jardin. Bien évidemment la densité de plantation et la rectitude des rangs d'arbres n'ont pas lieu d'être dans cette situation bien qu'il faille tout de même espacer les arbres pour qu'ils se développent convenablement. Il est important de savoir que la superficie racinaire est environ deux fois plus étendue que celle de la canopée. Cette information est nécessaire pour estimer les distances optimales d'espacement utiles pour appliquer la fertilisation et l'irrigation. Les agrumes sont sensibles aux vents froids et aux courants d'air, il est alors judicieux de les planter dans un endroit exposé au soleil mais abrité du vent ; ils apprécient la proximité d'un mur où la chaleur s'accumule et se diffuse, en évitant toutefois de les planter trop près des maisons !

LA TAILLE

Un savoir faire et une nécessité

Dans les grandes régions de production, il existe un réel savoir-faire pour tailler les variétés classiques comme les orangers et les clémentiniers ou encore les citronniers. Les petits producteurs d'agrumes "rares" de Méditerranée, comme le cédratier, le *Chinotto* ou la *Pompia*, sont souvent confrontés à une réelle perte de savoir-faire qui a accompagné le déclin de ces cultures. Relancer la culture de ces agrumes signifie rechercher les techniques associées, soit dans de vieux ouvrages, soit auprès de nos anciens, rares témoins d'époques révolues. Malheureusement, même s'il existe de nombreux ouvrages sur la taille des arbres fruitiers en général, il y en a moins sur la spécificité de la taille des agrumes. De plus, on trouve dans de nombreuses régions productrices d'agrumes des gens criant à qui veut bien les entendre qu'ils savent tailler et qu'ils se feront un plaisir de venir tailler vos arbres. Malheureusement, savoir tailler un clémentinier pour la production de clémentines ne signifie pas que l'on sache tailler un bigaradier pour l'ornement et encore moins un cédratier. Un vrai tailleur sait que l'on ne taille pas un oranger comme un clémentinier, ni un citronnier comme un pomelo. Non seulement la taille doit être adaptée à chaque espèce, à chaque variété, mais pour une même

espèce, une même variété, la taille doit être adaptée aux objectifs (production ou ornement) et aux conditions de culture qui incluent le type de porte-greffe ou l'aménagement des plantations. Les producteurs d'agrumes savent que la taille est une étape primordiale qui détermine le bon développement de leurs arbres et qui influence significativement les rendements fruitiers. Pourtant, cette relation « qualité de la taille / rendement » n'est pas toujours facile à établir. Les effets de la taille ne peuvent réellement s'apprécier qu'au moment de la récolte à une époque où l'état de l'arbre n'est pas uniquement dû à la qualité de la taille réalisée des mois auparavant, mais aussi à l'ensemble des pratiques culturales de la campagne écoulée. De plus, les conséquences bonnes ou mauvaises, d'un choix de technique de taille, ne peuvent s'apprécier que plusieurs années après le début de la mise en place de cette technique. C'est sur l'expérience des anciens et la comparaison, sur plusieurs décennies, de vergers d'agrumes taillés de diverses manières, ou pas taillés du tout, que se basent les principales recommandations de ce chapitre. Après avoir énoncé des règles communes à la taille de tous les agrumes, nous essaierons de préciser les spécificités de taille permettant au tailleur d'adapter son travail aux agrumes du nord de la Méditerranée et aux différents objectifs de production.

La taille est l'acte technique agricole sollicitant le plus « l'intelligence » du praticien ! Il est impossible de dissocier un geste de la pensée, la taille associe le geste à l'analyse et à la prospective. Par ailleurs chaque arbre a sa propre architecture et donc est à chaque fois un sujet de réflexion sur sa croissance et son devenir. Il faut déterminer quel rameau supprimer en fonction des branches présentes et quelles conséquences cette suppression va avoir sur le développement futur de l'arbre. Un bon tailleur est celui qui sait ce qu'il fait et prend rapidement ses décisions (Rebour, 1966).

Chez les producteurs, le temps consacré à la taille a un coût et il doit être calculé en définissant un seuil acceptable. Ce calcul ne peut être fait que par un agriculteur connaissant parfaitement les conséquences sur son verger d'une taille mal faite parce que trop rapide et non raisonnée, ou d'une taille bien faite mais trop chère à assumer. L'équilibre est évidemment difficile à trouver dans le cas de grands vergers, mais se pose la question d'une rémunération des tail-

leurs à la tâche ou à l'heure peut avoir des répercussions importantes. La qualité du travail dépendra du temps passé sur chaque arbre et ce temps peut être insuffisant si le tailleur a un intérêt financier à tailler un maximum d'arbres en un minimum de temps.

Les principes de base

Les conséquences d'une absence totale de taille doivent être parfaitement connues afin d'estimer l'importance que représente l'investissement en temps et en argent des opérations de taille d'un verger :

- un agrume non taillé développe une frondaison de plus en plus touffue, empêchant la lumière de pénétrer au cœur de l'arbre ;
- le cœur de l'arbre se transforme en une boule vide, sans feuille sans fruit et avec du bois mort ;
- la production se concentre sur les rameaux périphériques ;
- les rameaux fructifères étant tous de même nature, du même âge, la production se concentre sur un seul type de rameaux qui s'affaiblissent et l'arbre entre dans un cycle d'alternance ;
- le nombre de feuilles par arbre (présentes seulement sur la périphérie) est moins important et les chutes de feuilles sont plus fréquentes, l'alimentation de la production est donc plus difficile ;
- les ravageurs sont mieux protégés car les traitements phytosanitaires pénètrent moins bien dans l'arbre du fait d'un important feuillage périphérique, la lutte biologique est également perturbée par l'absence de lumière au cœur de l'arbre ;
- le développement de l'arbre est constant en hauteur, les récoltes sont plus compliquées et plus chères du fait de l'utilisation systématique d'échelles ;
- le diamètre des rameaux porteurs de fruits est de plus en plus fin, les fruits de plus en plus petits.

Ces conséquences sont plus ou moins prononcées en fonction des espèces et des variétés, mais globalement les rendements et la qualité des fruits chutent considérablement en l'absence totale de taille.

Avant de tailler un agrume il est important de comprendre son fonctionnement. A l'exception du poncirus (*Poncirus trifoliata*) un agrume ne perd pas ses feuilles en hiver, il est donc plus délicat à tailler qu'un abricotier ou un pommier. En effet, on ne visualise pas facilement son architecture. Sa structure interne est souvent cachée par son feuillage, il est donc important de prendre le temps d'observer son arbre avant de le tailler. En revanche la présence du feuillage au moment de la taille permet de bien estimer l'ensoleillement des branches.

Les bourgeons des agrumes ne sont pas différenciables, il est impossible de faire la différence entre un bourgeon fructifère et un bourgeon végétatif comme chez certains *Prunus* ou *Malus*. Un agrume, comme tous les arbres, possède un système racinaire caché qu'il faut prendre en compte en veillant bien à respecter les équilibres entre la partie souterraine et la partie aérienne, les équilibres entre la sève montante et la sève descendante, entre l'eau et les minéraux, qui arrivent des racines, et les éléments carbonés produits par les feuilles. Une taille trop sévère déséquilibre ce flux de sève perturbant directement le fonctionnement de l'arbre.

Il est souvent conseillé de respecter ou de conserver la forme naturelle de l'arbre ; chez les agrumes la forme la plus répandue est la boule mais pour certaines espèces ou variétés elle est érigée ou aplatie. De plus, cette forme naturelle peut poser des problèmes au moment de la récolte ou dans le cadre de production en zone atypique comme sur des terrasses ou en région venteuse et plus froide nécessitant la mise en place de palissage ou de filets protecteurs. Voilà pourquoi il est important de tenir compte de la forme naturelle de l'arbre, de l'environnement culturale, des techniques de production prévue par l'agriculteur et des objectifs de production avant de tailler un arbre.

Quelle que soit la variété il est indispensable de supprimer régulièrement, au moins une fois par an, tous les rejets du porte-greffe, car un jeune rejet est facile à éliminer à la main sinon au sécateur. Un rejet de porte-greffe est très vigoureux et peut rapidement atteindre une taille importante générant des problèmes de structure de l'arbre et de production. Dans le cas d'un clémentinier, un rejet de porte-greffe, en fonction de la nature du porte-greffe, peut fleurir deux ou

trois ans après son développement et ainsi polliniser les fleurs qui donneront des clémentines à pépins. Dans le cas du *Chinotto*, souvent greffé sur bigaradier, un rejet de porte-greffe peut également dérouter un tailleur inexpérimenté qui laissera volontiers se développer une belle branche bien vigoureuse (celle du porte-greffe) au dépens des branches du *Chinotto* plus tortueuses à croissance lente. Dans tous les cas, un rejet de porte-greffe détournera une part de la sève montante qui n'alimentera plus la variété et, sans intervention, la partie greffée de la variété peut rapidement être inhibée pour finalement dépérir et disparaître. Dès la plantation, la règle de base à respecter est donc d'éliminer systématiquement tout départ de végétation en dessous et juste au-dessus du point de greffe.

Malgré les avantages de la taille pour la production, il faut tout de même garder en tête qu'il s'agit pour l'arbre d'une agression qui peut réduire son espérance de vie. Afin que cette taille ne génère pas plus de stress que nécessaire, il est important de s'organiser pour qu'elle soit la plus légère possible. Il faut systématiquement réfléchir à l'architecture de l'arbre et donc anticiper son développement pour limiter les besoins de coupes de grosses branches (> 2 cm de diamètre). Chaque coupe est une plaie qui devient une porte d'entrée pour de nombreux ravageurs et pathogènes. Même si l'on préconise souvent de mastiquer les coupes de plus de 2 cm de diamètre, il faut savoir qu'une couche de mastic sur une plaie de taille peut avoir des effets négatifs en enfermant des spores de champignons par exemple et dissimulant l'évolution des symptômes de pourrissement du bois. Un des principaux dangers est l'entrée de spores de *Phytophthora* dans le bois car en général les variétés cultivées y sont très sensibles. De plus, il faut prendre en compte la possible phytotoxicité d'un grand nombre de mastics, ou autres baumes à cicatriser. Sur agrumes il est préconisé de pas utiliser de mastics à base de plomb, heureusement de plus en plus rares sur les marchés, mais même le goudron de Norvège⁴¹, très utilisé lors de la taille des agrumes, peut entraîner des nécroses de cellules vivantes et ralentir la formation du bourrelet de re-

⁴¹ Goudron de Norvège : goudron de pin, poix ou brai, substance anciennement originaire de Norvège, épaisse, collante et gluante généralement noire, produite par pyrolyse de bois de pin. Principalement utilisé pour calfeutrer la coque des navires mais aussi en pharmacologie, en médecine vétérinaire et en agronomie.

couvrement (la cicatrisation naturelle de l'arbre). Ce travail de masticage de toutes les plaies de taille, long et fastidieux, serait en fait peu efficace, voir contreproductif. Nous continuons tout de même à préconiser le masticage des plaies de taille de plus de 2 cm, mais seulement celles situées près du sol, car elles sont les plus exposées aux souillures de terre, riches en *Phytophthora*. En cas de coupe d'une grosse branche, il est préconisé de ne jamais laisser de plaie de taille à l'horizontale en préférant une coupe en biseau ou latérale favorisant l'écoulement de l'eau. Enfin, en zone chaude il est préconisé de bien badigeonner de chaux les charpentières directement exposées au soleil après la taille afin d'éviter les coups de soleil.

Les objectifs de formation et de fructification

On taille un arbre non seulement pour éviter les conséquences citées dans le paragraphe précédent mais surtout en fonction d'objectifs précis. Il existe deux types de taille classique, la taille de formation qui a pour but de donner à l'arbre une forme dite rationnelle, adaptée à la production et à l'environnement, et la taille de fructification qui a pour but de renouveler le bois et favoriser la floraison et donc la fructification. Même si les deux sont étroitement liées, elles ne répondent pas aux mêmes règles. La taille de formation dépend de la vigueur de l'arbre, de son port (dressé, étalé, retombant...), du rôle que l'on veut donner à l'arbre (verger de production, arbre d'ornement, haie vive...) et de l'espace disponible pour son développement (plantation à forte densité, vergers en terrasse, arbre isolé, arbre en pot ou en pleine terre sous serre par exemple, confort de récolte et accessibilité pour les itinéraires techniques...). La taille de fructification doit en revanche s'adapter aux exigences de la variété et à ses besoins physiologiques (induction florale, période, positionnement, qualité et densité de la floraison...).

La taille de formation

Il existe plusieurs écoles dont les deux principales sont :

- on ne taille pas l'arbre en pépinière et jusqu'à la 2^{ème} ou 3^{ème} année après plantation en fonction de la vitesse de développement de l'arbre,
- on taille l'arbre tous les ans dès la pépinière.

La solution est entre les deux. En effet, trop tailler un arbre jeune ralentit sa croissance et il n'est pas toujours facile de bien choisir les principales charpentières tôt dans son développement. Dans le cas de beaucoup de variétés, l'idéal est d'obtenir un plant sortant de pépinière monté sur un tronc haut et bien droit comme pour les clémentiniers. Il arrive bien plus souvent que le plant soit déjà ramifié, déséquilibré, voir tortueux. Certains tailleurs préconisent de le laisser se développer en précisant « *il ne faut pas s'occuper de petits déséquilibres de la frondaison, car l'arbre les corrige naturellement* ». Cela vaut pour de petits déséquilibres, mais plus tôt on rattrape une mauvaise formation et moins on élimine de bois au moment de la taille.

Quelle que soit la variété, l'idéal est de gérer sa forme dès le début en éliminant un minimum de végétation, par une taille régulière et très légère. En fonction de la variété il faut s'adapter à son comportement et donc adapter sa forme rationnelle à sa forme naturelle. Un clémentinier doit être charpenté pour faciliter la fructification et la récolte, en veillant à ne pas laisser partir les gourmands en usant parfois du stratagème de l'arcure alors que le citronnier devra être formé sur 4 ou 5 charpentières en évitant au contraire de trop arquer les branches qui chargeraient trop au ras du sol.

Il est important de rappeler quelques règles fondamentales d'architecture de l'arbre à respecter. Lors de la formation de l'arbre la première étape est le choix des charpentières principales. Quelle que soit la variété, il est indispensable d'éviter les départs de charpentières en « Y », véritable point de faiblesse favorisant l'éclatement du tronc jusqu'au sol en cas de forte charge voir même de neige. Le départ des 3 ou 4 charpentières principales doit se faire à des points d'ancrage différents, sur des faces différentes et sur des hauteurs différentes du tronc. Trois charpentières qui démarrent à la même hau-

teur sur un tronc, forment une cuvette qui, une fois remplie d'eau, deviendra un milieu de culture idéale pour des champignons favorisant la pourriture de l'écorce, offrant ainsi une porte d'entrée facile à franchir pour de nombreux pathogènes et ravageurs. La majorité des agrumes sont cultivés à partir d'arbres greffés. Le greffage, en plus d'une technique de multiplication à l'identique d'une variété choisie, est surtout une technique d'adaptation de l'arbre à de nombreuses contraintes physiques et biologiques. Une des principales contraintes imposant le greffage est la résistance aux *Phytophthora* qui se multiplient souvent dans le sol. C'est pour cela que le point de greffage doit être haut, au moins à 25 cm au-dessus du collet et peut aller jusqu'à 40 cm dans les zones à risque d'attaques importantes de *Phytophthora*. Cette contrainte oblige à abandonner la formation en gobelet de plusieurs charpentières partant directement du sol. Il est important de planter des arbres greffés « haut » et de choisir ses points de départ des charpentières principales au sommet d'un tronc bien développé. Cette structure imposée influencera considérablement toutes les tailles de formation préconisées.

La taille de fructification

Elle a pour objectif le renouvellement du bois, l'entrée de la lumière dans la frondaison, l'élimination des bois morts, des branches ou rameaux croisés, mal positionnés, porteurs de populations trop importantes de ravageurs et d'éclaircir les branches ou les rameaux trop touffus. Pour certaines espèces, on peut, grâce à la taille de fructification, corriger des problèmes liés au calibre des fruits par exemple. En effet, un arbre donnant des fruits de calibres majoritairement petits (clémentiniers ou orangers), pourra être taillé plus sévèrement. Ainsi la production suivante devrait donner des fruits plus gros, mais néanmoins moins nombreux.

Quelques bases physiologiques

Tailler c'est voir le futur, imaginer les conséquences des coupes sur le développement à venir de l'arbre et sur les rendements. Pour minimiser les chances de se tromper, pour ne pas tailler au hasard, sans vision des conséquences, il faut comprendre l'arbre et savoir que la

taille repose sur des mécanismes complexes que l'on peut essayer de simplifier comme suit :

- couper une branche affaiblit l'arbre car on le prive de réserves accumulées et on prive le système racinaire d'une partie de la sève élaborée ;
- si on coupe la tête d'une branche on renforce sa vigueur et son développement par le démarrage de bourgeons axillaires qui crée de nouvelles ramifications avec plus de feuilles ; cependant le développement de ces bourgeons axillaires n'est jamais tout à fait égal à la quantité de végétation éliminée sur l'arbre, on ne renforce donc pas l'arbre mais seulement le rameau ou la branche étêtée.

Ainsi, en éliminant des rameaux ou des branches on renforce, en répartissant la sève, les ramifications restantes, mais une taille importante provoque des démarrages anarchiques de bourgeons, une végétation déséquilibrée et un retard de croissance des racines. Les nombreux nouveaux petits rameaux sont fragiles et généralement peu fructifères et le volume global de l'arbre finalement diminue et la qualité des fruits baisse. Une taille sévère expose aussi les branches principales aux risques de brûlures solaires.

L'intensité de la taille doit systématiquement être inversement proportionnelle à la vigueur de l'arbre. Un arbre très vigoureux, comme peuvent l'être certains citronniers, doit être peu taillé, alors que certains clémentiniers devront être taillés régulièrement.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la sève n'alimente pas plus les branches qui vont vers le bas grâce à la gravité. La force qui permet aux arbres de littéralement pomper l'eau du sol pour la faire monter jusqu'en haut de leur cime est basée sur un système de colonne d'eau de type « pompe à vide » amorcée par la transpiration des feuilles. Ce système est d'autant plus efficace que la colonne est verticale et sans courbe. Voilà pourquoi un gourmand bien droit « pompera » toute la force de l'arbre en concentrant les flux de sèves qui circulent de manière plus efficace que dans des rameaux horizontaux et tortueux. C'est pour cela que les branches bien verticales sont généralement plus vigoureuses et sont appelées « gourmands ». Il faut également savoir que chez les agrumes les « gourmands » peu-

vent être fructifères ; leur élimination ne doit donc pas être systématique.

La taille, grâce à son action de redistribution de la sève, favorisant le ralentissement des flux par la création de ramifications sinueuses, favorise la mise à fruit, d'où les fructifications plus nombreuses dans les parties basses de l'arbre. Ce phénomène peut être observé même sans taille, en effet, un gourmand très vigoureux se met à fleurir dès qu'il commence à se courber sous son propre poids.

La floraison est fortement influencée par l'ensoleillement et les températures. En fonction des espèces la fleur nécessite de la lumière mais pas de trop fortes chaleurs. Ainsi, un arbre trop dégarni en zone chaude aura moins de fleurs sur sa face sud que sur sa face nord. A l'inverse, un arbre trop touffu en zone froide aura moins de fleurs sur sa face nord que sur sa face sud.

Même s'il ne s'agit que d'une généralité et que ce n'est pas une règle systématique, les fleurs et les fruits sont souvent portés par des rameaux de l'année positionnés sur des branches qui n'ont pas fleuri l'année précédente. La taille doit gérer cette alternance en favorisant certaines branches par rapport à d'autres en fonction de leur position dans l'arbre, de leur état végétatif et de leur historique de production.

Les outils de taille

Il existe des règles concernant les outils de taille à respecter impérativement :

- tous les outils utilisés doivent être désinfectés régulièrement et impérativement à l'eau de javel (hypochlorite de sodium à la concentration du marché), avant et après la taille de chaque parcelle ou chaque lot d'arbres d'une même variété, d'une même classe d'âge et/ou d'une même origine, pour éviter tout risque de propagation de maladies ;
- ils doivent être régulièrement lavés et graissés afin d'augmenter un peu leur espérance de vie, très raccourcie par l'utilisation régulière d'eau de javel ;
- ils doivent être bien aiguisés, cela permet de moins forcer et donc de moins blesser l'arbre mais aussi de limiter les risques d'accidents des opérateurs ;

- il est conseillé de garder ses outils de taille sous clefs afin de limiter les risques d'utilisation sauvage sur des vergers non contrôlés et donc de transmission de maladies.

L'outil principal de la taille des agrumes est le sécateur à une main. Si l'arbre a régulièrement été taillé depuis la pépinière, la taille annuelle ne nécessite pas d'autre outil qu'un simple sécateur. Il existe plusieurs modèles et il est important d'en choisir un de bonne qualité, adapté à sa main (taille de l'outil). Il en existe spécifiquement adaptés aux gauchers. Le sécateur à deux mains est souvent utilisé par les tailleurs « à la tâche » qui préfèrent passer moins de temps par arbre en ne taillant que quelques grosses branches, donnant ainsi l'impression d'une taille importante par un gros volume de bois supprimé. Malheureusement, c'est souvent au dépend de la structure de l'arbre et donc des rendements. Le sécateur à deux mains et la scie ne doivent être utilisés qu'occasionnellement au moment du renouvellement de vieilles branches ou de réparation de casses importantes. La scie doit être adaptée à la taille du bois vert et il est conseillé d'en choisir une à lame courbée et étroite, pour se faufiler entre deux branches par exemple, avec une double rangée de dents, ainsi qu'une lame plus épaisse au niveau des dents pour éviter qu'elle ne se coince au moment de la coupe. Enfin, la tronçonneuse ne devra être utilisée qu'en dernier recours pour une taille de restructuration ou en cas de casse importante. Attention, certaines huiles utilisées pour lubrifier les chaînes de tronçonneuse peuvent être phytotoxiques, demandez conseil à votre revendeur. Il est important de savoir qu'une chaîne de tronçonneuse doit aussi être affûtée régulièrement.

Il existe aujourd'hui de bons sécateurs électriques ou pneumatiques légers et maniables, mais leur utilisation est plus dangereuse car, contrairement à la vigne ou au pêcher, la taille des agrumes est plus difficile du fait de la présence des feuilles qui gênent la vue du point de coupe et donc de ses doigts. Malgré les nombreux systèmes de sécurité qui évitent de se couper un doigt avec un sécateur électrique (gant coupe circuit, gâchette sensible...), il est désagréable et stressant de régulièrement penser à la position de sa main et de ses doigts avant chaque coup de sécateur.

Quand tailler ?

Les agrumes étant des arbres à feuilles persistantes, la taille pourrait intervenir à n'importe quelle période de l'année, même en été. Il faut toutefois éviter de tailler en période de floraison pour des raisons évidentes de stress pouvant provoquer d'importantes chutes de fleurs. Il existe quand même des périodes à privilégier en fonction des espèces et des variétés afin d'éviter certaines erreurs. En zone froide, à cause des risques réguliers de gelées, comme c'est le cas dans le nord de la Méditerranée, il est fortement conseillé de tailler après la période des risques de gelées hivernales, juste avant la floraison. Cela est vrai tant pour les variétés dont les fruits ont déjà été récoltés (clémentiniers par exemple) que pour celles qui portent encore leurs fruits (comme certains orangers). Le cas du citronnier est un peu particulier car il arrive que les arbres aient encore des fruits et parfois même des fleurs, mais cet inconvénient est limité du fait que la taille du citronnier doit être légère et adaptée à sa vigueur. Dans le nord de la Méditerranée la période idéale est donc de fin mars à fin avril. En fonction des régions, la taille peut commencer avant, si les risques de gelée sont limités, voir même plus tard, après les récoltes, s'il n'y a aucun risque de gelée.

La fréquence de la taille est aussi une question importante. Une taille trop espacée dans le temps ne renouvelle pas suffisamment le bois et dans le cas du clémentinier, elle favorise l'entrée en alternance de l'arbre. La taille des branches à éliminer sera plus importante car non seulement on va éliminer une végétation qui se sera développée au dépend du reste de l'arbre mais en plus, il faudra plus d'effort pour les enlever, avec une scie au lieu d'un sécateur. La taille annuelle, même très légère, est donc à privilégier dans le cas du clémentinier, mais peut être bisannuelle dans le cas de certaines variétés comme le citronnier ou l'oranger.

L'opération « taille » est un poste budgétaire important pour les producteurs et certains peuvent être tentés d'en limiter le coût en diminuant la fréquence d'une fois par an, à une fois tous les deux ou trois ans. Si l'on ajoute la tentation de payer les tailleurs à la tâche, avec une sorte de forfait à l'hectare, certes des effets sur la trésorerie seront visibles à très court terme, mais les effets seront néfastes sur la production. Ils seront plus lents et sournois mais tout aussi visibles au bout de quelques campagnes.

Particularités de la taille des agrumes du Nord de la Méditerranée

Quelle que soit la variété ou l'espèce on observe son arbre avant de commencer la taille. A part cas particulier de rabattage ou ré-équilibrage de l'arbre, le volume occupé par l'arbre après la taille doit être proche voire identique au volume occupé avant la taille. On commence toujours par le centre de l'arbre vers l'extérieur et du bas de l'arbre vers le haut. On commence toujours par les grosses coupes afin de ne pas avoir à tailler finement au sécateur des brindilles qui disparaîtront finalement lors de la coupe de l'ensemble de la branche qui les porte. Une fois les grosses coupes réalisées, on passe à l'éclaircissage qui consiste à équilibrer la répartition de la lumière dans toutes les parties de l'arbre et à éliminer, au sécateur, les rameaux surnuméraires en dédoublant (élimination d'un rameau sur deux en fin de branche). Aucune coupe ne doit se faire au milieu d'une branche ou d'un rameau, elles doivent être faites à la base de la branche ou du rameau, ou à une intersection, sans laisser de « chicot ». Les branches qui se croisent ou qui occupent exactement le même espace à une hauteur proche, nécessitent une action de taille. Il faut généralement éliminer une des deux en choisissant la plus robuste ou la mieux positionnée. Attention, la taille ne fait tout de même pas de miracles et n'a pas d'action curative notoire sur un arbre malade.

Le clémentinier

La taille du clémentinier a beaucoup évolué depuis les années 70 (Sqalli, 1975). En Corse, du fait de conditions pédoclimatiques particulières, la taille de formation et la taille annuelle des clémentiniers sont particulièrement importantes pour permettre une bonne pénétration de la lumière dans la frondaison et un développement harmonieux de l'arbre qui pousse nettement moins vite qu'en zones plus chaudes. Depuis sa création en 1959, la station de recherches agronomiques Inra-Cirad de San Giuliano (INRAE-Cirad depuis 2020) a beaucoup travaillé sur les différentes techniques de taille et a pu vérifier leurs conséquences dans les conditions de production de la Corse. Contrairement à beaucoup d'idées reçues, la taille en gobelet ou en entonnoir, qui consiste à vider l'intérieur de l'arbre, n'est pas conseillée pour la production de clémentines. Cette technique pose de nombreux

problèmes. Tout d'abord elle favorise les coups de soleil et donc la dégradation de la qualité des charpentières qui peuvent parfois se dessécher sur plus de la moitié de leur épaisseur. De plus, beaucoup de variétés de clémentiniers fleurissent et fructifient au cœur de la frondaison et si celle-ci est réduite à la périphérie, le producteur se prive d'une partie importante de la récolte qui, en plus, est de qualité. Enfin, la conséquence de ce type de taille est souvent une production très irrégulière. La forme idéale du clémentinier est la boule ou l'entonnoir renversé en fonction des variétés. Les clémentiniers de type « commun » devront plutôt être taillés en entonnoir renversé ou trapèze, avec un sommet plus étroit que la base, en laissant la lumière éclairer toutes les faces de l'arbre. Une fois la forme de l'arbre définie, la taille du clémentinier consiste à gérer les gourmands en éliminant les mal positionnés et trop droits, à bien équilibrer les charpentières et sous charpentières, à limiter la hauteur de l'arbre afin de faciliter la récolte, à contrôler la partie basse de la frondaison appelée « jupe » afin de ne pas avoir de branches ni de fruits qui touchent le sol.

Le pomelo

Les principes de base de la taille du pomelo restent les mêmes que pour les autres agrumes mais la forme de développement du pomelo est très différente. En effet, il a tendance à faire une boule bien fermée avec un feuillage très dense en périphérie. La taille de formation consistera à respecter ce comportement tout en limitant son développement vers le haut. La production de grappes de fruits à l'intérieur de l'arbre est très courante et la qualité des fruits protégés par les feuilles est souvent bien meilleure (moins de taches) que celle des fruits directement exposés au soleil. La taille, qui pour le pomelo doit rester légère, consistera donc à préserver la couche de feuilles à l'extérieur de la frondaison tout en évitant l'anarchie de branches et brindilles à l'intérieur de l'arbre. Afin de faciliter l'entrée des traitements (en conventionnel comme en agriculture biologique) il est tout de même préconisé de procéder à la réalisation d'une sorte de fenêtre de chaque côté de la frondaison. Cette ouverture, réalisée face inter rang, permet la pénétration de la lumière dans l'arbre, sans coup de soleil, et augmente l'efficacité des traitements insecticides

(dont l'huile blanche) en donnant au pulvérisateur un accès direct au cœur de l'arbre.

L'oranger

Les orangers sont en général très sensibles à la taille et réagissent par la formation de gourmands, proche de l'axe du tronc, et de gros fruits, c'est d'autant plus vrai pour les variétés de type navel. Les orangers navel devront donc être formés de manière équilibrée puis taillés très succinctement. La taille de fructification est moins importante sur un oranger que sur un clémentinier ; la taille aura donc principalement pour objectif de limiter la hauteur de l'arbre et permettre son développement harmonieux dans l'espace qui lui est imparti. Enfin, les principes d'élimination des bois morts et des branches qui se croisent, ou surnuméraires restent vrais quelle que soit la variété d'oranger.

Le Chinotto

Le *Chinotto* a un développement très particulier avec des entrenœuds très courts et des rameaux très feuillés. Sa forme naturelle est très buissonnante et son développement est souvent plus lent que celui des autres agrumes. Par ailleurs la variété à « grandes feuilles » montre des incompatibilités d'association avec certains porte-greffe comme le poncirus et le citrange Carrizo qui se manifestent par l'émergence de multiples rejets au niveau du porte-greffe, preuve que la conduction de sève s'effectue mal et ralentit encore plus la croissance de l'arbre. Chez le *Chinotto*, l'élimination de ces rejets de porte-greffe doit être régulière et systématique. La taille de formation du *Chinotto* est particulièrement importante et visera à permettre un développement vertical dans un premier temps puis horizontal pour occuper l'espace latéral et faciliter traitements et récoltes dans un second temps. Le renouvellement du bois est important mais devra se faire de manière légère. Le *Chinotto* cultivé dans le Nord de la Méditerranée a une croissance particulièrement lente qui ne doit pas être entravée par une taille sévère. De plus, les attaques de mineuses (*Phyllocnistis citrella*) peuvent faire de gros dégâts sur les jeunes pousses, une taille trop tardive et trop sévère provoque de nombreux départs de pousses

et donc l'aspect buissonnant favorisant les attaques de mineuses et la prolifération des cochenilles et pucerons. Il n'est pas nécessaire d'éliminer les rameaux effeuillés par la mineuse, leur élimination ne diminue pas les populations de mineuses mais augmente les départs de pousses, propices au développement de nouvelles larves de mineuse. Le choix des rameaux à éliminer lors de la taille ne doit pas se faire sous l'influence des dégâts de mineuses mais bien dans l'intérêt de la structure de l'arbre et de la production.

Le cédratier

Le cédratier a un comportement proche de celui du citronnier, il a tendance à développer des gourmands épineux dans tous les sens. En fonction du porte-greffe utilisé, il peut également présenter des vigueur variables mais en général le port de l'arbre est étalé avec une faible hauteur. Il dépasse rarement les 2,5 m. Son feuillage n'est pas très dense. La taille du cédratier est principalement une taille de formation et de renouvellement régulier du bois. Il ne s'agit pas d'une réelle taille de fructification comme on l'entend dans le cas du clémentinier. Les cédratiers, tout comme les citronniers, sont particulièrement sensibles au vent. Un travail supplémentaire est donc nécessaire en zone venteuse. Les branches doivent être particulièrement bien réparties et équilibrées pour éviter tout frottement entre elles. De plus, les épines de grande taille chez le cédratier, doivent être régulièrement éliminées en les coupant à ras, pour minimiser les blessures qu'elles peuvent occasionner aux fruits et aux feuilles. Dans certaines régions les cédratiers comme les citronniers sont cultivés en pergolas, palissés à l'horizontale. La taille de formation est alors primordiale. Il faut d'abord monter l'arbre sur un axe puis courber trois ou quatre charpentières le long des fils. Une fois les espaces occupés il faut contraindre la frondaison à suivre le palissage et favoriser la floraison, et donc la fructification, sous la pergola. Il s'agit là d'une technique peu ou pas utilisée dans le cas de la culture du cédrat en Corse, mais commune dans la culture du cédrat Diamante en Calabre (sud de l'Italie) dans le cadre de la production de cédrats pour la fête juive des Cabanes.

Le citronnier et la Pompia

Le développement du Pompia est proche du citronnier. Les arbres de ces deux agrumes ont tendance à produire des gourmands dans tous les sens et s'ils sont livrés à eux-même, sans taille, ils se développent dans tous les sens et différents étages de végétation apparaissent en hauteur. La gestion de la forme est primordiale pour équilibrer les charpentières et éviter les développements de gourmands trop fréquents. L'équilibre est difficile à atteindre car chaque action de taille provoque l'apparition de gourmands, ceux-ci étant fructifères, ils s'arquent eux même sous le poids des fruits, provoquant le départ de nouveaux gourmands sur la face supérieure des arcures. Le choix précoce des charpentières principales est donc primordial. Il faut ensuite forcer le développement latéral de l'arbre en contrôlant régulièrement sa hauteur. La taille de fructification doit être légère et n'aura pour objectif que le renouvellement du bois favorisant la fructification.

LA FERTILISATION

La fumure consiste à fournir à l'arbre les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance ; ces éléments sont présents dans le sol et diminuent avec le temps suite aux prélèvements faits par l'arbre. Naturellement, la chute des feuilles, des fruits et du bois mort, est censée compenser les prélèvements. Dans un verger les fruits sont retirés (on parle d'exportation) de la parcelle et l'équilibre ne se fait plus forcément. Les apports de fumures consistent donc à garantir la fertilité du sol malgré les prélèvements. Il existe deux principales philosophies : en agriculture conventionnelle on met à disposition de l'arbre des éléments minéraux directement disponibles et assimilables par la plante et en agriculture biologique on met à disposition des organismes vivants du sol de la fumure organique qu'ils devront transformer en éléments minéraux disponibles et assimilables par la plante. En simplifiant, soit on nourrit les arbres directement (fumure chimique), soit on nourrit le sol pour qu'il puisse nourrir les plantes (fumure organique). Des apports de fumure organique dans un sol mort n'a donc aucun sens. Quelle que soit l'option choisie, une attention toute particulière doit être apportée à son sol. Aucun

programme de fumure ne peut être efficace si l'on ne connaît pas parfaitement la nature de son sol (pH, structure, composition...). Une analyse de sol (quelle que soit la technique d'analyse choisie) est indispensable avant toute plantation et régulièrement au cours de la vie du verger pour définir et ajuster son plan de fumure. Les principaux éléments minéraux à apporter aux plantes sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). D'autres éléments tels que le calcaire ou certains oligoéléments pourront également être apportés en fonction des besoins et des types de sol.

Chez les agrumes, en général, ces éléments n'ont pas forcément le même rôle et leur excès ou leur manque peuvent avoir des effets très différents. Ainsi l'azote (N) favorise le développement de plante, stimule l'assimilation du phosphore et du potassium, il augmenterait aussi la tolérance au froid, la floraison et les rendements. En excès, il favorise les attaques de ravageurs de type mineuse, puceron et aleurode, il baisse la qualité interne et externe des fruits de certaines variétés comme les oranges et les clémentines. Le phosphore (P) favorise la croissance végétative et les équilibres minéraux, il a une influence positive sur la teneur en jus et négative sur l'acidité des fruits. En excès, il peut provoquer des carences en fer, diminuer l'épaisseur de la peau des fruits, et retarder la coloration externe. Le potassium (K) quant à lui permet d'augmenter le calibre et de diminuer la chute des fruits, mais en excès il peut provoquer des carences en fer, augmente l'épaisseur de la peau, diminue le taux de jus, augmente l'acidité et retarde considérablement la coloration externe.

Le premier apport d'engrais doit se faire avant la plantation, il s'agit de la fumure de fond. Elle a pour objectif de corriger les déséquilibres identifiés grâce aux analyses de sol. Il est évident qu'il ne sera pas possible de changer la nature du sol grâce à une fumure de fond, mais c'est l'occasion de donner les meilleures chances possibles d'installation aux jeunes arbres à venir. Cette fumure de fond peut être chimique ou organique ou mixte. Les teneurs en N, P et K de la fumure de fond varie en fonction des résultats des analyses de sol. En général, le taux de matière organique des sols méditerranéens est assez faible, vouloir relever ce taux de manière significative et définitive est souvent illusoire. Il est plutôt conseillé, avant plantation, de cultiver un engrais dit « vert » qui, une fois semé et levé, sera enfoui sur place. Cette

culture d'engrais vert peut être prolongée sur l'interligne après plantation. Ces pratiques sont souvent bien plus efficaces et économiques pour enrichir le sol en matière organique qu'un apport massif.

Une fois les arbres plantés, une fumure annuelle est alors programmée en fonction des informations données par les analyses de sol et de feuilles. La fumure de sol doit être adaptée au type de sol et aux besoins des arbres variant en fonction de leur âge et de leur état physiologique. Un plan de fumure ne devrait pas être standard ou immuable, il doit évoluer en fonction des années, des résultats des analyses, des niveaux de production etc.

Il est généralement conseillé de fractionner les apports, notamment d'azote, afin de limiter au maximum les pertes par lessivage et de garantir la fertilité du sol sur des périodes charnières telles que la floraison ou le grossissement du fruit.

En fonction des zones et du climat, la fumure azotée devrait être apportée en deux ou trois passages. Dans le cas de la production de clémentines plusieurs exemples de fractionnement de l'apport d'azote sont possibles :

- 40% de la dose apportée mi-avril, quelques semaines avant la floraison, puis 60% début juillet pour une fumure en deux apports.
- 40% de la dose apportée mi-avril, puis 30% mi-juin et 30% mi-août.

Les apports en potassium ne sont pas nécessaires dans de nombreux sols de Corse, ces apports peuvent être nécessaires dans d'autres conditions de culture. Il faut tout de même savoir que les modifications de taux de potassium dans le sol sont très lentes et que les effets sur la plante ne sont pas immédiats. De plus, il y a plus de problèmes de qualité sur agrumes du fait d'un excès de potassium dans les sols plutôt que de problèmes liés à des carences.

Les apports de phosphates sont généralement bénéfiques à long terme sur la production, les dates d'apport ont donc peu d'importance. Il existe la possibilité de ne faire qu'un seul apport à double dose tous les deux ans par exemple.

Il est parfois nécessaire de faire des apports d'oligoéléments pour corriger d'éventuelles carences sur des vergers d'agrumes. Ainsi, en

sol calcaire, des apports de fer, sous forme de chélate de fer, sont possibles pour corriger la chlorose ferrique. En sol trop acide, des apports de calcaire relevant légèrement le pH du sol peuvent corriger des carences en molybdène. Globalement les principales carences peuvent être corrigées par des pulvérisations foliaires en prenant en compte les risques d'excès souvent synonymes de toxicité.

LA GESTION DURABLE DU SOL

Les agrumes ont une plasticité édaphique réduite car ils ne se développent pas dans tous les types de sol. Même en disposant de porte-greffes avec des systèmes racinaires différents, il faut éviter de cultiver des agrumes sur des sols :

- excessivement humides, avec stagnation d'eau et nappes superficielles, provoquant généralement l'asphyxie racinaire ;
- trop lourds, compacts, humides en hiver, avec un excès d'argile superficiel et trop calcaires et/ou trop salins ;
- excessivement superficiels, avec une couche explorable pour les racines, inférieure à 70 cm d'épaisseur ;
- excessivement épuisés, à cause de cultures consécutives avec la même espèce ou le même porte-greffe.

La combinaison appropriée que les producteurs d'agrumes doivent adopter entre leurs objectifs de production et les caractéristiques pédoclimatiques ainsi que le couple variété/porte-greffe, est essentielle tant dans la phase de conception et de plantation que dans la gestion du verger. Chez les arbres adultes, les techniques de gestion des sols jouent un rôle clé aussi bien en termes de résultats économiques qu'en termes d'impact sur la fertilité des sols, sur la qualité et la quantité de la production. Dans le passé, la gestion du sol par son travail était la méthode la plus répandue ; aujourd'hui elle est accompagnée ou remplacée par des techniques alternatives, telles que le désherbage et l'enherbement artificiel ou contrôlé, ayant plusieurs avantages, dont la perméabilité indispensable du sol du verger pendant la saison pluvieuse.

Le travail du sol

Pour les agrumes, comme pour les autres cultures, le travail du sol a des fonctions importantes consistant principalement en l'élimination des adventices et à l'amélioration de la nutrition hydrique et minérale en réduisant l'accumulation des eaux de pluie et les effets négatifs de la sécheresse en interrompant la montée des eaux par capillarité. Cela prépare également le sol pour l'irrigation, assure un enfouissement optimal des engrais et favorise la minéralisation de la matière organique.

Ce travail peut également avoir des effets défavorables tels qu'une fragmentation excessive du sol pouvant endommager sa structure, une augmentation du calcaire actif dans les sols riches en carbonates, une rupture des racines superficielles (celles qui explorent le plus la couche de sol riche en nutriments), la formation d'une semelle de labour et enfin, sur les collines, l'érosion.

Le nombre d'interventions est variable selon l'année mais traditionnellement, au cours d'une année entre les mois de mars et de septembre, il faut en faire 5 à 6, tandis que les mois restants sont réservés au fauchage et / ou au désherbage, de la couverture végétale (Fig. 6.4).



Fig. 6.4 : Travail du sol de printemps dans un verger d'agrumes (© G. Nieddu-Uniss.)

La gestion de la flore spontanée

L'augmentation générale des coûts de main d'œuvre et des interventions techniques, leur impact environnemental dû à l'utilisation de combustibles fossiles et à la libération de CO₂, ainsi que la nécessité d'adopter des techniques agronomiques capables de promouvoir et

de sauvegarder la fertilité et une structure non éphémère du sol, ont dépassé les préoccupations traditionnelles, qui considéraient le travail du sol comme essentiel et irremplaçable pour la bonne gestion d'un verger d'agrumes. Parmi les interventions de substitution proposées, le fauchage, l'enherbement, ou encore l'union des deux (**Fig. 6.5**), permet à la fois une augmentation de la quantité d'eau et de matière organique dans le sol ainsi qu'une diminution du phénomène d'érosion. Par conséquent, la lutte contre les espèces herbacées naturellement présentes dans le sol a également changé, allant de la poursuite de leur éradication totale à une gestion globale de l'écosystème des vergers d'agrumes.



Fig. 6.5 : Verger dont la couverture herbeuse et les résidus de taille ont été broyés sur place (© G. Nieddu-Uniss.)

Les adventices sont un problème pour toutes les cultures puisqu'elles leur font concurrence sur la lumière, les nutriments, l'eau, le CO₂ et l'oxygène et que, dans le même temps, elles peuvent abriter de nombreux agents pathogènes ou insectes ravageurs ou vecteurs potentiels de maladies. Normalement, dans chaque plantation d'agrumes, plus qu'une espèce ou une population, il existe une flore

mixte d'adventices. La force des espèces d'adventices relève de leur capacité à se régénérer et à s'adapter à l'environnement, de là découlent leurs caractéristiques de reproduction particulières ainsi que leurs mécanismes de dispersion, de germination, de survie et de compétitivité, entraînant leur dissémination.

Parmi les espèces les plus communes dans les vergers d'agrumes méditerranéens figurent les dicotylédones annuelles, dont l'amarante (*Amarantus retroflexus*) et le pourpier (*Portulaca oleracea*), qui peuvent respectivement produire 117 000 et 52 000 graines par plante. Ces graines restent dans le

sol pendant de nombreuses années. Ainsi, sur 100 graines d'amarante, 64 peuvent encore germer après 1 an, 20 après 2 ans et 12 après 3 ans. D'autres espèces fréquemment trouvées dans les vergers adoptent d'autres modes de propagation végétative : parmi les monocotylédones vivaces, le Chiendent (*Cynodon dactylon*, **Fig. 6.6**) et le souchet rond (*Cyperus rotundus*) restent des années dans la parcelle, se multipliant respectivement par leurs stolons (tiges rampant sur le sol) et leurs rhizomes (tiges souterraines).



Fig. 6.6 : *Cynodon dactylon* (Chiendent)
(© G. Nieddu-Uniss)

En hiver, les vergers d'agrumes se couvrent de plantes moins compétitives et moins nuisibles, dont l'Oxalis (*Oxalis pes-caprae*), une plante à fleur jaune d'origine sud-africaine aujourd'hui caractéristique des vergers d'agrumes en Corse. Elle ne produit pas de graines en grandes quantités, mais possède des bulbilles lui permettant une propagation très rapide. L'été, c'est le pourpier - qui se dissémine également par fragmentation de parties de la plante - que l'on voit le plus souvent.

Pour lutter contre toutes ces adventices dites « mauvaises herbes », de nombreux herbicides ont été progressivement développés avec

des substances n'ayant une action toxique que pour certaines espèces (donc sélectives) ou être mortelles pour toutes les espèces (non sélectives ou totales). Ces herbicides peuvent agir sur les plantules qui viennent de germer par différentes voies : par absorption racinaire, par contact sur la partie du tissu avec laquelle ils entrent en contact en épargnant les parties souterraines comme les rhizomes, les tubercules et les bulbes, ou par transmission du site d'application (feuilles ou racines) au site d'action à travers le système vasculaire, on parle alors d'herbicides systémiques.

Actuellement, la lutte chimique contre les mauvaises herbes exige un désherbage raisonné, avec des interventions ciblées qui ne doivent être menées qu'au-delà d'un certain seuil de prolifération, en privilégiant et en alternant des principes actifs que la sensibilité sociétale aujourd'hui généralisée veut de moins en moins nocifs et résiduels.

Pour lutter contre cette flore hivernale et printanière, les herbicides peuvent être utilisés en automne et au printemps, avec un troisième traitement estival éventuel, excluant ainsi le travail du sol ; deux traitements, un au printemps, l'autre en été sont aussi possibles. L'utilisation des ou de certains herbicides est fortement décriée à cause de leur toxicité sur l'environnement et sur l'homme. Il est probable que la réglementation européenne interdise leur utilisation dans les années à venir. Des méthodes alternatives devront être recherchées pour gérer le recouvrement des sols.

L'enherbement

L'enherbement est la technique de gestion du sol la plus courante en agrumiculture et consiste à laisser une partie ou la totalité de la surface du sol en friche, c'est-à-dire à laisser pousser l'herbe, puis la couper périodiquement, en la laissant à même le sol.

Il s'agit d'une bonne pratique, à la fois parce qu'elle permet la suppression totale ou partielle du travail du sol - entraînant une réduction significative des besoins en main d'œuvre -, et que, sur un sol herbeux, le passage des moyens mécaniques est garanti à tout moment.

Cette technique est particulièrement avantageuse : elle améliore la structure du sol, réduit considérablement l'érosion et stimule le développement des racines dans les couches les plus superficielles puisqu'elles ne sont pas endommagées par les outils utilisés lors du travail du sol. L'enherbement a des effets positifs importants sur la composition chimique du sol puisque la matière organique et les éléments minéraux en particulier augmentent, même si ce n'est que dans la couche superficielle.

Il faut toutefois souligner que toute couverture végétale exerce une concurrence plus ou moins importante quant à l'apport hydrique et nutritionnel, qu'elle diminue la vigueur et la production d'un point de vue quantitatif, mais qu'elle peut améliorer la qualité à condition qu'un apport nutritionnel adéquat soit maintenu. En revanche, certaines couvertures végétales peuvent aider à atténuer le problème de stagnation ou d'excès d'eau en la consommant et en favorisant une infiltration progressive et continue dans les périodes les plus pluvieuses.

La couverture herbeuse présente en culture associée dans les vergers d'agrumes peut être :

- naturelle, c'est-à-dire qui assure le maintien et la gestion des espèces spontanées, et qui, en tout état de cause, exerce une forte concurrence pour l'eau et ses nutriments en cas d'abondance d'espèces pluriannuelles et annuelles dans le cycle printemps-été ;
- artificielle, avec des espèces sélectionnées qui sont semées dans l'inter-rang (**Fig. 6.7**) et dans l'ensemble du verger. L'avantage d'un tel choix réside dans la possibilité d'utiliser une ou plusieurs espèces ayant des besoins hydriques, nutritionnels et un cycle phénologique connus, ne coïncidant pas avec ceux de la culture principale. Étant ainsi plus faciles à gérer, leur concurrence est minimisée, voire même évitée.



Fig. 6.7 : Fèverole semée sur l'inter-rang d'un verger d'agrumes (© G. Nieddu-Uniss)

Le choix des essences à utiliser dans l'enherbement artificiel est large compte tenu de l'extrême variabilité des conditions pédoclimatiques des aires de culture des agrumes « rares », et doit se fonder sur des caractéristiques génétiques, agronomiques et physiologiques (par exemple, un système racinaire très superficiel, résistant au piétinement, à l'ombre, avec des besoins limités et une adaptation aux caractéristiques spécifiques du sol et du climat de l'aire concernée). Ces essences doivent donc garantir :

- un cycle vital raccourci ;
- un système racinaire épais et robuste, tout en favorisant le développement en profondeur des racines des agrumes ;
- une demande faible en eau et limitée en éléments minéraux ;
- une bonne résistance au piétinement et à l'ombre.

Les espèces actuellement utilisées appartiennent presque exclusivement aux familles des légumineuses, des graminées et des crucifères. Elles sont utilisées seules ou, plus fréquemment, dans des mélanges de 3 à 4 variétés ou espèces afin d'améliorer l'adaptabilité et les caractéristiques de la couverture végétale.

Les graminées

Les espèces les plus utilisées pour la constitution du mélange sont :

- *Lolium perenne* (Ray-grass anglais) : plante de taille moyenne résistant bien au froid et à la sécheresse, avec une remarquable rapidité de couverture ; comme elle est cespiteuse (croît en touffes compactes), elle est très résistante au piétinement et est compétitive face à la flore spontanée (**Fig. 6.8**).
- *Festuca rubra* (Fétuque rouge ou fétuque traçante.) : comprend plusieurs variétés, notamment celles qui émettent des stolons et celles qui émettent des rhizomes (*F. rubra rubra*, *commutata* et *trichophila*), qui sont les plus appropriées pour la production de tapis denses. Elle résiste bien aux températures élevées, à la sécheresse, à l'ombre et montre une grande capacité d'adaptation aux sols pauvres et stagnants. Bien que lente à s'implanter, la fétuque rouge a une longue durée de vie et résiste au piétinement.

- *Festuca arundinacea* (Fétuque élevée ou fétuque roseau) : espèce possédant plusieurs qualités telles que sa remarquable résistance à la chaleur, à la sécheresse, aux maladies et au piétinement. Dotée d'un appareil racinaire profond, elle tolère bien les courtes périodes de stagnation d'eau, elle résiste à la salinité en fonction de son écotype et présente une vitesse d'implantation moyenne ; très productive, elle nécessite une fauche beaucoup plus fréquente que les autres espèces et présente une tolérance limitée aux tontes trop basses (**Fig. 6.9**).

- *Festuca ovina* (Fétuque ovine ou fétuque des moutons) : semblable à la fétuque rouge, mais compétitive, elle est très rustique et s'adapte bien au piétinement ainsi qu'aux sols pauvres et secs, à condition qu'ils soient bien drainés.

- *Poa pratensis* (Pâturin des prés) : permet des couvertures très denses, mais nécessite de bonnes ressources en eau et en minéraux. Il se caractérise par sa lenteur d'implantation et sa faible compétitivité.

- *Dactylis glomerata* (Dactyle pelotonné) : plante vivace



Fig. 6.8 : *Lolium perenne* (Ray-grass anglais) (© G. Nieddu-Uniss)



Fig. 6.9 : *Festuca arundinacea* (Fétuque élevée ou fétuque roseau) (© G. Nieddu-Uniss)



Fig. 6.10 : *Dactylis glomerata* (Dactyle pelotonné) (© G. Nieddu-Uniss)

adaptée aux sols moins fertiles et secs, elle préfère les sols bien drainés et tolère les sols acides. Elle présente un développement cespiteux, en touffes compactes, une taille élevée et une implantation rapide développant une couverture persistante en vertu de sa forte dominance sur les mauvaises herbes qui n'ont pas de phase végétative estivale ou sensibles à des températures supérieures à 35°C (Fig. 6.10).

Les légumineuses

Il faut faire une distinction entre les légumineuses vivaces et les légumineuses annuelles auto-ensemencées. Les premières sont utilisées en mélange avec les graminées dans la réalisation d'enherbements pérennes. Le trèfle contribue de manière significative à l'amélioration des caractéristiques physiques et biologiques du sol, notamment grâce à l'activité de ses symbiotes de bactéries fixatrices d'azote. Cependant, elles ont l'inconvénient d'être très exigeantes en eau, de ne pas être suffisamment compétitives face aux mauvaises herbes qui, si elles ne sont pas contrôlées, transforment rapidement le gazon artificiel en un gazon naturel. Parmi les légumineuses les plus couramment utilisées figurent le trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum*) et le trèfle violet (*Trifolium pratense*).

Dans le premier groupe, les espèces les plus valables sont :

- *Trifolium repens* (Trèfle blanc) : il peut développer des couvertures denses et durables grâce à la propagation végétative combinée à une grande capacité d'auto-ensemencement. Il ne tolère pas les basses températures pendant de trop longues périodes et préfère, en raison de son développement, les températures élevées ; pendant les périodes sèches, il réduit son activité et se montre peu compétitif. Des études faites à l'INRAE de Corse ont démontré qu'un couvert végétal dense de trèfle blanc rend le sol imperméable et empêche l'infiltration de l'eau dans les couches inférieures du sol.
- *Trifolium fragiferum* (Trèfle fraisier) : espèce très rustique, avec une bonne adaptabilité aux sols calcaires et une bonne résistance à la sécheresse et au froid ; elle permet une couverture plus durable que les espèces précédentes.

- *Trifolium subterraneum* (Trèfle souterrain) : espèce d'origine méditerranéenne, appelée ainsi pour sa tendance à enfouir ses structures reproductrices après fécondation. Pendant l'été, au fur et à mesure que les ressources en eau diminuent, après avoir produit les graines qui apparaissent sous terre, la plantule commence à sécher en créant une couche de paillis qui enrichira le sol en matière organique et en éléments minéraux. Avec l'arrivée des premières pluies, les graines germent et donne naissance à un nouveau gazon.

L'espèce principale du *Trifolium subterraneum* L., comprend trois sous-espèces :

- 1 *T. subterraneum subterraneum* : espèce annuelle qui, comme les autres trèfles souterrains, se développe principalement pendant la période automne-hiver. Elle s'adapte aux sols acides à peu acides, craint la stagnation de l'eau et préfère les sols meubles pour mieux enfouir ses graines ; elle produit des quantités considérables d'azote (30-50 kg/ha/an) et résiste bien aux basses températures (-10/-12°C) ;
- 2 *T. subterraneum brachycalycinum* : mieux adapté aux sols alcalins à peu alcalins et argileux, ayant une faible tolérance au froid, il convient donc mieux aux régions méridionales.
- 3 *T. subterraneum yanninicum* : tolère un taux d'humidité plus élevé et pousse également dans les zones soumises à l'engorgement.

Outre le trèfle souterrain, une autre espèce digne d'attention est le *Trifolium michelianum* (Trèfle de Micheli), né en Australie, il s'adapte à tous les types de sol, à condition qu'il ait un pH compris entre 5 et 7 et qu'il ne soit pas trop sableux. Très sensible au froid, son utilisation est limitée aux régions méridionales caractérisées par des hivers doux. De plus, en choisissant l'essence d'un gazon artifi-



Fig. 6.11 : *Medicago polymorpha*, Luzerne polymorphe, Luzerne à fruits nombreux (© G. Nieddu-Uniss)

ciel, il ne faut pas oublier les luzernes (du genre *Medicago*), plus tolérantes aux pH alcalins et aux sols argilo-calcaires et se caractérisant par une précocité marquée. En revanche, leur défaut est la dureté excessive de leurs graines, avec une germination réduite possible en automne suivant l'année de plantation. Des résultats intéressants sont généralement obtenus avec différentes espèces dont *Medicago polymorpha* (Fig. 6.11).

Pour réussir un enherbement artificiel, une préparation minutieuse du lit de semis (à effectuer à la fin de l'été pour les semis d'automne ou à la fin de l'hiver pour ceux de printemps), une fertilisation adéquate de la plantation et de la couverture, un tassement au rouleau immédiat après le semis, une première coupe l'année de la plantation, ensuite une coupe périodique de 4-6 cm chaque fois que la couverture atteint 10-15 cm, sont essentiels. Un hersage en hiver et une scarification tous les 3-4 ans sont nécessaires.

L'ÉVALUATION DES BESOINS EN EAU DES AGRUMES : MÉTHODOLOGIES POUR UNE IRRIGATION EFFICACE

Parmi les facteurs abiotiques qui influencent l'expression quantitative et qualitative des récoltes d'agrumes, la disponibilité en eau joue un rôle crucial dans la physiologie et le développement végétatif et reproductif. En Méditerranée occidentale, ainsi que dans la plupart des principales régions productrices d'agrumes du monde, l'eau est le principal facteur limitant de la production, en raison de la répartition irrégulière des précipitations au cours de l'année et de leur rareté pendant les périodes phénologiques cruciales comme la floraison, la nouaison et les pousses végétatives. Pour comprendre s'il faut débiter l'irrigation fin printemps, outre celle de l'été, et pour pouvoir correctement gérer les techniques d'irrigation, il est essentiel de disposer de méthodes appropriées pour déterminer, combien de temps, quand et comment irriguer.

Depuis plusieurs décennies, de nombreuses recherches ont été menées pour déterminer l'évapotranspiration des cultures, c'est-à-dire la quantité d'eau perdue par le système plantes-sol dans l'atmosphère, par transpiration et par évaporation, lors des différentes phases phénologiques du cycle annuel. Ces études ont permis de

mettre au point des méthodes efficaces d'estimation des besoins en eau et d'évaluer le moment le plus approprié pour procéder à l'irrigation.

Le bilan hydrique de la culture

Parmi les différents modèles d'estimation du bilan hydrique des cultures qui se sont développés au fil des années, le plus répandu reste la méthode Penman-Monteith proposée en 1965 par la FAO. L'utilisation d'une telle méthode nécessite cependant l'acquisition - dans l'aire de culture - d'un ensemble de données concernant les principales variables météorologiques (température, précipitations, humidité de l'air, vent et rayonnement solaire) régulant le processus de diffusion de la vapeur d'eau des plantes dans l'atmosphère.

Outre cette méthode indirecte, la détermination correcte du bilan hydrique fait appel à des outils d'évaluation directe comme les lysimètres qui permettent de déterminer, pour chaque mois de l'année, des coefficients spécifiques pour chaque culture ; ces coefficients, rapportés à l'évapotranspiration potentielle - c'est-à-dire l'évapotranspiration d'une culture avec une pleine disponibilité en eau du sol - calculée pour les conditions climatiques du territoire et pour chaque espèce d'agrumes, permettent de déterminer les besoins en irrigation de chaque territoire et pour chaque type d'agrumes. Des calculs ainsi effectués sur la période de 1970 à 1984 ont déjà établi un stress atmosphérique moyen d'environ 800 mm/an pour la Sardaigne, alors que les précipitations utiles n'ont contribué qu'à 22% des besoins, rendant donc l'irrigation indispensable (Dettori *et al.*, 1986).

La FAO met actuellement à la disposition des exploitants le *ETo Calculator*, un logiciel gratuit servant à déterminer l'évapotranspiration potentielle par la méthode Penman-Monteith (<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en/>).

D'autres méthodes plus récentes de calcul direct de l'évapotranspiration effective sont basées sur des méthodes micrométéorologiques de détermination du bilan énergétique, par des mesures des flux de chaleur (H) et de vapeur d'eau (LE) entre la culture et l'air ambiant. Ces techniques ont permis d'améliorer encore la précision de l'estimation de la consommation d'eau des cultures.

Le déficit hydrique dans le sol

D'autres informations utiles pour la détermination des besoins en eau peuvent être tirées de la connaissance du sol, de ses propriétés physiques et hydrologiques qui déterminent sa capacité à retenir l'eau et la rendre disponible aux plantes. En fonction de la composition physique d'un sol et de l'état d'agrégation de ses particules, on peut établir différentes constantes hydrologiques qui expriment la teneur en eau ou l'humidité du sol et la force avec laquelle l'eau est retenue dans le sol. L'USDA – le Département de l'Agriculture des États-Unis - a développé une application *open source* qui permet d'estimer d'importantes propriétés hydrauliques d'un sol en fonction de sa classe de tissus, de ses niveaux de matière organique, de sa salinité et de son taux d'éléments grossiers : (<https://www.ars.usda.gov/research/software/download/?softwareid=492&modecode=80-42-05-10>)

Au fil du temps, différents outils ont été créés pour aider à l'irrigation en fournissant des informations sur l'état de l'eau dans le sol. Parmi ceux-ci, les tensiomètres, proposés il y a plusieurs décennies, mais toujours utilisés efficacement dans les vergers d'agrumes, bien qu'ils fournissent une mesure ponctuelle et que leur application soit efficace surtout dans des conditions de déficits légers en eau. D'autres outils de développement plus récents permettent d'estimer avec précision et rapidité le taux d'humidité à différents niveaux de profondeur du sol, en mesurant sa résistance électrique (blocs de plâtre, sondes Watermark), ou sa permittivité diélectrique (TDR, FDR, ADR).

L'état hydrique de la plante

A ce jour, l'indicateur le plus précis pour l'irrigation de précision est la connaissance de l'état hydrique de la plante, car il est intégré à l'état hydrique du sol et à l'évapotranspiration. Différentes méthodes sont utilisées pour connaître l'état hydrique d'une plante : la détermination directe classique du potentiel hydrique foliaire ou du bourgeon à travers une chambre à pression ; ou l'utilisation de capteurs positionnés directement sur les organes cibles de la plante et permettant de surveiller les propriétés des plantes liées à leur état hydrique, comme le débit lymphatique (débitmètre de sève) et le taux de croissance longitudinale du tronc (dendromètre).

La détermination du potentiel hydrique de la plante (de la feuille ou du bourgeon) à travers une chambre à pression, économique et pratique, nécessite cependant des mesures manuelles laborieuses et non encore automatisées. En retour, les capteurs de débit de sève et les dendromètres doivent être installés avec soin et faire l'objet de vérifications et de calibrages fréquents.

Stratégies gagnantes pour une irrigation de précision

L'utilisation simultanée de ces méthodes dans différents contextes environnementaux et dans le domaine de la recherche permet de proposer l'utilisation de seuils, de volumes et de temps d'irrigation, ainsi que la programmation de calendriers de déficit d'irrigation maîtrisés (en restituant, par exemple, de 40 à 60% de l'évapotranspiration), dans les phases de plus grandes pénuries en eau, permettant ainsi une économie comprise entre 15 et 30% des arrosages dans les vergers d'agrumes.

À partir de la connaissance du bilan énergétique et hydrique de la plante, il est donc possible d'établir des seuils, des volumes et des temps d'irrigation pouvant être appliqués par différentes méthodes qui tendent aujourd'hui vers l'irrigation localisée ou vers la micro-aspersion.

Parmi les différents types d'installations d'irrigation, l'irrigation en goutte-à-goutte enterré se répand dans les zones sèches car elle ne gêne pas les traitements et les interventions mécanisées dans les vergers d'agrumes, elle a une grande efficacité dans l'utilisation de l'eau et un faible impact environnemental, mais elle demeure toujours très chère. Cette installation permet une économie d'eau élevée, car les pertes d'eau par évaporation de surface sont significativement réduites (environ 15-30%), une réduction des mauvaises herbes par rapport aux systèmes goutte-à-goutte de surface et peut être combinée avec la fertilisation et/ou le désherbage. En revanche, en zones pluvieuses, l'irrigation en goutte-à-goutte en surface ou enterré, provoque des stress importants sur les arbres adultes en période sèche ainsi qu'au redémarrage des pluies. En effet, en zone de pluies fréquentes, le système racinaire ne se limite pas au bulbe, zone d'approvisionnement en eau du goutte-à-goutte.

Enfin, il convient de souligner que, outre l'efficacité du système et du calendrier d'irrigation, il est essentiel de vérifier la salinité de l'eau d'irrigation et l'aptitude des terres à la culture, car des niveaux de salinité élevés (NaCl) peuvent entraîner un ralentissement du développement végétatif et productif des agrumes, des problèmes de coloration des fruits voire même la mortalité des arbres.

Au cours des dernières décennies, les risques de salinisation des eaux souterraines et de dégradation des écosystèmes agricoles ont été exacerbés par l'utilisation agricole de sols impropres à la culture, l'utilisation excessive de pesticides, d'engrais, d'eau et l'utilisation d'eau très saline. Il est en outre fort probable que cette salinisation des eaux souterraines s'aggrave dans un avenir proche en raison des changements climatiques, notamment dans les régions où les périodes de sécheresse, de canicule et/ou de précipitations extrêmes sont déjà plus fréquentes.

Les systèmes d'irrigation

Dans le Nord de la Méditerranée l'irrigation est obligatoire pour la culture des agrumes. En effet le climat n'apporte pas suffisamment d'eau de pluie toute l'année pour garantir un développement normal des arbres. Un verger de clémentiniers adultes plantés à 5 x 4 m, par exemple, nécessite environ 30 m³ d'eau par arbre répartis sur l'année (équivalent à 1 200 mm de précipitations), dans les conditions de culture de la plaine orientale de la Corse. Les pluies annuelles en climat méditerranéen, dans nos régions du Nord, ne garantissent pas cet apport, notamment pendant la période estivale. En Corse par exemple, dans la zone de production des clémentiniers, les précipitations annuelles atteignent en moyenne 800 mm par an et sont généralement réparties d'octobre à mai. Une irrigation est donc nécessaire de la fin du printemps à la fin de l'été.

Les techniques modernes d'irrigation demandant souvent des installations souterraines ainsi que des batteries de filtres, le choix et l'installation du système d'irrigation doit se faire avant la plantation des arbres. Il peut être évolutif et changer au cours du développement du verger, mais ce changement doit être anticipé et déjà prévu lors de la mise en place des premiers arbres. Quels que soient le ou les

systèmes choisis, ils doivent permettre à l'eau d'arriver aux arbres avec le moins de perte possible et à l'endroit où se trouvent les racines. Il existe de nombreux systèmes d'irrigation mais tous ne sont pas adaptés à toutes les conditions. Ainsi, l'accessibilité à l'eau, l'accessibilité de la parcelle, sa pente, le type de sol, le climat, la disponibilité en eau, la qualité des eaux, la capacité d'investissement, la proximité et la disponibilité de techniciens spécialisés et les objectifs de production font partie des critères de choix à prendre en compte avant de définir son système d'irrigation.

Parmi les systèmes d'irrigation existant nous pouvons citer :

- L'irrigation par gravitation : ce système d'irrigation par inondation ou submersion est de moins en moins utilisé, sauf dans certains mini vergers ou pendant quelques temps après plantation. Cette technique est très consommatrice en eau, gêne le travail du sol, favorise les mauvaises herbes et demande une parcelle parfaitement plane. Il faut prévoir une cuvette d'irrigation tout autour de l'arbre dès la plantation. Cette cuvette n'a plus de sens après les 2 ou 3 premières années après la plantation car les racines auront exploré une surface bien plus importante que le diamètre de la seule cuvette.
- L'irrigation par aspersion sur toute la surface : le principe de cette irrigation est d'imiter la pluie par l'installation d'asperseurs sur ou sous la frondaison. Cette technique nécessite d'avoir de l'eau en abondance et à forte pression. L'avantage d'imiter la pluie c'est que le développement de l'arbre se fait sans stress hydrique. En revanche, il faut plus d'eau, plus de pression et il est conseillé d'irriguer la nuit pour éviter les pertes par évaporation. Il n'est généralement pas conseillé d'irriguer les jours de grand vent afin d'éviter la mauvaise répartition de l'eau dans le verger.
- L'irrigation par micro-aspersion : de petits asperseurs irriguent dans un rayon de 1 à 3 m autour d'eux. Ces micro-asperseurs peuvent être placés au sol ou suspendus au-dessus du sol permettant le travail du sol ou la gestion mécanique de l'enherbement. Une batterie de filtres en nombre plus ou moins important en fonction de la qualité des eaux est indispensable pour éviter les obstructions des micro-jets. Il s'agit de la technique privilégiée dans les vergers modernes des zones méditerranéennes non sèches. En effet, cette

technique est moins gourmande en eau et stresse moins les arbres qu'un goutte-à-goutte, plus adapté aux zones à très faibles niveaux de précipitation. Cependant ce système nécessite une observation pendant l'irrigation pour vérifier la fonctionnalité des micro-asperseurs et leur réparation car ils s'obstruent très facilement engendrant aussi des surcoûts de maintenance assez élevés.

- L'irrigation en goutte-à-goutte : Ce système consiste à humecter en permanence une ou plusieurs zones localisées où l'arbre développera préférentiellement son système racinaire (bulbes). Ce choix très peu gourmand en eau et adapté aux zones particulièrement arides, se révèle souvent inadapté aux zones connaissant des pluies abondantes au printemps et en automne. En effet, l'alternance de disponibilité en eau en pleine surface puis uniquement dans les bulbes, génère un stress souvent néfaste au développement des arbres et à la qualité des récoltes. Quoiqu'il en soit, si un verger est irrigué en goutte à goutte, il faut prévoir d'éloigner progressivement les goutteurs du tronc au fur et à mesure du développement de l'arbre. Il est généralement conseillé de les positionner entre 75 et 100 cm du tronc à l'âge de 4-5 ans.

Comme décrit dans les chapitres précédents, les déclenchements et arrêts d'irrigation doivent être dictés par les besoins des arbres qui varient en fonction de leur âge, du type de porte-greffe, du type de sol et du climat. Les apports sont modulés en fonction de l'état hydrique du sol, de l'évapotranspiration et des coefficients culturaux. C'est-à-dire qu'il faut essayer de tenir compte des quantités d'eau transpirées par l'arbre et évaporées à partir du sol en fonction du climat (évapotranspiration potentielle ou ETP, donnée en mm par jour par les organismes de météo ou agricole) le tout en fonction d'un coefficient cultural ou Kc, qui tient compte, entre autres, du type de culture, de l'âge des arbres, de la saison et de l'enherbement, lui aussi fourni par les organismes locaux de conseil agricole. La dose quotidienne d'irrigation (DQI) est alors calculée par la formule suivante : $DQI = P - (ETP \times Kc)$, P étant la pluviométrie (rappelons que 1 mm est égale à 1 l/m³ soit 10 m³ / ha).

Les périodes critiques phénologiques

Quelle que soit la taille du verger, dans les conditions de culture du Nord de la Méditerranée, il est important de connaître les différentes périodes critiques pendant lesquelles un déficit en eau serait préjudiciable au développement de l'arbre et à sa production :

- Floraison, nouaison (mai – juin) : Un manque d'eau à cette période peut perturber la nouaison et favoriser la chute physiologique provoquant une diminution non négligeable de la production ;
- Canicule estivale : (mi-juin à fin août), l'évapotranspiration est à son maximum, il conviendra alors de modifier les doses ou les fréquences d'irrigation ; c'est la période de grossissement des fruits où est synthétisée la majorité des sucres et des acides organiques et un manque d'eau gêne le grossissement des fruits.
- La maturation des fruits (période automnale pour la clémentine, le citron ou le cédrat) : période critique pour les fruits de bouche pour lesquels une abondance d'eau pluviale peut considérablement détériorer leur qualité. Par ailleurs si l'apport hydrique estival a été insuffisant les précipitations abondantes de fin d'été (septembre) peuvent provoquer l'éclatement de la peau des fruits (surtout chez les oranges).

STRATÉGIES DE DÉFENSE FACE AUX MALADIES, RAVAGEURS ET ALTÉRATIONS PHYSIOPATHOLOGIQUES DES AGRUMES DU NORD DE LA MÉDITERRANÉE

Ce chapitre traite de certaines maladies et ravageurs présents dans nos vergers d'agrumes ou émergents. Si les premiers sont connus depuis longtemps, les seconds risquent d'arriver et de se propager rapidement. Pour ces derniers, une formation et une préparation soigneuses des techniciens et des exploitants sont nécessaires, tout comme la consolidation de leurs relations avec les Services d'Assistance Phytosanitaire et les Services Agricoles de leur territoire.

Les informations des principales maladies présentes dans la zone de culture des agrumes du Nord de la Méditerranée sont synthétisées sous formes de fiches et présentées à la fin de ce chapitre.

La défense phytosanitaire : obligations et engagements

Les obligations

D'un point de vue réglementaire, la directive 128/2009 sur l'utilisation durable des pesticides, la directive 42/2006 sur les engins et outils pour leur épandage, le règlement 1272/2008 sur la classification des mêmes pesticides, ainsi que le règlement 1107/2009 sur leur mise sur le marché ont fortement contribué à la poursuite du processus de révision communautaire engagé avec la directive 414/1991 ayant permis de réduire le nombre total de matières actives disponibles et d'éliminer progressivement les plus dangereuses pour la santé humaine et l'environnement.

L'impact législatif sur les instruments de santé publique disponibles a conduit, d'un point de vue technique, à un affinement nécessaire des stratégies et des techniques de défense, ainsi qu'à un approfondissement sans cesse croissant de la connaissance de tous les moyens de défense (chimiques, physiques, biologiques, génétiques, biotechnologiques, agronomiques - parmi lesquels il faut mentionner le greffage) potentiellement disponibles, sans oublier la nécessaire augmentation des connaissances des effets de l'environnement sur les agents pathogènes et ravageurs.

Le règlement (CE) n° 1107/2009 a introduit un certain nombre d'innovations importantes comme :

- le « principe de précaution », c'est-à-dire la possibilité de soumettre à l'approbation l'utilisation d'une matière active lorsque ses bienfaits pour la défense sont évidents, à condition qu'elle n'ait pas d'effets nocifs sur la santé humaine ou animale et/ou n'ait pas d'impact inacceptable sur l'environnement ;
- les critères d'exclusion des matières actives les plus dangereuses pour l'homme et l'environnement ;
- l'évaluation comparative des produits agro-pharmaceutiques (candidats à la substitution sans inconvénients) ;
- l'introduction de règles spécifiques pour des usages limités.

La Directive (CE) 2009/128, relative à l'utilisation durable des produits phytosanitaires (dite « Directive du bon sens »), a par exemple imposé :

- une meilleure protection du milieu aquatique et la réduction ou l'interdiction de l'utilisation des pesticides dans des aires spécifiques (parcs, jardins publics, terrains de sport, aires de loisirs, cours d'école, aires de jeux, aires proches des établissements de santé) ;
- l'adoption exclusive de la *lutte intégrée* et de *techniques alternatives* à l'utilisation de moyens chimiques ;
- l'obligation d'adopter des *plans d'action nationaux* définissant en détail les actions qui peuvent effectivement être adoptées ;
- l'obligation de *former* tous les utilisateurs (professionnels, distributeurs, consultants), afin que l'utilisation des pesticides soit de plus en plus consciente, raisonnée et acceptée.

Enfin, le règlement (CE) n° 1272/2008 a profondément modifié les critères de classification ainsi que les méthodes d'étiquetage des produits, introduisant le principe du risque qui est la probabilité d'exposition au danger lié aux caractéristiques intrinsèques d'un produit.

L'impact de la législation sur les moyens chimiques est lent, mais significatif, au point que, suite à l'application des « Critères de coupure », environ 10% des insecticides, 30% des fongicides et 10% des herbicides utilisés jusque-là n'ont pas été approuvés. Les « candidats à la substitution » représentent 38% des insecticides, 20% des fongicides et 24% des herbicides. En résumé, une réduction globale d'environ 50% des insecticides, de plus de 20% des fongicides et de plus de 70% des herbicides commercialisés devrait être attendue par rapport au cadre réglementaire précédent.

Dans les années à venir, l'accent sera de plus en plus mis sur :

- les aspects résiduels des substances actives, les produits de dégradation de ces substances et des adjuvants,
- l'étude de plus en plus approfondie de l'effet sur les organismes cibles et non cibles,
- les effets sur l'environnement et sur l'homme à court et à long terme,
- l'effet des résidus sur le terrain et dans les locaux des consommateurs et des *passants* (c'est-à-dire ceux qui, pour une raison ou une

autre, se trouvent à proximité d'un lieu où un traitement aux pesticides est effectué),

- les changements dans les systèmes de prévision, de gestion et de distribution.

À l'avenir, on peut s'attendre à un intérêt croissant pour tous les produits extraits de matrices végétales ou provenant de différents organismes vivants qui, déjà partiellement connus de la recherche, n'ont pas encore eu l'occasion d'être mieux étudiés et introduits sur le marché, car ils présentent un intérêt secondaire par rapport à ceux produits de manière industrielle.

D'autre part, la disparition rapide ou la forte réduction de l'utilisation de certains produits (comme le cuivre par exemple dont l'utilisation a été limitée à 28 kg/ha et par an) a ouvert la voie à :

- l'usage abusif de certains pesticides ;
- la dissémination de produits dits « miraculeux » ou « homéopathiques », sans indication de la matière active, de la dose, sans identification de cibles (insecticide, fongicide...), sans études d'efficacité et d'évaluation des risques (résidus, exposition des opérateurs...) ;
- le manque d'orientation concernant les nouvelles règles d'application du domaine des travaux publics, les différences d'autorisation entre les États membres, ainsi que les actions visant à réduire encore la RMA (Résidus Minimum Acceptés) par la grande distribution (qui ont été condamnées par le Parlement européen dans sa résolution 11/04/2014, point 17) ;
- la prolifération des demandes d'utilisation d'urgence (UdE) ou dérogations, qui sont souvent difficiles à accepter.

Les engagements

D'un point de vue organisationnel et culturel, un effort commun est nécessaire pour surmonter les problèmes critiques croissants de défense des cultures contre les pathogènes et les ravageurs. Vraisemblablement, même dans le domaine de l'agriculture, il pourrait être utile de combiner les connaissances sur la santé des plantes

avec certaines des dernières innovations technologiques (par exemple, la surveillance continue des conditions environnementales et physiologiques des plantes, la production, l'organisation, le traitement et la transmission de grandes masses de données et d'informations, la structuration conséquente de modèles prédictifs, la traçabilité de toutes les opérations pour contenir les maladies et les ravageurs, ainsi que leur utilisation pour l'implantation des systèmes à intelligence artificielle).

Il s'agira désormais de comprendre dans quelles mesures les règles de « l'agriculture 4.0 » peuvent être efficacement appliquées et intégrées, même dans le domaine de la défense phytosanitaire des agrumes dits « rares », avec la conscience qu'il n'existe pas de « recettes » ou de « règles » absolues car, même pour le secteur de la défense des cultures, c'est toujours plus la volonté du consommateur qui domine, ou celle de ceux qui proposent des achats militants.

L'objectif du projet « *Mare di agrumi* » est donc aussi celui de présenter d'éventuels outils de marketing de la marque et de marketing utiles à nos exploitations, dans un contexte de concurrence accrue de la part d'acteurs économiques externes qui offrent des slogans d'un grand impact pour le consommateur (par exemple : *au-delà du bio ; zéro pesticide ; zéro résidu ; traçabilité intelligente*). Il ne s'agira probablement pas de « copier » une stratégie d'autrui, mais de construire sa propre voie, en proposant une ou plusieurs alternatives commercialement intéressantes et durables.

D'un point de vue strictement industriel, certaines grandes industries chimiques du secteur considèrent les cultures dites « rares » comme un terrain d'entraînement important pour tester ce que le règlement (CE) 2009/128/CE concernant l'utilisation durable des produits agro-alimentaires produira sur les grandes cultures dans les années à venir. La stratégie pourrait alors être la combinaison de produits chimiques classiques avec des produits extraits de plantes ou des milieux biologiques auparavant peu considérés par les grandes exploitations. Ce n'est pas un hasard si certains d'entre eux ont mis en place des groupes de travail dédiés à la recherche et aux essais de molécules, de micro-organismes et de produits susceptibles de faire partie des protocoles de défense des cultures, également en relation avec les délais prévus par le règlement CE 2009/128/CE cité plus haut.

La mise à jour d'instruments législatifs, tels que le règlement (CE) n° 1107/09, ou l'adhésion des exploitations agricoles aux mesures agroenvironnementales des plans de développement rural, nécessite un examen attentif de la possibilité réelle d'utiliser les moyens de défense des nombreuses espèces dites « rares » présentes sur le marché, d'ailleurs constamment enrichi par l'introduction d'espèces exotiques, de nouvelles sélections et de nouveaux cultivars.

L'examen des aspects critiques, mais aussi des opportunités de marché, qui se reflètent assez rapidement dans le développement des exploitations agricoles et de leurs retombées commerciales, doit stimuler ceux qui participent à la recherche et au développement de moyens de défense, ou à l'entretien des produits existant sur le marché.

Les maladies

Un certain nombre de maladies fongiques, virales et bactériennes très graves ont progressivement envahi le bassin méditerranéen (**Tab. 6.1**), tandis que beaucoup d'autres risquent d'y pénétrer ou de s'y propager. Le facteur de risque le plus important concernant l'introduction de ces maladies est l'importation de matériel végétal infecté mais asymptomatique. Pour cette raison, leurs agents causaux sont inclus dans la directive 2000/29/CE (ainsi que dans les directives 2014/78/UE et 2014/83/UE modifiant les annexes de la directive 2000/29/CE) qui établit les mesures de protection contre l'introduction dans la Communauté Européenne d'organismes nuisibles aux végétaux ou aux produits végétaux et contre leur propagation.

Les maladies fongiques

La pourriture racinaire et du collet (ou gommose) :

Cette maladie est provoquée par les *Phytophthora* spp. (*P. nicotianae* et *P. citrophthora*) : la défense phytosanitaire contre ces pathogènes, comprend les interventions et/ou les mesures préventives suivantes :

- l'utilisation de porte-greffe résistants ;

- le drainage et, en général, des mesures visant à prévenir la stagnation d'eau dans les parcelles ou dans le sol ;
- la distance entre le point de greffe et le sol (non inférieure à 40 cm du sol) ;
- ne pas enterrer les jeunes plants au moment de la plantation ;
- la gestion de l'irrigation visant à éviter l'engorgement du sol et le mouillage prolongé du tronc et des branches, en évitant les systèmes d'irrigation par aspersion sur frondaison si l'on utilise des eaux de surface souillées ;
- éviter le plus possible de mettre en contact de la terre avec la variété, notamment en montant dans les arbres avec des bottes ou chaussures souillées.

La défense chimique est possible sous réserve du respect des délais de carence et de l'homologation effective des formulations. L'évolution et le changement rapides des législations phytosanitaires nationales et européennes ne nous permettent pas d'indiquer de moyens de défense spécifiques, qui pourraient, à court terme, être limités dans leur utilisation ou tout simplement interdits. Nous invitons les lecteurs à se référer aux bases de données disponibles auprès des institutions nationales (<https://ephy.anses.fr/>) ou européennes (<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=FR>).

La *défense agronomique* peut être réalisée avec le déchaussement de la couronne racinaire (on retire de la terre tout autour du tronc au niveau du collet), combinée à une taille drastique en cas d'infections persistantes.

Le Mal secco :

Cette maladie provoquée par *Phoma tracheifila* (**Fig. 6.12**) est typique des aires de culture du citronnier. La maladie se propage par le biais de conidies (spores de champignons) qui pénètrent à travers des plaies (soit aériennes provoquées par la taille, soit souterraines provoquées par le travail du sol par exemple) du mois d'octobre au mois de février, périodes souvent humides et pluvieuses. Les plantes

présentent alors des chutes importantes de feuilles et de la pourriture. En cas d'attaque fulgurante, la plante meurt en peu de temps. La protection phytosanitaire est principalement assurée par des mesures préventives telles que :

- l'utilisation de cultivars ou de variétés peu sensibles ;
- la coupe et le brûlage des branches infectées ;
- le choix approprié de la période de taille et de travail du sol ;
- le bannissement des travaux en profondeur pour ne pas risquer de blesser les racines ;
- la limitation de la lutte contre les mauvaises herbes pour réduire le risque d'infection des racines.

Les interventions chimiques (solutions cuivriques) sont efficaces dans les pépinières en préventif et dans les vergers adultes immédiatement après un événement climatique pouvant créer des blessures sur l'arbre (grêle, gel, vents forts, etc.) et/ou après la taille dans des vergers déjà infectés ; ces traitements sont à effectuer d'octobre à fin février.



Fig. 6.12 : Agrume touché par le Mal secco
(© F. Curk-INRAE)

La Fumagine :

La fumagine est généralement un problème dû à la présence d'importantes populations d'insectes phytophages (certaines cochenilles, pucerons, aleurodes, etc...) ; elle se développe sur le miellat produit par les insectes et qui souille les feuilles. Elle nécessite donc une action indirecte sur les insectes qui produisent le miellat et, seulement en cas d'infections graves, il faut intervenir directement sur la

plante en utilisant des solutions cuivriques. Un traitement à l'huile blanche minérale bien positionné, permet généralement de nettoyer le feuillage de la fumagine, tout en éliminant une grande partie des insectes responsables de la production de miellat à l'origine de la fumagine.

Citrus black spot ou maladie de la tache noire :

Même si elle est encore inexistante dans les aires de culture méditerranéennes, c'est pourtant l'une des maladies des agrumes les plus importantes dans différentes aires de production au climat dit méditerranéen (Vanarelli *et al.*, 2017). L'importation de fruits et de matériel de propagation infectés représente un risque important d'introduction du pathogène en Europe. L'agent causal est le champignon *Phyllosticta citricarpa* (anciennement *Guignardia citricarpa*) qui provoque des taches brunes et des lésions sur la peau du fruit, une chute prématurée et une perte totale de la valeur commerciale du fruit. C'est l'une des maladies les plus dévastatrices des agrumes et presque toutes les espèces et variétés cultivées y sont sensibles. Les seules exceptions sont le bigaradier et le limettier de Tahiti. Le citronnier y est très sensible et cette maladie a tendance à toucher cette espèce en premier. Même les fruits asymptomatiques au moment de leur récolte peuvent encore développer la maladie pendant le transport ou le stockage. Pour toutes ces raisons, la Communauté européenne a classé ce champignon comme organisme nuisible à l'annexe II de la directive 2000/29/CE du Conseil.

Les maladies virales et viroïdiennes

Les maladies virales et viroïdiennes sont généralement détectées dans les vieilles plantations. Aucun traitement curatif n'existe, un arbre infecté ne peut pas être guéri. Face à ce type d'adversité, hormis l'éradication par arrachage des arbres infectés, seule la prévention est efficace, la défense se base sur le contrôle des pépinières et la qualité du matériel végétal utilisé en respectant les mesures agronomiques suivantes :

- éviter de greffer avec des greffons d'origine inconnue ou provenant de plantes suspectes ou greffées sur bigaradier (générale-

ment asymptomatique mais pouvant être porteur sain) ainsi que le surgreffage ;

- éviter le surgreffage avec des greffons de clémentiniers, de mandariniers, de tangelos ou de pomelos provenant de vieux vergers non certifiés, greffés sur bigaradier ou le surgreffage sur de vieux arbres greffés sur citrange ;
- utiliser des solutions désinfectantes (eau de Javel à la concentration du marché) pour les outils de taille avant de passer d'une plante à l'autre ou d'un vieux verger à une jeune plantation (il est conseillé de pratiquer la taille des jeunes vergers d'abord, de désinfecter les outils, puis de terminer par les vieux vergers) ;
- utiliser du matériel de propagation certifié provenant de plantes mères contrôlées ou, le cas échéant, réhabilitées.

La Tristeza :

La Tristeza est l'une des maladies des agrumes les plus graves. Son agent responsable est un virus (*Citrus Tristeza Virus* = CTV). Cette maladie, endémique en Asie du Sud-Est, est largement répandue dans la plupart des régions productrices d'agrumes dans le monde. La Tristeza a entraîné le dépérissement et la mort de plus de 85 millions d'arbres dans le monde et a considérablement réduit la production d'un nombre équivalent de plants. Les arbres infectés ne présentent pas toujours de symptômes caractéristiques ou spécifiques (**Fig. 6.13**). Les principaux moyens de transmission et de propagation de la maladie sont l'utilisation de matériel de propagation infecté (greffons et porte-greffe) et les pucerons, dont l'espèce vectrice la plus efficace est *Toxoptera citricida*, non présente pour l'instant dans notre zone du Nord de la Méditerranée. Parmi les pucerons présents dans les vergers d'agrumes de cette zone et pouvant transmettre la maladie figure le puceron du cotonnier (*Aphis gossipii*). Le greffage sur un porte-greffe résistant est un moyen efficace de lutte contre cette maladie. Le *Poncirus trifoliata* est porteur d'une résistance à ce virus (il empêche sa multiplication) qu'il transmet au greffon qui lui est associé. De nombreux hybrides de cet agrume ont été créés pour être utilisés en tant que porte-greffe avec la résistance au CTV en héritage. Le bigaradier n'est pas porteur de cette résistance et est par conséquent non-recommandé comme

porte-greffe pour les variétés sensibles comme les clémentiniers et orangers, mais peut être combiné avec les citronniers (*Citrus limon*), association non sensible à la Tristeza. Le CTV est un organisme de quarantaine et donc soumis à un ensemble de règles phytosanitaires visant à prévenir sa propagation. Conformément au Décret ministériel du 22.11.1996 relatif à la lutte obligatoire, tout symptôme de la maladie doit être notifié au Service Phytosanitaire Régional afin que les tests de laboratoire appropriés puissent être effectués. Du matériel de propagation certifié sans CTV doit être obligatoirement utilisé.



Fig. 6.13 : Symptômes de la Tristeza, sous le point de greffe, sur la face interne de l'écorce du bigaradier, présence de nombreuses petites excroissances auxquelles correspondent des cavités dans le bois
(© F. Curk-INRAE)

L'Exocortis et la Cachexie :

Ces deux maladies des agrumes sont provoquées par des agents infectieux appelés viroïdes qui sont des ARN nus (non entourés de capsides protéiques comme les virus) de petite taille (246 à 401 nucléotides contre 19 296 nucléotides pour l'ARN du CTV) ne codant donc pas pour des protéines car dépourvus de gènes. L'écaillage de l'écorce en dessous du point de greffe et le nanisme de l'arbre sont les symptômes caractéristiques de l'Exocortis tandis que ceux de la Cachexie sont des cannelures dans le bois du porte-greffe (*stem pitting*) dans lesquelles sont logées des excroissances / crêtes de l'écorce. Ces maladies affectent surtout les porte-greffe. Le poncirus et ses hybrides (citrumelos et citranges), la lime Douce, la lime Rangpur et le cédratier Etrog sont sensibles à l'Exocortis, tandis que les principales variétés de production ne le sont pas. La Cachexie n'est pas seulement une maladie grave de certains porte-greffe (Poncirus,

citranges, lime Rangpur, *Citrus macrophylla*) mais elle affecte aussi certains cultivars comme les mandariniers, clémentiniers, tangelos, tangors kumquats... En revanche, le pomelo, l'oranger, le citronnier sont tolérants. Les viroïdes ne sont transmis que par greffage ou par les outils de taille. Les recommandations pour lutter contre la propagation de cette maladie sont par conséquent l'utilisation de plants certifiés sains et la désinfection des outils de greffage et de taille à l'eau de javel pure avant de passer à un nouvel arbre. Ces deux maladies ne sont pas des maladies de quarantaine.

Les maladies bactériennes

La maladie du dragon jaune, Huanglongbing (HLB) ou Greening :

Huanglongbing (HLB) est le nom d'une des plus anciennes maladies des agrumes, connue depuis plus d'un siècle en Chine. Jusqu'en 1995, la maladie était connue sous le nom anglais de *Greening*. Largement répandue en Asie et en Afrique, elle est aussi présente sur le continent américain mais pour l'instant absente du bassin méditerranéen. On estime à près de 100 millions le nombre d'arbres touchés dans le monde. C'est une maladie dévastatrice, probablement la plus grave pour les orangers, les mandariniers et les pomelos, car elle compromet leur longévité, leur productivité et la qualité de leurs fruits. Les arbres présentant des symptômes sont plus sensibles à d'autres agents biotiques et abiotiques et, à un stade avancé de la maladie, ils dépérissent avec des chutes de feuilles et de fruits précoces, dues, en grande partie, à la perte de fonctionnalité des racines (jusqu'à 37%). Il n'existe aucun moyen de lutte efficace autre que l'éradication des bactéries associées à la maladie et la lutte contre leurs vecteurs, dont l'insecte *Diaphorina citri*, un psylle. Elle représente une menace très sérieuse, probablement beaucoup plus grave que la Tristeza, et mérite d'être tenue à l'écart des régions productrices d'agrumes où elle est encore inexistante, comme le bassin méditerranéen.

La Chlorose variégue :

Cette maladie est assez récente chez les agrumes puisque découverte au Brésil en 1987. L'agent causal est la bactérie *Xylella fastidiosa* qui infecte les vaisseaux de sève du xylème de la plante hôte (celle du HLB colonise le phloème). Cette bactérie est transmise par des insectes de la famille des cicadelles et il est supposé que la maladie serait apparue sur les orangers par transmission des bactéries du caféier vers les agrumes, car les cicadelles sont polyphages. Les arbres infectés ont des feuilles enroulées et présentent un aspect flétri. Sur la face supérieure des feuilles apparaissent des taches jaunes auxquelles correspondent à la face inférieure des zones gommeuses de coloration brun orange. Les fruits sont petits et durs. La lutte contre cette maladie peut être réalisée via le choix de variétés tolérantes, la taille des branches présentant des symptômes et la lutte contre les insectes vecteurs. Cette maladie n'est pas présente sur agrumes dans la zone méditerranéenne mais sévit dans le sud de l'Italie depuis 2010 sur oliviers.

Le Stubborn :

L'agent causal est un phytoplasme *Spiroplasma citri* (proche des bactéries), transmis par les cicadelles (*Circulifer tenellus* et *C. haematoceps*) qui se nourrissent de la sève des feuilles. Cette maladie est présente dans les pays méditerranéens, elle affecte toutes les espèces d'agrumes ; les symptômes pouvant être confondus avec des carences nutritionnelles, elle est donc difficile à diagnostiquer dans les premiers stades. C'est une maladie dont la propagation est favorisée par les conditions de températures élevées (>32°C) et la sécheresse. Elle peut survenir à n'importe quel moment de la vie de l'arbre en bloquant sa croissance et sa production de fruits. La fructification s'arrête et les quelques fruits restants sont petits, « en forme de gland » et leur peau devient épaisse, ce qui entraîne leur dépréciation ou l'impossibilité de mise sur le marché. Cette maladie a été signalée en Afrique, en Amérique du Nord, dans les pays méditerranéens, en Italie (Sardaigne et Sicile), en Turquie, en Israël et en Égypte, mais ni en Asie (pays d'origine des agrumes du genre *Citrus*) ni en Afrique tropicale. *Spiroplasma citri* s'est probablement déplacé sur les agrumes à partir

d'autres hôtes, originaires de la région méditerranéenne. En effet, on ne sait pas encore très bien s'il est indigène en Amérique du Nord ou s'il y a été introduit : son principal vecteur dans ce territoire est la cicadelle *C. tenellus*, d'origine méditerranéenne.

Tab. 6.1 : Résumé des principales pathologies (tirées de la Réglementation de la Production intégrée de la Région Calabre)

maladie/trouble	lutte
Pourriture au collet et des racines (<i>Phytophthora spp.</i>)	Lutte mécanique : Améliorer le drainage et éliminer la stagnation de l'eau. Tailler le feuillage en contact avec le sol et faciliter la circulation de l'air dans la zone du collet. Lutte chimique : Les traitements chimiques doivent être effectués après la reprise végétative, uniquement sur les arbres présentant des symptômes.
Tristeza (CTV)	Lutte mécanique : Greffer sur des porte-greffe tolérants ou résistants. Ne jamais greffer d'agrumes autres que les citronniers sur du bigaradier particulièrement sensible à la maladie. Utiliser du matériel issu de pépinières certifiées exemptes de CTV ; effectuer des contrôles périodiques ; en application du Décret ministériel 22/11/1976 relatif à la lutte obligatoire contre le virus des agrumes Citrus Tristeza, signaler rapidement tout symptôme suspect de la maladie au Service Phytosanitaire Régional, afin que puissent être effectués les examens de laboratoire appropriés. Appliquer strictement les dispositions du Décret ministériel 22/11/1976. Il n'existe pas de traitement curatif pour cette maladie.
Mal secco (<i>Phoma tracheiphila</i>)	Lutte mécanique : Éliminer et brûler les parties infectées, y compris les souches. Limiter le travail du sol à la couche superficielle pour éviter au maximum de blesser les racines et éviter d'intervenir (taille, travail du sol) en automne. Lutte chimique :Uniquement en cas d'intempéries causant des blessures (vent, grêle, etc...) ; intervenir dans les 24-48 heures qui suivent l'intempérie.
Pourriture brune des fruits (<i>Phytophthora spp.</i>)	Lutte mécanique : Éviter l'élimination des mauvaises herbes en automne. Lutte chimique : Intervenir uniquement pendant les années pluvieuses ou lorsque la récolte est plus tardive que prévue.
Fumagine	En général, le contrôle correct des insectes producteurs de miellat est suffisant pour empêcher la fumagine. Les huiles blanches permettent généralement de nettoyer les feuilles très touchées.
Bactériose (<i>Pseudomonas syringae</i>)	Lutte mécanique : Prendre les mesures appropriées pour se protéger contre les intempéries (brise-vent). Lutte chimique : Uniquement préventive, intervenir en automne et en hiver, immédiatement après les événements météorologiques favorisant les infections (baisse thermiques et pluies prolongées).

Les ravageurs

Le verger d'agrumes est un agro-écosystème qui abrite une riche faune d'insectes et d'acariens ravageurs et leurs antagonistes (qualifiés d'auxiliaires), ainsi que d'autres organismes animaux d'intérêt phytosanitaire moindre (nématodes, mollusques et rongeurs). Contrairement à d'autres productions, les agrumes peuvent être gérés avec des solutions qui limitent drastiquement les interventions phytosanitaires sans affecter les besoins économiques du producteur, des marchés et donc du consommateur. L'ensemble des espèces de ravageurs et d'auxiliaires présents sur les agrumes représente une dynamique constante, tant en termes de densité de population que de composition.

L'utilisation répétée de produits phytosanitaires à large spectre d'action peut rompre cet équilibre biologique ; les interférences peuvent provenir des processus agronomiques nouveaux qui ont accompagné le développement de la culture des agrumes au cours des dernières décennies ; il suffit de penser aux changements profonds qui ont modifié l'écosystème initial, comme l'utilisation des engrais, des régulateurs de croissance végétale, des méthodes d'irrigation, de la taille, du sarclage, du choix et/ou de l'introduction de nouvelles variétés. Dans le domaine de la culture des agrumes, l'adoption de techniques de défense nouvelles et modernes capables d'une part, de réduire le coût des traitements phytosanitaires et d'autre part, de contenir l'impact environnemental des pesticides utilisés dans des limites tolérables, devient de plus en plus importante.

Dans ce contexte, les techniques de lutte biologique et de lutte intégrée jouent un rôle primordial et, vu les caractéristiques d'un verger d'agrumes - un agroécosystème relativement stable -, elles



Fig. 6.14 : Hyperparasite *Cales noacki* pondant dans une nymphe d'*Aleurothrixus floccosus* (Aleurode floconneux des agrumes) (© ephytia.inrae.fr)

peuvent efficacement être appliquées. La lutte biologique repose sur le renforcement de l'action naturelle des agents biologiques contenant des populations de ravageurs tels que virus, bactéries, champignons, protozoaires, nématodes et autres arthropodes auxiliaires (**Fig. 6.14**).

L'introduction d'insectes exotiques

Les insectes sont parmi les animaux les plus fréquemment transportés accidentellement d'un continent à l'autre. La péninsule italienne, qui est un véritable carrefour de commerce international en vertu de sa position centrale en mer Méditerranée, est particulièrement exposée au risque d'introductions accidentelles ; de plus, la grande diversité de ses paramètres climatiques favorise, dans les régions du Sud, l'acclimatation d'espèces d'origine subtropicale (**Fig. 6.15**).



Fig. 6.15 : Représentation humoristique du transport d'organismes nuisibles par les fruits et légumes faisant l'objet d'un commerce (© F. Curk-INRAE)

Une étude réalisée en 1997 par Pellizzari et Dalla Montà montre que 115 espèces exotiques ont atteint l'Italie de 1945 à 1995, soit plus de 2 espèces par an, qui plus est en tenant compte uniquement des insectes d'intérêt agricole et forestier. En Corse, pourtant considérée comme protégée par son insularité, depuis la fin des années 50, on compte en moyenne l'arrivée d'un nouvel insecte ravageur des agrumes tous les deux ans.

La présence excessive sur un territoire d'espèces non indigènes est également appelée « pollution biologique ». Que le territoire italien soit intéressé ou non - d'un point de vue entomologique - à la question de la « pollution biologique », fait l'objet d'un large débat. Mais il est certain que la présence massive d'espèces exotiques envahissantes dans de vastes aires entraîne une altération de l'équilibre biologique par la lutte difficile et coûteuse à organiser.

De nombreuses espèces de cochenilles actuellement présentes en Italie et dans les îles voisines, telles que la Sardaigne et la Corse, proviennent d'autres continents et sont arrivées depuis plus ou moins longtemps presque toujours à la suite d'introductions accidentelles. La dissémination d'insectes à fort potentiel biotique à partir de leur milieu naturel sans leurs ennemis naturels peut être très dangereuse pour les cultures dans les pays où ils s'installent.

Parmi les espèces de cochenilles les plus récemment introduites accidentellement dans l'agroécosystème des agrumes méditerranéens figurent le pou rouge de Floride, *Chrysomphalus aonidum* (L.) (Rosen, 1990 ; Pellizzari et Vacante, 2007) et la cochenille asiatique, *Unaspis yanonensis* (Kuwana) (Critelli et Viterale, 2007 ; Campolo et al., 2010).

Un nouveau ravageur introduit dans une aire de culture ne représente pas seulement un problème pour les producteurs ou les agriculteurs, mais c'est également un problème de santé publique ; en effet, la réorganisation des programmes de lutte chimique est souvent nécessaire à l'éradication de ce nouveau ravageur. Ces nouveaux traitements ont forcément un impact sur la santé humaine et sur l'environnement direct des exploitations.

Les principes de la défense phytosanitaire

Malgré la mise en place de méthodologies de lutte dite « raisonnée » ou « intégrée », les traitements phytosanitaires sont trop souvent effectués sans connaître le niveau d'attaque ni le danger réel que représentent les infestations présentes, et en utilisant des mélanges de produits phytosanitaires qui augmentent les coûts de production et dégradent l'agroécosystème. La lutte contre les ravageurs dans un verger d'agrumes doit être menée dans le respect de l'agroécosystème existant, conformément à la méthodologie de lutte intégrée contre les ravageurs.

Il ne faut pas oublier que les traitements doivent être effectués lorsque le seuil de dommage économique est dépassé. Or, celui-ci est atteint lorsque la valeur économique du produit endommagé par le ravageur dépasse le coût de son traitement.

La lutte intégrée contre les ravageurs utilise toutes les techniques possibles pour contrôler et maintenir les ravageurs sous le seuil du dommage économique, conformément aux principes écologiques, toxicologiques et économiques. Cela a pour but d'assurer un juste équilibre entre insectes ravageurs et insectes auxiliaires dans l'agroécosystème des agrumes. La lutte intégrée contre les ravageurs dans un verger d'agrumes peut être réalisée en adoptant les mesures suivantes :

- contrôle périodique des fruits, des rameaux et des feuilles attaqués par les ravageurs afin de comprendre l'évolution de l'infestation et identifier le meilleur moment pour intervenir avec l'aide d'un technicien agricole ;
- utilisation rationnelle de techniques culturales telles que la taille, la fertilisation, l'irrigation pouvant créer des conditions défavorables au développement des ravageurs ;
- utilisation d'insectes utiles (auxiliaires) qui contrôlent la prolifération des insectes ravageurs ;
- choix du principe actif ayant l'impact environnemental le plus faible et adoption de stratégies de défense contre les ravageurs impliquant l'utilisation de produits phytopharmaceutiques qui n'ont pas d'effets négatifs sur les auxiliaires.

La défense en période hivernale :

Pendant l'hiver, il faut en même temps contrôler les cochenilles, les mouches blanches (aleurodes) et les acariens.

Après la récolte, un traitement à base d'huiles blanches minérales contrôle directement les cochenilles et indirectement aussi la fumagine.

Si le verger d'agrumes est infesté de cochenilles d'espèces particulièrement agressives, comme le pou rouge de Californie, *Aonidiella aurantii* Maskell (**Fig. 6.16**), les huiles minérales peuvent être associées à des insecticides à dégradation rapide.



Fig. 6.16 : Poux rouges de Californie, *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1879)
(© F. Curk-INRAE)

Par ailleurs, n'oublions pas que le suivi attentif des sorties des larves mobiles du bouclier protecteur cireux, construit par les mères au cours de la saison précédente, constitue une approche « intégrée » particulièrement importante dans la stratégie de défense contre les cochenilles. Au moment de leur libération, les jeunes larves

Tab. 6.2 : La protection phytosanitaire en période hivernale d'un verger d'agrumes (à partir du cahier des charges de la production intégrée de la Région Calabre)

Ravageur	Luttes
Pou rouge de Californie (<i>Aonidiella aurantii</i>)	<p>Lutte mécanique : Taille à la fin de l'hiver pour aérer la canopée et laisser pénétrer la lumière ; Réduire la présence de poussière sur la canopée ; Travailler le sol pour perturber les fourmis.</p> <p>Lutte chimique : Intervenir avec des produits homologués si 15% de fruits sont infestés dans la période juillet - septembre, avec un ou plusieurs individus vivants non parasités / fruit. Surveiller l'infestation en plaçant des pièges à phéromones jaunes ou blancs, à raison de deux par parcelle homogène. Une fois le seuil dépassé, intervenir 2 à 4 semaines après le pic de capture des mâles dans les pièges. Lutte biologique : Lâchers inondatifs d'<i>Aphytis melinus</i> (parasitoïde naturel du pou rouge de Californie) avec une quantité totale allant de 50 000 à 200 000 individus/ha, sans toutefois dépasser un maximum de 20 000 individus/ha par application. Introduire 50% de la quantité totale au printemps, sur toute la surface, tous les quinze jours. Relâcher les 50 % restants seulement lors de l'apparition de la cochenille.</p>
Cochenilles de la famille des Coccidae : Cochenille noire de l'olivier (<i>Saissetia oleae</i>) Céroplastés du figuier (<i>Ceroplastes rusci</i>) Cochenille chinoise (<i>Ceroplastes sinensis</i>) Cochenilles plates (<i>Coccus hesperidum</i>) et <i>Coccus pseudomagnoliarum</i>	<p>Lutte mécanique : Tailler pour la ventilation si nécessaire ; Réduire la présence de poussière sur la canopée ; Travailler le sol pour perturber les fourmis.</p> <p>Lutte chimique : Intervenir avec des produits homologués si observation de 35 larves de stade I et II/feuille et/ou 4 individus par 40 cm de rameau. Les observations doivent être faites sur 4 branches de 10 cm par plante et/ou 10 fruits par plante sur 5% des plantes (200 fruits).</p>
Cochenille farineuse (<i>Planococcus citri</i>). Fig. 6.17	<p>Lutte mécanique : Tailler la canopée pour la ventilation ; Travail du sol pour perturber les fourmis.</p> <p>Lutte chimique : Intervenir avec des produits homologués si 5% de fruits infestés en été et 10% en automne, avec un ou plusieurs individus vivants, non parasités/fruit.</p> <p>Lutte biologique : Placer des pièges à phéromones blancs à raison d'au moins 1 par parcelle homogène. Dès les premières captures, intervenir avec des lâchers de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> (12 interventions jusqu'à un maximum de 800 individus/ha). <i>Leptomastix dactylopii</i> peut également être lâché (23 interventions jusqu'à un maximum de 5 000 individus/ha).</p>

mobiles sont en effet dépourvues du bouclier protecteur caractéristique de ces cochenilles et une intervention rapide à base d'insecticides à faible persistance et à faible impact environnemental ou parfois une simple huile blanche peut considérablement réduire les populations et, par conséquent, leur nuisance.

Parmi les pratiques agronomiques qui, pendant l'hiver (**Tab. 6.2**), peuvent aider à contenir les infestations des différents ravageurs décrits ci-dessus, il faut citer la taille qui facilite la ventilation et l'éclairage de la plante. Elle doit être effectuée en coupes légères, principalement au sécateur, afin d'éviter les grosses coupes (cf. chapitre sur la taille).



Fig. 6.17 : Cochenille farineuse (*Planococcus citri* Risso)
(© M. Louadfel, Homemade, Bugwood.org.)

En fonction des zones géographiques les mulots et les rats peuvent causer de sérieux dégâts. Leurs attaques, qui ont lieu lors de la repousse végétative, peuvent aussi être confondues avec des problèmes dérivant de la pourriture des racines. Les mulots se nourrissent principalement de graines ou des racines et des herbes, avec une

préférence pour les céréales. Mais en hiver, quand ces aliments sont rares, ils ne dédaignent pas l'écorce des arbres.

Dans les vergers d'agrumes, si des arbres présentent des symptômes de détérioration généralisée, il suffira d'enlever la terre autour du collet pour vérifier l'attaque possible des rongeurs. Les mulots enlèvent complètement de grandes surfaces d'écorce, en faisant de véritables « décortications annulaires » et en laissant sur le bois les empreintes caractéristiques des incisives supérieures qu'ils utilisent comme un ciseau à bois (**Fig. 6.18**). Il arrive parfois que l'on observe dans la canopée d'arbres non taillés de véritables nids de rongeurs constitués d'amas de feuilles et de débris, souvent accompagnés par des décortications annulaires sur les branches.



Fig. 6.18 : Dégâts causés par des rongeurs sur branche d'agrumes (© F. Curk-INRAE)

La lutte contre les rongeurs s'effectue avec des travaux de terrassement qui détruisent les tunnels dans lesquels ces animaux se déplacent. Les arbres attaqués doivent être débarrassés des éventuels nids aériens. Les parties sans écorce sont à désinfecter avec des

solutions de cuivre puis exposées à l'air. En cas de forte infestation, des interventions chimiques peuvent être réalisées avec des appâts à base de grains entiers de blé tendre empoisonnés (il s'agit généralement de produits hémorragiques très toxiques pour tous les animaux à sang chaud), à distribuer à la sortie des galeries actives qui doivent être immédiatement fermées avec de la terre, aucun appât ne doit être accessible ou visible sur la parcelle. Attention, la lutte chimique contre les rongeurs peut avoir de très graves conséquences sur les populations de rapaces, qui eux sont de précieux auxiliaires dans la lutte contre les rongeurs. Malgré sa mauvaise réputation, le renard est un incroyable auxiliaire des cultures, il peut consommer jusqu'à 20 campagnols par jour, près de 80% de son alimentation est composée de rongeurs ! Éliminer les renards de son exploitation agricole c'est s'obliger à lutter chimiquement contre les rongeurs.

La défense au printemps et en été

Après l'hiver, les pucerons sont parmi les premiers insectes à apparaître au printemps dans les vergers d'agrumes (**Fig. 6.19**). Ceux-ci provoquent des dégâts par le prélèvement de sève, l'émission de miellat, entraînant le développement de la fumagine, la déformation des pousses et des feuilles, l'arrêt du développement végétatif et, dans certains cas, la transmission de maladies à virus. Il est bon de savoir que tous les insectes peuvent développer une résistance lorsque des traitements continus sont toujours effectués avec les mêmes matières actives.

La défense chimique contre les pucerons doit être réfléchi afin d'établir le besoin réel d'intervention. Les interventions effectuées tardivement sur des colonies anciennes et en déclin sont considérées comme inutiles, voire contreproductives, en raison de la présence d'auxiliaires, insectes utiles, ennemis naturels des ravageurs. La lutte chimique contre les pucerons est parfois nécessaire sur les jeunes plantes, surtout si elles sont infestées de pucerons verts (*Aphis citricola* Van Der Goot) et de pucerons du cotonnier (*Aphis gossypii* Clover), car ils peuvent affecter leur développement en provoquant d'importantes déformations des jeunes pousses.



Fig. 6.19 : Feuille d'agrumes attaquée par des pucerons (© F. Curk-INRAE)

Le tableau **Tab. 6.3** présente des exemples de techniques de luttes agronomiques et chimiques contre les principaux ravageurs au printemps et en été, tirés des réglementations de production de la région de Calabre, en Italie.

Tab. 6.3 : Principaux problèmes phytosanitaires rencontrés au printemps et en été (tirés de la Réglementation de la production intégrée de la Région Calabre)

Ravageur	Luttes
Pucerons (<i>Aphis citricola</i> , <i>A. gossypii</i> , <i>Toxoptera aurantii</i>) Teigne (<i>Prays citri</i>)	<p>Lutte mécanique : Éviter la fertilisation azotée excessive et les tailles sévères ; travailler le sol pour perturber les fourmis.</p> <p>Lutte chimique : avant d'effectuer des interventions chimiques, évaluer l'activité des auxiliaires. Pour certaines espèces particulières, intervenir si :</p> <ul style="list-style-type: none"> • pour <i>Aphis citricola</i>, 5% de pousses infestées pour les jeunes clémentiniers et les mandariniers, et 10% pour les autres agrumes ; • pour <i>Toxoptera aurantii</i> et <i>Aphis gossypii</i>, 25% des pousses infestées. • pour la teigne, généralement seules les fleurs d'été sont attaquées, ce sont donc principalement les citronniers, cédratiers et kumquats qui sont concernés. Une intervention au <i>Bacillus thuringiensis</i> (BT) est possible en cas de forte attaque.

<p>Acariens ou araignée rouge (<i>Tetranychus urticae</i>, <i>Panonychus citri</i>)</p>	<p>Lutte mécanique : Équilibrer les engrais azotés et réduire la taille. Travailler le sol pour perturber les fourmis. Évitez le stress hydrique.</p> <p>Lutte chimiques : intervenir lorsque les seuils suivants sont dépassés : 10% des feuilles infestées de formes mobiles et 2% des fruits infestés de <i>Tetranychus urticae</i>. 30% de feuilles infestées ou 3 acariens par feuille pour <i>Panonychus citri</i>, avec un rapport femelles/phytoséides supérieur à 2:1.</p> <p>Les attaques d'acariens sont souvent consécutives d'une utilisation abusive d'insecticide. Un traitement aux huiles blanches minérales est souvent suffisant s'il est bien appliqué.</p>
<p>Thrips (<i>Pezothrips kellyanus</i>, <i>Franckliniella occidentalis</i>, <i>Thrips</i> spp., <i>Scirtothrips citri</i>.) (Fig. 6.20)</p>	<p>Lutte mécanique : Taille de la canopée pour la ventilation.</p> <p>Lutte chimique : placer des pièges chromoattractifs blancs ou bleus pour intervenir une à deux semaines après le pic de capture des adultes.</p> <p>Intervenir lorsque 5% (10% pour les citrons) des fruits infestés de mai à juillet sont atteints. Échantillon de 5 fruits/plante/semaine à partir de la « chute des pétales » jusqu'à ce que le fruit atteigne un diamètre de 2,5 cm, avec un minimum de 50 fruits par parcelle homogène.</p> <p>Une attention particulière doit être portée aux infestations de <i>Scirtothrips citri</i> qui, dans des conditions climatiques douces, reste actif même pendant l'hiver, en attaquant les plantes aussi bien sous forme larvaire que sous forme adulte et dans différentes phases phénologiques des agrumes, et en détruisant les tissus des feuilles, des fleurs et des fruits.</p> <p>Il est important de bien différencier des dégâts de Thrips sur fruit et des dégâts dus au vent afin de ne pas déclencher des traitements coûteux, inutiles et souvent contre productifs (provoquant l'apparition de ravageurs opportunistes comme les acariens ou la cochenille australienne).</p>
<p>Mineuse des agrumes (<i>Phyllocnistis citrella</i>)</p>	<p>Lutte mécanique : Ajuster le cycle végétatif : éviter le stress hydrique, réduire les apports d'azote en été et anticiper la taille qui doit être annuelle et limitée. Les petites plantes peuvent être protégées avec des filets anti-insectes ou en toile non tissée.</p> <p>Lutte chimique : intervenir sur jeunes arbres avec des produits autorisés au seuil des 50% de pousses infestées. Traiter en essayant de mouiller la nouvelle végétation. Peu de traitements sont réellement efficaces, la larve étant protégée sous l'épiderme de la feuille et les générations se succédant tous les 10 à 15 jours en moyenne. Les traitements aux huiles blanches ont un effet sur les pontes mais pas sur les larves et les adultes.</p>
<p>Fourmis : d'Argentine, charpentières, noires (<i>Linepithema humile</i>, <i>Camponotus nylanderi</i>, <i>Tapinome erraticus</i>)</p>	<p>Lutte mécanique : Taille des branches basses touchant le sol. Élimination des plantes du couvert végétal en contact avec le feuillage ; Éviter les glues en contact directe avec l'écorce du tronc, en plus d'être facilement contournées par les fourmis qui construisent des ponts ou passent par les branches en contact avec d'autres plantes, ces glues créent des nécroses sur les troncs. Travail du sol pour détruire ou perturber les fourmillières.</p> <p>Lutte chimique : Lutter contre la cause principale (présence de pucerons et de coccidés). Intervenir lorsque 50% des sites infestés par des insectes qui produisent du miellat sont visités par des fourmis.</p>

justifient presque jamais l'intervention. Dans les jeunes plantations et dans les pépinières, il peut en revanche être nécessaire d'intervenir car l'insecte cause des dégâts considérables aux nouvelles pousses et ralentit la croissance des plants.

La défense en été et en automne

À la fin de l'été et au début de l'automne, la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata* Wiedemann) et l'aleurode floconneux des agrumes (*Aleurothrixus floccosus* Mask), communément appelée « mouche blanche », doivent être tenues sous contrôle.

La mouche méditerranéenne des fruits (**Fig. 6.21**) commence à causer les premiers dégâts à la fin de l'été juste avant le début de la maturation des fruits, avec des piqûres de ponte qui endommagent l'aspect du fruit. Dans cette phase, il peut être utile d'adopter un critère de défense préventive, en effectuant des traitements avec des



Fig. 6.20 : Dégâts de thrips sur fruit (© F. Curk-INRAE)

À la fin du printemps, des infestations d'acariens, communément appelés araignées rouges, peuvent se manifester. Tetranychidés *Tetranychus urticae* Koch (une petite araignée rouge rosâtre) et *Panonychus citri* Mc Gregor (une araignée rouge vermillon) peuvent causer des dégâts dans les vergers d'agrumes. Les plus grosses attaques sont souvent consécutives d'une utilisation abusive d'insecticides contre d'autres ravageurs. Ces araignées peuvent être combattues de manière satisfaisante avec une huile minérale blanche à 22,5% en hiver ; pour une éventuelle défense spécifique, un des acaricides homologués peut être utilisé mais est rarement nécessaire.

À partir des mois de juin-juillet, la Mineuse des agrumes (*Phyllocnistis citrella*), un petit papillon d'origine asiatique (3-4 mm) qui, pendant sa phase juvénile, est une larve creusant des galeries (mines) serpentiformes dans les jeunes feuilles et dans l'axe des pousses tendres des agrumes, peut attaquer les jeunes pousses. Le traitement des plantations adultes doit être évité car les dégâts causés ne



Fig. 6.21 : Piqûres de mouche méditerranéenne du fruit (*Ceratitis capitata*) sur clémentine (© F. Curk-INRAE)

appâts protéiques empoisonnés en pulvérisant la moitié du feuillage d'une rangée sur trois et, si possible, les brise-vent et/ou le périmètre des rangées.

En période automnale, en cas de forte infestation, un traitement généralisé peut être effectué sur l'ensemble du verger, aux doses minimales recommandées et avec les principes actifs autorisés. En Corse la pratique du piégeage massif s'est pratiquement généralisée pour lutter contre cette mouche dans les vergers de clémentiniers ce qui a pratiquement fait disparaître les traitements chimiques contre ce ravageur.

L'aleurode floconneux des agrumes (**Fig. 6.22**) provoque des dégâts par prélèvement de sève et émission de miellat ayant pour conséquence le développement de la fumagine et la production de formations cireuses abondantes qui souillent la végétation, gêne la photosynthèse et empêchent l'action des traitements. Les traitements avec des insecticides spécifiques sont généralement à éviter, en raison de l'action efficace menée par l'ennemi naturel de la



Fig. 6.22 : Feuille souillée par des aleurodes floconneux
(© M. Louadfel, Homemade, Bugwood.org.)

mouche floconneuse, le *Cales noaki* Howard (**Fig. 6.14**). De plus, une fertilisation déséquilibrée doit être évitée puisqu'un excès de fertilisation azotée favorise le développement de ces insectes suceurs ; Il est nécessaire de traiter lorsque les fruits risquent d'être souillés de miellat et recouverts de fumagine.

Le tableau **Tab 6.4** présente différentes techniques de luttés agronomiques et chimiques contre les principaux ravageurs en été et en automne.

Tab. 6.4 : Protection phytosanitaire pendant l'été et l'automne
(d'après le Règlement de production intégrée de la Région Calabre)

Ravageur	Luttés
Mouche méditerranéenne des fruits (<i>Ceratitis capitata</i>)	<p>Lutte mécanique : Le piégeage massif est une bonne alternative aux traitements en pleine surface, entre 40 et 80 pièges alimentaires à l'hectare sont nécessaires pour une bonne efficacité du système.</p> <p>Lutte chimique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Intervenir avec des leures protéiques empoisonnés à partir de la mi-juillet et répéter l'intervention tous les 25 jours. Pulvériser une partie du feuillage d'un rang tous les 3-4 rangs. Intervenir sur toute la surface lorsque 20 adultes/piège/semaine sont capturés et/ou que les premières piqûres sur les fruits sont visibles. Placer au moins un piège de surveillance du phytophage par parcelle homogène à partir de juillet pour les variétés précoces.
Aleurode floconneux (<i>Aleurothrixus floccosus</i>)	<p>Lutte mécanique : Travail du sol pour perturber les fourmis. Maîtrise de la fertilisation azotée.</p> <p>Lutte biologique : En présence de niveaux de parasitisme inférieurs à 5%, faire des lâchers de <i>Cales noacki</i> ou <i>Amitus spiniferus</i>.</p> <p>Lutte chimique : Intervenir en cas de dépassement du seuil suivant : 30 larves de stade I et II/feuille sur un échantillon de 8 feuilles/plante sur 5% des plantes.</p>

Les altérations physiopathologiques

a) Altérations liées au climat

Dans les conditions environnementales de la région du haut Tyrrhénien et de la Ligurie, les vergers d'agrumes peuvent développer des altérations physiologiques dont le diagnostic n'est pas toujours facile ou simple car liées à plusieurs facteurs concomitants. Ci-après les altérations non parasitaires les plus fréquentes sont décrites.

Basses températures, gel et neige :

Si les agrumes sont endommagés par des températures négatives, même de légères chutes de température peuvent provoquer une nécrose des feuilles. Quand la température est inférieure à 0°C, l'eau contenue dans les tissus des feuilles se transforme en glace ; or, en augmentant de volume, elle brise les cellules et endommage les tissus, les feuilles donnent alors l'impression qu'elles ont été cuites. Suite à des chutes thermiques plus intenses, outre l'aspect brûlé des feuilles, on



Fig. 6.23 : Dégâts de froid sur feuilles de bigaradier (Montpellier, France, février 2012)
(© F. Curk-INRAE)

observe l'assombrissement et la chute des apex végétatifs, des lésions nécrotiques sur les rameaux, les branches et le tronc (**Fig. 6.23**). Sur ce dernier, les symptômes peuvent même apparaître quelques mois après la baisse de température, avec des aires déprimées mais également des fissures très importantes pouvant entraîner jusqu'à la mort de l'arbre.

Les fruits peuvent être endommagés à des températures légèrement inférieures à 0°C. La glace déposée sur la peau du fruit provoque des lésions nécrotiques d'où commence la pourriture. Selon l'intensité de la chute de la température, différents symptômes peuvent être observés : coloration jaune pâle ou laiteuse de la chair ; formation de cristaux sur les membranes et dans la chair du fruit ; déshydratation de la chair ; gélification des parois ; gélification et granulation de la chair ; arrêt du développement dans les segments endommagés (**Fig. 6.24**).

Une défense peut être mise en œuvre au moyen d'abris et de brise-vent. L'absence de travail du sol et le contrôle des mauvaises herbes, accompagnés d'une bonne gestion du sol lui permettant

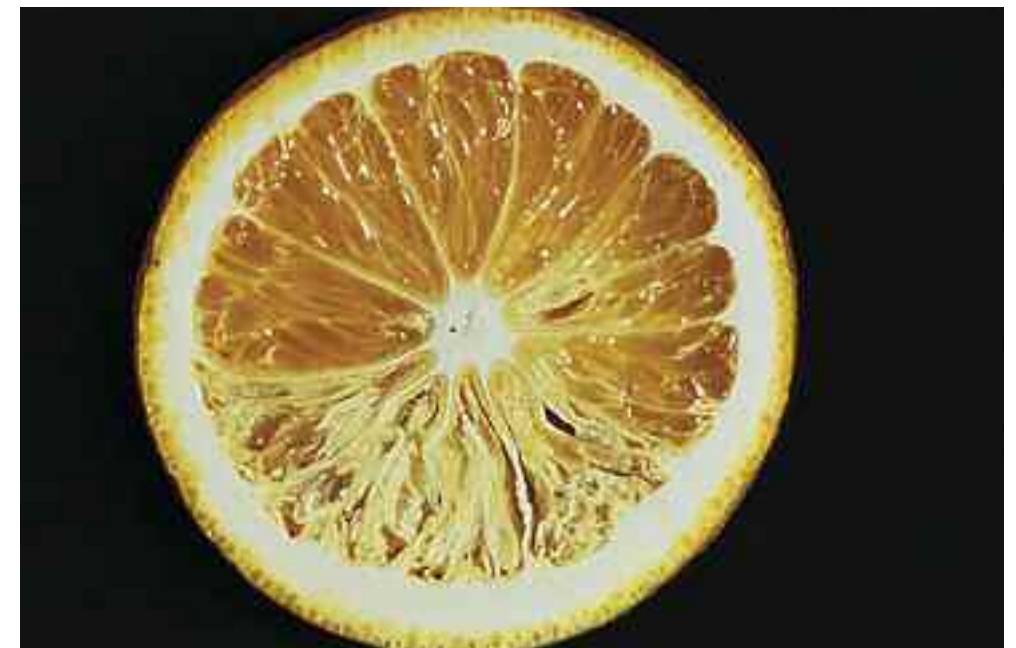


Fig. 6.24 : Dégâts de froid sur fruit (© INRAE)

d'être ferme et sec à l'apparition d'événements extrêmes, a pour effet de lui faire absorber une plus grande quantité de chaleur pendant la journée qui, libérée ensuite dans la nuit, maintient dans le sol une température supérieure de 1 à 1,5°C par rapport à celle de l'herbe. L'utilisation d'engrais à haute teneur en potassium, distribués à la fin de l'été et au début de l'automne, peut favoriser une moindre sensibilité aux gelées modérées et de durée limitée.

En présence d'arbres endommagés par le froid, des techniques de culture correctes doivent être adoptées : n'enlever que le bois mort (qui n'apparaît souvent que plusieurs semaines après les gelées) et reporter la taille au printemps ; effectuer - après restructuration par la taille - une fertilisation et une irrigation adéquates en tenant compte du fait que les gelées créent un déséquilibre entre le feuillage et les racines. Les plantes endommagées par le gel sont plus sensibles aux attaques de champignons.

Vent :

Le vent peut causer des dégâts de différentes natures en fonction de sa vitesse et de l'humidité de l'air. Si les vents légers (environ 10 km/h) rendent le microclimat autour de la plante plus sec et donc moins propice aux infections microbiennes, les vents forts eux endommagent les fruits (**Fig. 6.25**) et le feuillage. En cas de vent chaud et sec, les feuilles transpirent intensément, leur limbe se recourbe et se dessèche (**Fig. 6.26**), tout en restant attachées aux rameaux pendant un certain temps. La défoliation qui s'ensuit provoque la chute des fleurs et des fruits, la qualité de ces derniers se détériorant. Dans les cas extrêmes, le vent peut provoquer la rupture de branches et/ou le déracinement des arbres entiers. Le frottement et les chocs contre les branches et les épines provoquent sur les fruits des taches liégeuses et sèches qui les déprécient. Ces lésions peuvent même devenir le siège de pourritures dues aux microorganismes saprophytes, ou provoquer une oléocellose suite à la rupture des glandes à huiles essentielles du zeste. Les vents marins riches en sels (embruns) provoquent la nécrose de l'apex et du bord des feuilles, la chute des feuilles et la dessiccation des rameaux. Les citronniers et les cédratiers sont très sensibles au vent. Certains dégâts de frottement sur fruits provoqués par le vent peuvent être confondus avec des attaques de thrips.



Fig. 6.25 : Dégâts de vent sur fruit (© F. Curk-INRAE)



Fig. 6.26 : Dégâts de vent sur feuilles (© G. Minuto-CeRSAA)

Le moyen de défense classique est l'utilisation de haies brise-vent naturelles ou artificielles, même si une bonne taille de formation peut prévenir les dégâts causés par des vents forts. La majorité des parcelles de clémentiniers en Corse est protégée par des haies brise-vent de cyprès ou de casuarina.

Grêle :

La grêle n'est pas très fréquente dans les zones côtières du Nord de la mer Tyrrhénienne mais, quand elle frappe, elle provoque des lésions sur tous les organes aériens dont la gravité dépend de l'intensité du phénomène, de la taille des grêlons, de la phase phénologique et de l'âge des arbres : sur les fruits, elle peut provoquer des nécroses pouvant aller jusqu'à la rupture de leur péricarpe. À travers de telles plaies, des bactéries, des champignons et différents agents saprophytes, peuvent pénétrer dans le fruit et provoquer des pourritures



Fig. 6.27 : Dégâts de grêle sur clémentine (© F. Curk-INRAE)



Fig. 6.28 : Pourriture du fruit suite à un choc de grêlon (© F. Curk-INRAE)

(**Fig. 6.27** et **Fig. 6.28**). Après une tempête de grêle, des traitements doivent être effectués, au moins avec des solutions à base de cuivre. Les assurances couvrent maintenant de plus en plus ce type d'adversité. En Corse de plus en plus de producteurs investissent dans des filets anti grêles ainsi que des systèmes d'alertes météorologiques.

Ensoleillement excessif :

Un ensoleillement excessif et des températures très élevées peuvent endommager les feuilles, les fruits et parfois même les branches. Les feuilles présentent des altérations chlorotiques et/ou nécrotiques, dans les zones entre les nervures chez les arbres adultes et sur tout le limbe chez les jeunes arbres et finissent par chuter (**Fig. 6.29**). Les fruits sont asymétriques et présentent des brûlures typiques de l'épiderme qui jaunissent par endroits, la chair brûlée sèche et les cloisons fibrovasculaires deviennent plus foncées. L'effondrement des glandes à huiles essentielles entraîne de petites nécroses. Si les fruits sont affectés lorsqu'ils sont plus petits que la taille d'une noix, ils tombent. Suite à une taille sévère, il n'est pas rare de voir des dégâts



Fig. 6.29 : Coup de soleil sur feuille (© L.R. Parsons)

de coups de soleil sur les branches principales voir les charpentières. Il peut arriver que près de 50% du diamètre de la branche meure suite à un coup de soleil. Il est particulièrement recommandé de recouvrir de chaux les branches exposées au soleil suite à une taille sévère.

Déséquilibres hydriques :

Les déséquilibres hydriques peuvent avoir des effets différents en raison des nombreux facteurs exogènes et endogènes :

- Pourriture des racines asphyxiées

Cette altération se produit dans les sols lourds où le drainage est insuffisant et où l'asphyxie (manque d'oxygène) se produit. L'engorgement du sol provoque la décomposition du chevelu racinaire, parfois même la pourriture de l'écorce des plus grosses racines et l'augmentation des parasites opportunistes. Les arbres peuvent souffrir de chlorose et perdre leurs feuilles, donner des fruits plus petits et de mauvaise qualité, les rameaux apicaux pouvant progressivement sécher jusqu'à entraîner la mort des plus grandes branches voir de l'arbre entier.

- Éclatement des fruits

Cette altération, qui est assez fréquente dans les zones du Nord de la Méditerranée, est le résultat de longues périodes de sécheresse suivies d'abondantes disponibilités en eau, en particulier sur les arbres ayant subi une défoliation et lors des phases de grossissement des fruits. Le fruit présente alors une ou plusieurs fissures de taille et de profondeur variables commençant le plus souvent de son extrémité styloïde. Ces symptômes sont plus fréquents dans les vergers où l'irrigation est très localisée (avec un système de goutte-à-goutte par exemple) et sur oranger.

- Chute précoce des fruits

La chute des fruits pendant la phase de nouaison ou « chute physiologique de juin » est un événement qui, dans certaines limites, s'inscrit dans un processus physiologique normal de la plante, de capacité d'autorégulation de sa charge en fruits. L'intensité du phénomène est dépendant de multiples facteurs, comme le statut nutritionnel et hydrique, la génétique de l'espèce ou de la variété

ou pédoclimatiques (températures élevées, faible humidité, vents, manque d'eau). De bonnes pratiques agricoles peuvent limiter les chutes précoces des fruits.

Oléocellose :

Ce terme désigne les dégâts sur la partie externe du zeste des agrumes induits par la libération d'huiles essentielles contenues dans les glandes à huile du zeste, exerçant des effets caustiques sur les cellules de l'épiderme (**Fig. 6.30**). Si l'huile se répand lorsque le fruit est encore vert, les aires touchées restent vertes lorsque le fruit se colore, alors que si la lésion prend naissance lorsque le fruit est déjà coloré, des taches plus ou moins foncées avec un large halo jaune apparaissent alors. Les événements traumatisants dus aux frottements, au vent, à la grêle, aux piqûres d'insectes, ainsi qu'aux changements de température, à l'humidité atmosphérique élevée ou encore au gel



Fig. 6.30 : Symptômes d'oléocellose (© G. Minuto-CeRSAA)

peuvent provoquer ces altérations. Les fruits sont commercialement dépréciés, tant pour des raisons esthétiques que pour une plus grande sensibilité aux phénomènes de pourriture.

Boursouflure :

Les fruits boursoufflés ont un développement excessif de leur albédo qui se détache en deux couches : une plus épaisse adhérente à l'épicarpe, l'autre plus mince adhérente à l'endocarpe (**Fig. 6.31**). Extérieurement, les fruits apparaissent boursoufflés et mous au toucher ; leur peau se détache très facilement, ils se conservent moins bien et ils sont moins résistants au transport. En général, tous les facteurs déterminant un allongement du cycle végétatif des arbres favorisent cette altération : excès de fumure et d'azote, traitements en automne et en hiver, longues périodes de sécheresse suivies de précipitations ou d'irrigation abondantes. Les engrais potassiques et phosphatés réduisent l'incidence de cette altération.



Fig. 6.31 : Boursouflure sur fruit (© F. Curk-INRAE)

Granulation :

La granulation, plus fréquente chez les fruits à maturation tardive, est une altération qui tire son nom de l'aspect granuleux de la chair. Les vésicules des segments apparaissent gonflées, dures, de couleur claire, peu adhérentes les unes aux autres et peuvent se séparer en granules, sans modifier la consistance du fruit. Le jus de ces vésicules gonflées est pauvre en sucres, en acides organiques et en caroténoïdes, alors qu'il est plus riche en substances pectiques et en sels minéraux. Le phénomène commence à l'extrémité basale des fruits et progresse vers l'autre extrémité, impliquant tous les segments. Des apports d'azote déséquilibrés, une irrigation fréquente et des porte-greffe vigoureux favorisent ce phénomène. Une récolte précoce empêche l'altération de progresser.

Phytotoxicité :

Les sels de cuivre peuvent causer la défoliation, la dessiccation des rameaux et l'apparition d'écoulements de gomme sur les fruits et les feuilles (plus fréquemment sur leur partie inférieure). L'action phytotoxique est plus importante si le produit à base de cuivre reste liquide la nuit (traitements le soir ou en fin d'après-midi dans des conditions d'humidité ambiante élevée) et mélangé avec des huiles minérales pouvant provoquer sur les fruits des taches sèches d'aspect liégeux et de couleur claire ou grise.

Des dégâts de phytotoxicité causés par les huiles minérales peuvent survenir à la suite de traitements à des doses très élevées. Dans ces conditions, et en conjonction avec un stress hydrique, on peut également observer la chute des fruits et des feuilles. Ces dernières altérations peuvent aussi être causées par des traitements répétés à de courts intervalles de temps, surtout si les fruits sont proches de la maturation. Des dégâts fréquents se produisent en conjonction avec des baisses de température (températures proches ou inférieures à 0°C) et leur augmentation (>30°C). L'huile minérale pénètre à travers les stomates et provoque des nécroses annulaires qui affectent les couches superficielles du fruit. Des taches translucides sont visibles sur les feuilles et, si elles sont très jeunes, les feuilles se courbent et s'enroulent. En outre, des taches de couleur rouille dues aux infiltrations

d'huile denses et étendues dans les couches superficielles du fruit deviennent visibles lorsque le fruit prend sa couleur jaune.

b) Altérations liées aux déséquilibres nutritionnels

Les éléments essentiels au développement des agrumes sont : l'azote, le phosphore et le potassium (macro-éléments) ; le calcium, le soufre, le magnésium (mésos-éléments) ; le fer, le zinc, le manganèse, le cuivre, le molybdène, le bore (micro-éléments). D'autres éléments sont aussi importants car leur excès peut provoquer des phénomènes de toxicité (chlore, sodium, lithium, aluminium, nickel, plomb).

Les phénomènes d'excès ou de carence, leur diagnostic réel - et par conséquent l'exécution d'interventions appropriées - doivent faire l'objet d'une analyse minutieuse et d'un diagnostic, afin d'éviter les traitements inutiles, coûteux et parfois même nuisibles aux arbres. Une brève description de ces phénomènes est présentée ci-après :

Azote :

Des carences en azote entraînent un jaunissement progressif de tout le limbe des feuilles, y compris les nervures (**Fig. 6.32**), et une réduction de leur taille. La floraison est abondante mais la nouaison est rare et la production est faible. Les fruits ont un retard de maturation et une peau extrêmement fine. Dans le cas de carences prolongées, l'ensemble de la plante a un développement réduit. Semblables à ceux de la carence en azote, les symptômes foliaires causés par des altérations du système racinaire se caractérisent par un jaunissement des nervures principales et secondaires des feuilles.

Un excès d'azote entraîne une vigueur excessive (provoquant souvent des attaques plus importantes de ravageurs comme les aleurodes ou les cochenilles), une mauvaise production et un retard de maturation des fruits. Les fruits ont une peau plus épaisse et plus grossière, moins de jus, une faible teneur en sucres et en vitamine C, moins de résistance au transport et plus sujets à la boursouffure et à la granulation. En cas d'excès d'azote, suspendre ou réduire l'apport d'engrais et vérifier l'équilibre avec d'autres éléments, comme le potassium et le phosphore, qui pourraient être déficients.



Fig. 6.32 : Symptômes de carence en azote (© G. Minuto-CeRSAA)

Phosphore :

Les plantes ayant une carence en phosphore présentent un retard de développement, des feuilles de couleur vert foncé, plus petites que la normale, une chute précoce des feuilles. Des sols très calcaires peuvent entraîner un brunissement des zones entre les nervures surtout au bord du limbe foliaire. Le fruit tombe avant la récolte, présente une peau épaisse et rugueuse tendant à la boursouflure, et contient peu de jus. Contrairement au potassium, au bore et à d'autres éléments, le phosphore ne s'accumule pas au point de produire des effets toxiques.

Les engrais phosphatés doivent être administrés d'une manière appropriée et en fonction de la disponibilité du sol au moment de la plantation. Le choix du type d'engrais dépend des caractéristiques du sol.

Potassium :

La carence en potassium est d'abord évidente sur les feuilles matures qui deviennent jaune bronze et tendent à s'incurver le long de la nervure centrale. Par la suite, le développement de l'arbre est lent, avec une chute de feuilles importante, des pousses faibles et de petites feuilles, de petits fruits à peau fine et lisse. Les plantes déficientes en potassium sont moins résistantes au froid et à la sécheresse.

Un excès de potassium nuit à la qualité du fruit dont l'acidité devient élevée, avec peu de sucres solubles, une peau rugueuse et épaisse. Le citron en revanche fait exception car il tire bénéfice d'un apport en potassium. Une teneur élevée en potassium favorise la carence en magnésium et ralentit l'absorption du manganèse et du zinc. Cet élément a une faible mobilité et, à l'exception des sols très meubles, il est peu sujet au ruissellement. L'absorption est facilitée par la température et un bon état hydrique du sol. Les apports sont rarement efficaces et donc rarement nécessaires.

Magnésium :

Les arbres carencés en magnésium ont des taches jaunes, parfois symétriquement réparties sur le limbe des feuilles et entre les nervures,



Fig. 6.33 : Symptômes de carence en magnésium (© G. Minuto-CeRSAA)

qui elles, restent vertes plus longtemps. La nervure centrale conserve sa couleur verte, plus large (conique) vers la base du pétiole (**Fig. 6.33**). Ces symptômes commencent sur les feuilles plus âgées, où ils sont plus prononcés, avec finalement la chute des feuilles. Ils sont souvent masqués par d'autres carences, surtout des carences en fer. Très souvent, ces symptômes sont dus à des « carences induites », c'est-à-dire à un excès d'autres cations du sol, généralement du calcium ou du potassium (antagonistes du magnésium). Les fruits sont petits, pauvres en vitamine C, de couleur pâle et facilement sujets à la chute.

Calcium :

Les symptômes de carence en calcium se manifestent sous la forme de zones de chlorose s'étendant de l'extrémité du limbe foliaire vers l'intérieur tandis que la chlorophylle est plus persistante le long de la nervure centrale. Les fruits sont plus petits. Des conditions de sous-carence peuvent survenir dans les sols acides ou dans les sols très riches en sodium soluble ou au pH très alcalin. Des niveaux de calcium inférieurs à la normale dans le sol favorisent la pourriture des racines et la sensibilité aux champignons racinaires (principalement *Fusarium* spp.).

L'excès de calcium modifie le pH du sol vers la basicité, favorise l'immobilisation de certains éléments (principalement le fer), enfin diminue l'absorption du potassium, du sodium et du magnésium. Les sols riches en carbonate de calcium, et qui ont donc tendance à être alcalins, ont une disponibilité réduite en manganèse, fer, cuivre, bore et phosphore.

Fer :

Une carence en fer s'observe dans les sols riches en calcaire ayant une teneur en carbonate de calcium supérieures à 30%, en particulier dans le cas des arbres greffés sur citrange et *Poncirus trifoliata*. Les feuilles apicales présentent alors une décoloration du limbe alors que les nervures primaires et secondaires restent vertes, formant un dessin caractéristique (**Fig. 6.34**). La chute précoce des feuilles entraîne le dessèchement des rameaux. Les fruits sont pâles et plus petits, de

mauvaise qualité. La chlorose ferrique se vérifie dans les sols ayant des teneurs de calcaire actif supérieures à 4-5%, avec une réaction alcaline (pH supérieur à 7,8-8,0), pauvres en substances organiques et pauvres en autres oligo-éléments. Le fer et le phosphore présentent un antagonisme réciproque, c'est-à-dire qu'une concentration élevée de phosphore dans le sol empêche la mobilité du fer et inversement.



Fig. 6.34 : Symptômes de carence en fer (© G. Minuto-CeRSAA)

Zinc :

La carence en zinc chez les agrumes est fréquente dans les sols sableux et/ou excessivement riches en phosphore. Les feuilles et les fruits présentent des zones de chlorose à intervalles irréguliers, tandis que les nervures restent vertes (**Fig. 6.35**). En cas de carence non excessive, les symptômes ne sont localisés que dans certaines branches de l'arbre. Si l'état de carence persiste, les feuilles restent petites et pointues, les rameaux présentent des raccourcissements importants des entre-nœuds, avec des feuilles ramassées en grappes, en position érigée. Les fruits sont petits, ne mûrissent pas complètement et sont de mauvaise qualité.



Fig. 6.35 : Symptômes de carence en zinc (© G. Minuto-CeRSAA)

Manganèse :

La carence en manganèse entraîne une chlorose souvent asymétrique (**Fig. 6.36**). Les feuilles basales sont les plus touchées car elles conservent leur taille normale (contrairement aux symptômes de la carence en zinc) mais leurs nervures ont une couleur vert clair. En cas de carence élevée, une ponctuation nécrotique apparaît dans les zones entre les nervures. Les sols acides assimilant mieux cet élément, leur absorption peut rapidement être phytotoxique.

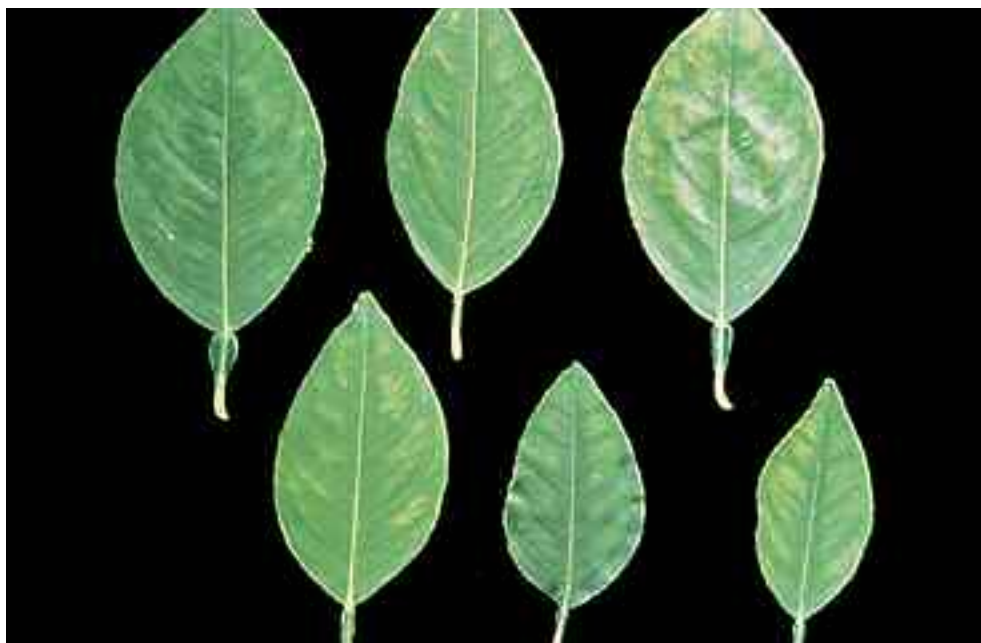


Fig. 6.36 : Symptômes de carence en manganèse (© C. A. Anderson)

Cuivre :

La carence en cuivre entraîne un développement réduit de l'arbre avec un aspect buissonnant de son feuillage, la présence de protubérances remplies de gomme sur les rameaux, le dessèchement des jeunes pousses (**Fig. 6.37**), de petits fruits avec des taches et des imprégnations de gomme de leur épicarpe (**Fig. 6.38**). Aucun excès de cet élément n'est connu, même si une mauvaise application des traitements peut donner lieu à des phénomènes de phytotoxicité.



Fig. 6.37 : Symptômes de carence en cuivre sur jeunes rameaux (© J.O. Whiteside)



Fig. 6.38 : Symptômes de carence en cuivre sur fruit (© J. J. Whigham)

Bore :

La carence en bore, rare chez les agrumes, se manifeste par une dégénérescence gommeuse de leur albédo (**Fig. 6.39**) et une chute précoce de leurs jeunes feuilles. Elle est plus fréquente dans les sols sablonneux et pendant les années sèches. Dans la plante, la présence de cet élément diminue à mesure que le pH augmente. L'excès de bore est plus fréquent si l'eau d'irrigation (eaux usées) et les engrais en sont riches. Cet excès se manifeste par le jaunissement et la nécrose du bord des feuilles, leur chute et le séchage des rameaux.



Fig. 6.39 : Symptômes de carence en bore (© A. Alva)

Chlore :

Une carence en chlore est très rare car les traces de cet élément dans l'atmosphère ou l'eau de pluie sont déjà suffisantes pour couvrir les besoins nutritionnels de la plante. En revanche, des symptômes de toxicité sont fréquemment observés et entraînent un noircissement de l'apex des feuilles matures, qui s'étend parfois jusqu'aux bords, suivi du vieillissement précoce et de la chute. Ces phénomènes sont très répandus chez les arbres irrigués avec des eaux riches en chlorures, surtout si elles mouillent leurs feuilles.

Sodium :

L'excès de sodium, souvent dû à l'utilisation en irrigation d'eaux inadaptées, conduit à des phénomènes de phytotoxicité semblables à ceux de l'excès en chlore, mais plus accentués et bien définis sur les bords latéraux de la feuille (**Fig. 6.40**).



Fig. 6.40 : Symptômes d'excès de sodium (© G. Minuto-CeRSAA)

Fiches synthétiques des principales maladies présentes dans la zone de culture des agrumes du nord de la Méditerranée

POURRIDIE
Armillaria mellea







© G. Minuto-CeRSAA

POURRIDIE
Armillaria mellea

DESCRIPTION DES SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

La pourriture fibreuse des racines est causée par le Basidiomycètes *Armillaria mellea*, un « hémiparasite » dit polyphage (qui attaque des centaines d'espèces de plantes sauvages et cultivées, presque toutes des dicotylédones). Le mycélium envahit les racines principales et le collet de la plante en formant entre l'écorce et le bois des plaques de couleur blanc crème ayant une forme caractéristique « en éventail » et une forte odeur de cèpe. En automne, à la base du tronc des plantes mourantes, on peut observer un autre signe de la maladie, les sporophores (pieds de champignons) de *A. mellea*. Les infections se propagent par contact racinaire ou par les rhizomorphes, des cordons mycéliens brun foncé qui se développent sur l'écorce des racines et dans les couches les plus superficielles du sol, à une vitesse de 20 à 30 cm par an environ. *A. mellea*, qui préfère les sols acides riches en matière organique, peut survivre dans le sol pendant plusieurs années, même en l'absence d'hôte, sous forme de mycélium, dans les résidus de grosses racines. Les symptômes génériques de pourriture n'apparaissent sur le feuillage qu'à un stade avancé de l'infection, après que le pathogène a envahi la partie basale du tronc sur au moins un tiers de sa circonférence, ou en présence d'une colonisation étendue des racines. Les symptômes caractéristiques de l'attaque concernent aussi la floraison et la fructification précoce, de contre-saison, à laquelle fait suite un déclin brutal de la plante.

STRATÉGIES DE DÉFENSE

Sachant que *A. mellea* :

- préfère les sols acides riches en matière organique,
- peut survivre dans le sol pendant plusieurs années même en l'absence d'hôte, sous forme de mycélium, dans les résidus de grosses racines,
- est une maladie endémique dans les vergers d'agrumes ayant pris le relais de plantes cultivées très sensibles telles que les *Prunoideae* (dont les *Prunus*), l'olivier et la vigne, ou même non cultivées comme les chênes ou le maquis,
- aucun des porte-greffe d'agrumes les plus courants n'est résistant à cette maladie, le sous-solage, le travail superficiel et le drainage du sol pour éviter la stagnation de l'eau, l'enlèvement le plus exhaustif possible des racines résiduelles du couvert végétal précédent, l'exclusion de la culture des agrumes associée à des *Prunus* - encore plus sensibles à cette maladie - sont les principales mesures qui peuvent être prises pour limiter les dégâts causés par *A. mellea*.

POUR INFORMATIONS ET COMMUNICATIONS

www.cersaa.it
<https://areflec.fr/>
<https://corse.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-de-haute-corse/>
www.sardegnaagricoltura.it

ESCA

Fomitiporia mediterranea



© G. Minuto-CeRSAA

ESCA

Fomitiporia mediterranea

DESCRIPTION DES SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les pourritures du bois des agrumes sont :

- causées par de nombreuses espèces de champignons lignicoles, principalement des Basidiomycètes ;
- endémiques dans les vieux vergers d'agrumes ;
- à l'origine de la mort de grosses branches et du déclin précoce des arbres.

Sur le tronc et sur les grosses branches, les basidiomycètes lignicoles produisent des sporophores constituant la principale source d'inoculation. Les basidiospores produites par les sporophores sont disséminées par l'eau et le vent et germent avec des humidités relatives >90%. Leur pénétration se fait principalement à travers des blessures du bois ou des plaies de taille. L'évolution de l'infection est chronique. Parmi les agents pathogènes, *Fomitiporia mediterranea* est probablement la plus commune dans les vergers d'agrumes du Sud de l'Italie et dans l'ensemble des aires côtières de la péninsule. C'est une espèce polyphage, s'attaquant fréquemment à d'autres espèces, comme les arbres fruitiers, les oliviers et la vigne.

STRATÉGIES DE DÉFENSE

L'Esca peut être évitée en limitant les tailles importantes pendant les mois d'hiver ou pendant les périodes pluvieuses, en utilisant des systèmes d'irrigation localisés, en protégeant les coupes de taille avec des mastics, en facilitant le drainage de l'eau au creux des charpentières et en appliquant de la chaux sur le tronc et les branches pour les protéger des brûlures solaires.

POUR INFORMATIONS ET COMMUNICATIONS

www.cersaa.it

<https://areflec.fr/>

<https://corse.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-de-haute-corse/>

www.sardegnaagricoltura.it

POURRITURE SÈCHE DES RACINES*Fusarium spp.*

© G. Minuto-CeRSAA

POURRITURE SÈCHE DES RACINES*Fusarium spp.***DESCRIPTION DES SYMPTÔMES ET DÉGÂTS**

La pourriture sèche des racines est une maladie dont les causes sont mal connues mais à laquelle sont associées certaines espèces de *Fusarium*. Son symptôme le plus typique est une coloration brune qui, depuis les racines principales et pivotantes, s'étend dans le bois de la partie basale du tronc jusqu'au niveau des nœuds où elle s'arrête.

La maladie se manifeste sur des arbres de 7 à 15 ans d'âge, généralement de façon sporadique mais, dans certains vergers, son incidence peut dépasser les 30% en cas d'éventuels stress abiotiques (thermique, hydrique, salin), ou sur des plantes également cultivées en pots.

En Italie, la pourriture sèche a été observée principalement sur des arbres greffés sur citrange. Les principaux facteurs de risque pourraient être les suivants : stress biotique et abiotique (tels que des infections de *Phytophthora*), morsures de mulots, dégâts mécaniques aux racines, conditions d'asphyxie faisant suite à de longues périodes d'inondation probablement en alternance avec des périodes de sécheresses, dégâts de conductivité électrique élevée des eaux d'irrigation.

STRATÉGIES DE DÉFENSE

La lutte contre la pourriture sèche des racines repose essentiellement sur des mesures préventives pour éviter la stagnation de l'eau à proximité du tronc, telles que le travail du sol en butte, le déchaussement de la partie basale du tronc et l'utilisation de systèmes d'irrigation localisés. Pour les agrumes cultivés en pot, en choisir dotés de trous de drainage efficaces. De plus, la conductivité électrique de l'eau d'irrigation doit être vérifiée afin d'éviter tout dommage qui pourrait entraîner des infections de *Fusarium spp.*

POUR INFORMATIONS ET COMMUNICATIONS

www.cersaa.it

<https://areflec.fr/>

<https://corse.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-de-haute-corse/>

www.sardegnaagricoltura.it

MAL SECCO DES AGRUMES***Phoma (Deuterophoma) tracheiphila***

© G. Minuto-CeRSAA

MAL SECCO DES AGRUMES***Phoma (Deuterophoma) tracheiphila*****DESCRIPTION DES SYMPTÔMES ET DÉGÂTS**

Le mal secco est une maladie vasculaire causée par le champignon mitosporique *Phoma (Deuterophoma) tracheiphila*. Particulièrement destructrice pour le citronnier, elle est apparue dans les vergers de citronniers des îles de la mer Égée dans la seconde moitié du XIXe siècle. En Italie, elle est apparue pour la première fois en 1919, dans la province de Messine. À l'heure actuelle, le mal secco touche la côte Est de la mer Noire (en Géorgie) et tous les pays producteurs d'agrumes du bassin méditerranéen, à l'exception de l'Espagne, du Portugal et du Maroc. Les zones de production de citrons de la Côte d'Azur sont touchées

par la maladie. La Corse du fait de sa proximité avec l'Italie et la Côte d'Azur a connue plusieurs alertes et programmes d'éradication mais semble pour l'instant épargnée par cette maladie.

P. tracheiphila figure sur la liste des agents pathogènes de quarantaine établie par l'OEPP et d'autres grandes organisations phytosanitaires régionales : APPPC (Asia and Pacific Plant Protection Commission), CPPC (Caribbean Plant Protection Commission), COSAVE (Comite regional de Sanidad Vegetal del Cono Sur), PSC NAPPO (North American Plant Protection Organization) et IAPSC (InterAfrican PhytoSanitary Council). https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/fungi/DEUTTR_dspdf

Principaux hôtes sensibles : citronnier, cédratier

Principaux hôtes tolérants : bigaradier, pamplemoussier, mandarinier, clémentinier. Principaux porte-greffe sensibles : Alemow (*Citrus macrophylla*), Bigaradier (sauf pour certaines sélections clonales), Rough lemon (*Citrus jambhiri*), lime Rangpur (*Citrus limonia*).

Principaux porte-greffe tolérants : Mandarine Cléopâtre (*Citrus reshni*), *Poncirus trifoliata*, citrumelo.

La principale source d'inoculum sont les pycnides matures du champignon qui, si les valeurs d'humidité relative dépassent 90%, gonflent et libèrent les pycnocnidés dont la pluie permet la dissémination. Les fluocinonides sont responsables des explosions épidémiques du mal secco causées par les tempêtes de grêle ou les pluies de fin d'été et d'automne, lorsque la capacité de germination des pycnogonides est fortement réduite. La température la plus favorable au développement des infections et à l'expression des symptômes se situe entre 15 et 22°C.

STRATÉGIES DE DÉFENSE

La lutte contre le mal secco repose essentiellement sur :

- l'exclusion de l'agent pathogène des aires où il ne s'est pas encore installé ;
- l'éradication des premiers foyers de la maladie et des sources possibles d'inoculation ;
- la taille des branches et des drageons infectés ;
- la destruction par brûlage du matériel résultant.

Dans certains cas, pour sauver les citronniers infectés, une intervention plus radicale consiste à les sur-greffer avec d'autres variétés de citron ou d'espèces d'agrumes tolérantes. Le travail mécanique du sol en automne et en hiver, le broyage et l'incorporation dans le sol du bois issu de la taille favorisent les infections racinaires. Dans les pépinières de production en particulier, l'utilisation de filets anti-grêle et l'application de solutions cuivriques pendant les mois d'automne et d'hiver sont recommandées.

POUR INFORMATIONS ET COMMUNICATIONS

www.cersaa.it

<https://areflec.fr/>

<https://corse.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-de-haute-corse/>

www.sardegnaagricoltura.it

GOMMOSE A PHYTOPHTHORA DES AGRUMES*Phytophthora citrophthora*, *P. nicotianae*

© G. Minuto-CeRSAA



© F. Curk-INRAE

GOMMOSE A PHYTOPHTHORA DES AGRUMES*Phytophthora citrophthora*, *P. nicotianae***DESCRIPTION DES SYMPTÔMES ET DÉGÂTS**

La gommoze à *Phytophthora* a été observée pour la première fois aux Açores vers 1832. En Italie, elle apparaît en 1855 dans les vergers de citronniers du lac de Garde et plus tard en Ligurie, mais avec moins de gravité car, dans cette région de l'Italie, le citron est généralement greffé sur bigaradier plus résistant aux *Phytophthora*. Malheureusement ce porte-greffe ne peut plus être utilisé pour les autres agrumes tels que les mandariniers, clémentiniers ou orangers du fait de la sensibilité de ces associations à la Tristeza. Le symptôme le plus typique est l'exsudat d'une substance gommeuse qui sort des fissures de l'écorce à la base du tronc. Au début, l'infection se manifeste par une tache humide sur l'écorce, qui se nécrose et se détache du tronc. La maladie de la gommoze est endémique dans toutes les régions productrices d'agrumes du monde. La formation de gomme affecte l'écorce et la fine couche de bois la plus externe. La lésion s'étend autour du tronc, l'entourant progressivement, et les racines sous-jacentes pourrissent parce qu'elles ne reçoivent plus de sève. Si plus de 50% de la circonférence du tronc est affectée par la lésion, il est souvent nécessaire de déraciner l'arbre et de le remplacer. *P. citrophthora* est généralement nuisible de la fin de l'automne au début du printemps, *P. nicotianae* en revanche est nuisible pendant les mois chauds alors que, pendant l'hiver, il survit dans le sol sous forme de chlamydospores ou de mycélium associés aux racines. Les deux espèces infectent les plantules dans les semis, les troncs et les branches, les racines, les fruits, les feuilles et les pousses. Elles sont la cause de la pourriture des semis, la gommoze des troncs et des branches, la pourriture des racines, la pourriture brune des fruits, le dessèchement des feuilles et des pousses. Dans la région méditerranéenne, *P. citrophthora* est le principal agent responsable de la pourriture brune des fruits et de la gommoze du tronc et des branches. *P. nicotianae* en revanche, est le principal agent causal de la pourriture des racines, provoquant la maladie de la gomme sur la base du tronc, mais elle n'infecte les branches que de façon exceptionnelle. *P. citrophthora* peut produire des sporanges sur les fruits, qui deviennent ainsi une source d'inoculation pour les infections secondaires (explosions épidémiques soudaines de pourriture brune pendant les mois d'hiver suite à des pluies persistantes). La principale source d'inoculum des espèces terricoles de *Phytophthora* sont les sporanges produits dans la couche supérieure du sol (de 0 à 30 cm de profondeur). Les autres espèces de *Phytophthora* qui infectent les agrumes sont : *P. palmivora* largement répandu dans les pays tropicaux, *P. citricola*, *P. cactorum*, *P. hibernalis* et *P. syringae*. Ces deux dernières espèces, qui se distinguent par un optimum thermique inférieur (<20°C), ont une diffusion limitée aux régions où les hivers sont froids. Les principaux facteurs de prédisposition sont : la propagation du citronnier par bou-

turage et de l'oranger par graine ; le greffage effectué top bas, trop près du sol. Des symptômes de pourriture des racines peuvent être observés en particulier sur les radicelles, pendant les mois d'hiver, les racines des agrumes sont exposées aux infections par *P. citrophthora*, cette espèce étant active même à des températures relativement basses, de juin à novembre, lorsque les racines sont en croissance active, les infections sont principalement causées par *P. nicotianae*.

STRATÉGIES DE DÉFENSE

La lutte contre les *Phytophthora* spp. repose essentiellement sur : des mesures de prévention dans la phase de préparation des parcelles avant, pendant et après la plantation, l'utilisation de porte-greffe résistants, greffage à une hauteur d'au moins 30 à 40 cm au-dessus du sol pour des arbres destinés à être plantés en zones sensibles, le drainage et le travail de la surface du sol (par exemple, la plantation en butte sur des sols trop argileux), plantation dans des cuvettes peu profondes (le collet des plantules doit être au niveau du sol). La lutte chimique est efficace si elle est effectuée à titre préventif (fongicide homologué au printemps ou en automne). Des stratégies de lutte non conventionnelles possibles sont liées à l'utilisation de phosphates, non homologués en tant que produits agro-pharmaceutiques, mais utilisés dans la culture des agrumes comme engrais, par exemple le phosphate de potassium et le phosphate de calcium. Les suspensions concentrées de solutions cuivriques appliquées au pinceau sur le tronc, encore utilisées dans les agrumeraies, n'ont qu'une action préventive.

POUR INFORMATIONS ET COMMUNICATIONS

www.cersaa.it
<https://areflec.fr/>
<https://corse.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-de-haute-corse/>
www.sardegnaagricoltura.it

LES PRODUITS ET SOUS-PRODUITS DES AGRUMES

Luisa Pistelli, Roberta Ascrizzi, Guido Flamini, Monica Macaluso,
Chiara Sanmartin, Isabella Taglieri, Francesca Venturi,
Angela Zinnai

GÉNÉRALITÉS

Le souvenir de la légende des hespérides est toujours lié au nom botanique des agrumes, appelé hespéridium. Il s'agit d'une baie à peau extérieure jaune ou orange (flavédo) constituant le zeste, ayant une odeur et un goût aromatiques, et à l'intérieur blanc, spongieux et amer (albédo).

L'épiderme externe est constitué de cires épicuticulaires en forme de plaquettes. Cette couche abrite généralement une microflore principalement constituée de champignons et de bactéries, plus abondante dans les climats humides. Le flavédo en revanche contient des vésicules d'huile se caractérisant par des parois très minces et fragiles ; l'huile essentielle qui y est contenue sous pression, peut être récupérée par simple abrasion du flavédo.

Le mésocarpe ou l'albédo : ses cellules à structure tubulaire forment un véritable réseau dont la majeure partie du volume tissulaire est comprimée dans l'espace intercellulaire. L'épaisseur de l'albédo varie selon le type d'agrumes et les variétés. L'albédo est très riche en flavonoïdes qui, une fois transférés dans le jus, le rendent particulièrement amer. Le tissu plus interne est l'endocarpe, appelé pulpe, qui est divisé en segments enveloppés d'un film transparent abritant les carpelles dont les vésicules regorgent de jus. Ces nombreuses vésicules, ressemblant à des gouttes, sont remplies d'une solution sucrée, parfumée et pleine de vitamines ; elles entourent et protègent les pépins qui, une fois au sol, peuvent germer et donner naissance à de nouvelles plantes. La partie la plus interne ou axiale du fruit est parfois formée par un tissu spongieux semblable à celui de l'albédo (columelle).

D'un point de vue nutritionnel, le fruit des agrumes présente un intérêt considérable. La partie interne (l'endocarpe) est couramment consommée crue ou dans des préparations telles que confitures, conserves, jus et sirops. Le péricarpe (flavédo + albédo), est utilisé pour faire des fruits confits ou dans la préparation de liqueurs. Dans l'alimentation courante, on trouve principalement des oranges (*C. sinensis*), des citrons (*C. limon*), des mandarines (*C. reticulata*) et des pomelos (*C. paradisi*), mais également des kumquats (*Fortunella* spp.), des limes (*Citrus aurantiifolia* et *C. latifolia*) et même du citron caviar ou finger lime (*Microcitrus australasica*).

COMPOSITION CHIMIQUE ET PRINCIPES ACTIFS DES AGRUMES DU GENRE CITRUS

La composition chimique de l'écorce d'agrumes est sujette à changement en raison de l'influence de divers facteurs tels que la variété, les facteurs climatiques, environnementaux et l'état de maturité de la plante et du fruit.

La partie externe de l'écorce d'agrumes est particulièrement riche en huiles essentielles (0,6-1%) et en caroténoïdes, tandis que la partie interne spongieuse est riche en pectine, composés phénoliques (0,67-19,62 g / 100 g) et vitamine C (0,109-1,150 g / 100 g).

Les agrumes ont été les premiers aliments de l'histoire à être utilisés comme aliments « thérapeutiques », nutraceutiques ou alicamenteux, dirions-nous aujourd'hui. Les citrons, les oranges et les limes faisaient partie intégrante de l'alimentation des marins en tant que remède contre le scorbut, une forme d'avitaminose saccharide due à une carence en vitamine C (*acide ascorbique*). L'acide ascorbique (**Fig. 7.1**) est un composé hydrosoluble, nettement acide, qui se présente sous forme de cristaux inodores et sans saveur. Grâce à sa structure chimique particulière, cette molécule a une forte action réductrice qui justifie son utilisation pharmaceutique et cosmétique dans la lutte contre les radicaux libres. En effet, c'est une des vitamines les plus importantes de par ses propriétés biologiques que de nombreuses études scientifiques ont démontrées : excellent antioxydant, elle participe aux processus de respiration cellulaire, intervient dans la synthèse du collagène et c'est le plus puissant des activateurs dans

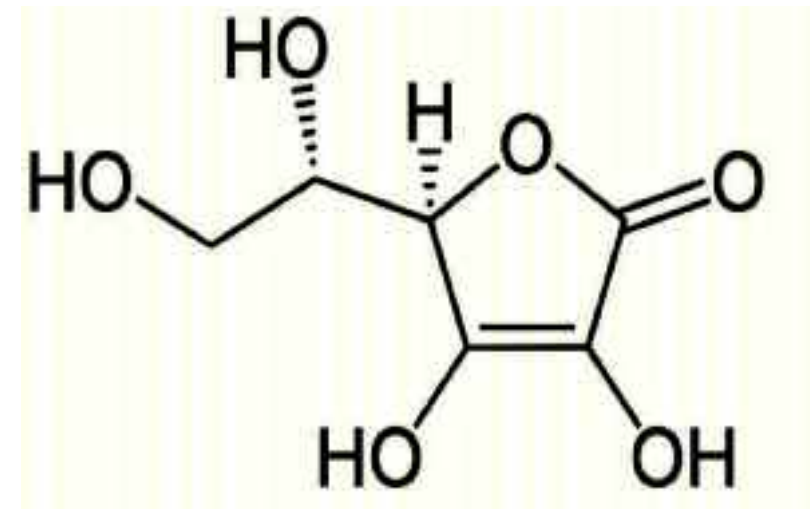


Fig. 7.1 : Formule chimique de l'acide ascorbique (C₆H₈O₆).

les processus d'absorption du fer. La teneur en vitamine C des oranges varie selon la saison, le sol, le système de culture et même d'une plante à l'autre dans la même culture.

Acides alpha-hydroxylés :

Les acides alpha-hydroxylés sont des acides organiques caractérisés par la présence d'un groupe hydroxyle sur le carbone directement adjacent à la fonction carboxylique (position *alpha*). Ces molécules sont abondantes dans la nature, notamment dans les pommes (*acide malique*), le lait (*acide lactique*), le raisin (*acide tartrique*), la canne à sucre (*acide glycolique*) et les agrumes (*acide citrique*). À de faibles concentrations, les acides alpha-hydroxylés ont des propriétés hydratantes, tandis qu'à des concentrations plus élevées, ils ont un effet kératolytique (ayant la capacité de dissoudre la kératine de la peau) qui est exploité dans les traitements exfoliants. L'*acide citrique* est une substance solide, incolore et soluble dans l'eau ; il est très répandu chez les plantes et - plus généralement - comme produit métabolique des organismes aérobies.

Fibres et pectine :

Les agrumes ne sont pas les fruits les plus riches en fibres. En réalité, ils contiennent un pourcentage très élevé de pectine. Les citrons, les oranges, les pomelos et les limes sont parmi les aliments contenant le plus de fibres solubles. La pectine est un polymère structurel qui se trouve dans les parois des cellules végétales. C'est un hétéropolysaccharide, c'est-à-dire une « chaîne » formée de nombreuses « unités » qui sont également différentes les unes des autres. Certaines liaisons entre les « briques » sont de type alpha 1-4 glycosidique (théoriquement digestible par l'homme). Cependant, notre organisme n'est pas capable d'absorber ce qui reste de la pectine après sa digestion. Grâce à sa capacité gélifiante, la pectine augmente le sentiment de satiété, module l'absorption, ralentit la digestion, régule le transit intestinal et réduit la capacité d'absorption du cholestérol. Elle agit également comme probiotique en nourrissant la flore bactérienne intestinale. La pectine est également utilisée dans l'industrie alimentaire à l'état naturel, ce qui permet de réduire la fraction simple de sucre dans les confitures.

La capacité de méthylation de la pectine entraîne une forte augmentation de la viscosité dont il faut tenir compte dans la production de jus concentrés pour éviter la gélification du produit.

Les agrumes apportent une excellente quantité de potassium et d'eau, deux éléments fondamentaux pour le maintien de l'équilibre hydrosalin.

Composés phénoliques et flavonoïdes :

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires présents dans les vacuoles des tissus végétaux. Ils sont généralement impliqués dans la défense des plantes contre les rayons ultraviolets ou les agressions de pathogènes. Ils peuvent également contribuer aux propriétés sensorielles et organoleptiques (couleur, goût, astringence) du fruit.

Les agrumes contiennent généralement des flavanones, des flavones et des anthocyanines. Ces dernières, les anthocyanines, ne sont présentes que dans les oranges sanguines et absentes dans les

autres agrumes. Habituellement, on parle de cyanidine-3-glucoside, peonidine-5-glucoside, delphinidine-3-glucoside et petunidine-3-glucoside.

Les flavanones les plus connues sont l'hespéridine, la naringénine, la poncirine, l'ériocitrine, la néoeriocitrine et la néoespérine, tandis que parmi les flavones on trouve la rutine et la diosmine. Ce sont des composés aux activités biologiques diverses, principalement attribuées à leur action antioxydante, en plus de leurs propriétés anti-inflammatoires, anticancéreuses, antiprolifératives et antivirales contribuant à la prévention de nombreuses maladies chroniques. Les composés phénoliques des agrumes ont également été utilisés en qualité d'additifs naturels comme édulcorants (hespéridine et néo-hespéridine), colorants (anthocyanines) et dans certaines boissons pour l'amertume caractéristique de leur saveur (naringénine). Les flavonoïdes se trouvent principalement dans l'albêdo et lui donne également un goût amer.

Composants azotés :

De nombreux acides aminés libres - pouvant représenter jusqu'à 70% de la totalité du composant azoté - sont présents dans les jus d'agrumes et en particulier : la proline, l'arginine, la sérine, l'asparagine, l'acide aspartique ou encore l'acide glutamique, mais pas le tryptophane. En outre la peau (flavêdo et albêdo) de l'orange amère (*Citrus aurantium*) contient aussi de la synéphrine, une amine sympathicomimétique (dont les propriétés imitent la stimulation du système nerveux sympathique), dans les proportions de 0,02% en frais et 0,3% en sec. Extraite pour la première fois en 1964 de l'écorce du fruit, elle a été utilisée pendant des années comme un médicament pour augmenter la tension artérielle chez les patients souffrant d'hypotension et risquant le collapsus. La synéphrine est une molécule très proche de l'adrénaline, dont elle simule les effets pharmacologiques (accélération du rythme cardiaque, dilatation bronchique, activation du métabolisme énergétique, etc.). Elle est également similaire à l'éphédrine, qui était autrefois largement utilisée comme inhibiteur de l'appétit, mais dont l'utilisation est désormais interdite : dans de nombreux pays en effet, dont l'Italie, la réglementation sanitaire permet

son utilisation à faible dose comme complément alimentaire et, grâce à sa capacité à réduire l'appétit et à stimuler le métabolisme de base, la synéphrine est dans le TOP-FIVE des cinq compléments alimentaires les plus vendus aux États-Unis.

Lipides :

Un des sous-produits possibles est l'huile de pépins d'agrumes. Les pépins secs contiennent en effet environ 30% d'huile grasse d'une couleur jaune pâle, rappelant celle des amandes, et composée principalement de triglycérides (95%) et de quelques acides gras libres, stérols, tocophérols, phospholipides. Parmi ces derniers, les principaux semblent être l'acide palmitique, l'acide palmitoléique, l'acide stéarique, l'acide linoléique, l'acide oléique et l'acide linoléique.

Pigments :

Les caroténoïdes d'agrumes, à l'origine de couleurs vives allant de l'orange au jaune pâle, se trouvent généralement dans les plastides du flavédo et dans les vésicules de pulpe contenant le jus. Ces caroténoïdes sont des tétraterpénoïdes hydrocarbonés (acycliques, monocycliques mais aussi alicycliques) qui, oxygénés, sont appelés xanthophylles. L'une de leurs principales fonctions est d'agir comme précurseurs de la vitamine A dans les organismes animaux. D'ailleurs, le bêta-carotène, une provitamine, fournit deux molécules de vitamine A. Les caroténoïdes sont généralement utilisés comme colorants alimentaires. Les variations naturelles dans leur teneur et leur type sont dues à des causes environnementales, aux conditions de croissance, au caractère saisonnier et à différents degrés de maturité.

Limonoïdes :

Il s'agit de composés appartenant à la classe des terpènes contenant le furanne en position C17, dont le plus connu est la limonine, produit de transformations enzymatiques ; ce composé, omniprésent dans tous les agrumes, est responsable de l'amertume des fruits mûrs.

LES HUILES ESSENTIELLES DES AGRUMES

Ce sont des composés odorants caractérisés par une apparence huileuse et un faible poids moléculaire les rendant particulièrement volatiles. Ils peuvent être extraits selon différentes méthodes : du pressurage à la distillation à la vapeur en passant par l'utilisation de solvants. La méthode d'extraction utilisée dépend de la qualité du matériel disponible, de la matière première végétale, et du type d'essence à obtenir.

Lors du traitement du fruit pour obtenir un jus, l'utilisation de sa peau permet l'obtention d'un produit à haute valeur ajoutée : l'huile essentielle. L'extraction à froid est la plus appropriée pour l'extraction des huiles essentielles car elle évite que certains composés soient dégradés par la chaleur. À partir d'autres parties de la plante que le fruit, comme les feuilles, les rameaux ou les fleurs, la technique traditionnelle de distillation à la vapeur d'eau peut être utilisée pour obtenir, respectivement, les huiles de petit-grain et de néroli.

Dans les fruits, l'huile essentielle se trouve dans les glandes sécrétrices (poches de lysogène) situées dans la partie colorée de la peau (flavédo). L'huile essentielle contient principalement des composés terpéniques et, parmi eux, les plus nombreux sont sans doute les hydrocarbures monoterpéniques, le limonène atteignant même des pourcentages relatifs très élevés (jusqu'à 95%). Il existe également des monoterpènes oxygénés de nature aldéhyde, alcool et ester, ainsi que des sesquiterpènes hydrocarbonés et oxygénés.

Outre le limonène, les composants importants sont α -pinène et β -pinène parmi les monoterpènes hydrocarbonés. Dans le cas des monoterpènes oxygénés, en revanche, on trouve les aldéhydes, avec les alcools nérol et géraniol ainsi que leurs acétates parmi les dérivés les plus représentatifs. Chez certaines espèces le linalol, le géraniol, l' α -terpinéol et le 4-terpinéol sont également relativement abondants. Pour ce qui est des hydrocarbures sesquiterpéniques, les composants les plus abondants sont le β -bisabolène, l' α -trans-bergamotène, le β -caryophyllène et le valencène, tandis que parmi les sesquiterpènes oxygénés principaux se trouvent le (*E*)-nérolidol, l' α -bisabolol et l'élémol.

Une étude récente (Mahato et al., 2017) a souligné les principales différences dans la composition des huiles essentielles de fruits par espèce d'agrumes (Fig. 7.2)

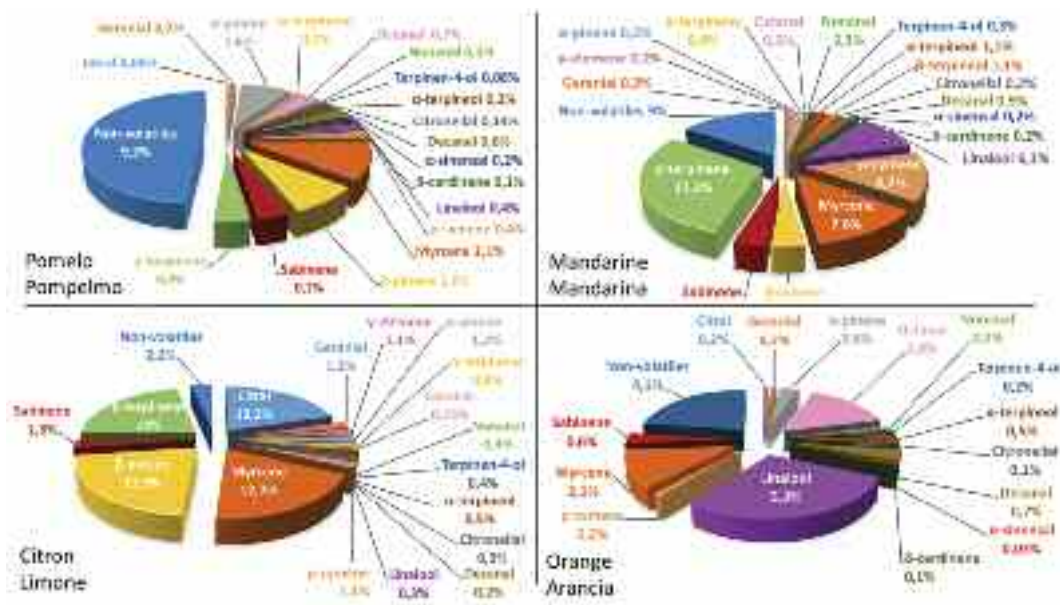


Fig. 7.2 : Proportion des composés majeurs (autres que le limonène) de l'huile essentielle de zestes de mandarine, citron, orange et pomelo.

LES MÉTHODES DE TRANSFORMATION DES AGRUMES

Tous les procédés technologiques adoptés par l'industrie des agrumes visent à obtenir deux principaux dérivés : le jus et l'huile essentielle (Fig. 7.3). Un sous-produit de faible valeur est également obtenu, composé de pelures, de pulpe et de pépins, traditionnellement appelé *pastazzo* en Italie. Les huiles essentielles et les jus sont ensuite destinés à être retravaillés par les industries alimentaires et pharmaceutiques.

a) Jus

Le Décret législatif 151/2004 (Directive CE 112/2001 et modifications ultérieures) donne les définitions suivantes :

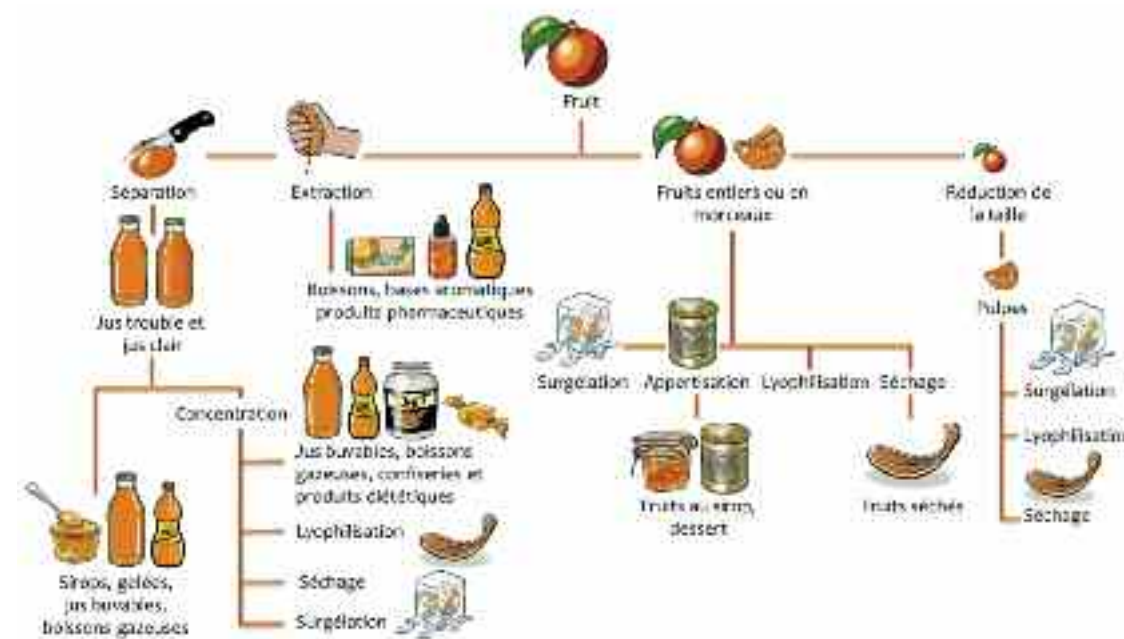


Fig. 7.3 : Schéma des transformations des agrumes (dessin © F. Curk-INRAE)

- Jus de fruits : produit fermentescible mais non fermenté, obtenu à partir de fruits sains, mûrs, frais ou conservés au froid, appartenant à une ou plusieurs espèces et ayant la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques des jus de fruits dont il provient. L'arôme, la pulpe et les cellules de jus qui sont séparés pendant le traitement peuvent se retrouver dans le même jus. Dans le cas des agrumes, le jus de fruit provient de l'endocarpe.
- Jus de fruits obtenu à partir d'un jus concentré : produit obtenu en réinsérant dans le jus de fruits concentré l'eau extraite du jus au moment de la concentration et en lui redonnant ses arômes et, le cas échéant, la pulpe et les cellules perdues du jus mais récupérées lors du processus de production du jus de fruits en question ou des jus de fruits de la même espèce. L'eau ajoutée doit présenter des caractéristiques appropriées, notamment d'un point de vue chimique, microbiologique et organoleptique, afin de garantir les qualités essentielles du jus. Le produit ainsi obtenu doit présenter des caractéristiques organoleptiques et analytiques au moins équi-

valentes à celles d'un type moyen de jus obtenu à partir de fruits de la même espèce.

- Jus de fruits concentré : produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par élimination physique d'une certaine proportion d'eau. Si le produit est destiné à la consommation directe, 50% du produit doit au moins être éliminé.
- Jus de fruits déshydraté - en poudre : produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par élimination physique de la quasi-totalité de l'eau.
- Nectar de fruit : produit fermentescible mais non fermenté, obtenu par addition d'eau et de sucres et/ou de miel aux produits définis aux points précédents, à la purée de fruits ou à un mélange de ces produits. L'adjonction de sucres et/ou de miel est autorisée dans la limite de 20% en poids du poids total du produit fini. Dans la fabrication de nectars de fruits sans sucre ajouté ou à faible teneur énergétique, les sucres sont totalement ou partiellement remplacés par des édulcorants.

Les jus de fruits sont généralement obtenus directement à partir de fruits par des moyens mécaniques ou de jus concentrés par dilution dans l'eau ; leur matière sèche varie donc entre 5 et 20%. Ils sont consommés tels quels ou utilisés comme intermédiaires de transformation pour la production de sirops, gelées ou bonbons. Les jus de fruits acides sont généralement sucrés avec du saccharose, du glucose ou du fructose, tandis que les jus utilisés pour d'autres procédés contiennent généralement des agents de conservation chimiques pour inhiber la fermentation. Toutes les variétés d'une même espèce de fruits ne se prêtent pas aussi bien à la production de jus, mais la qualité de la matière première est certainement essentielle à la qualité du produit transformé. La technologie de préparation varie selon les espèces : en effet, certaines phases, facultatives pour certains procédés, sont obligatoires pour d'autres.

Dans l'industrie des boissons, les jus sont le segment le plus compétitif et celui qui connaît la croissance la plus rapide. Après une

tendance négative qui a duré environ une décennie, l'évolution des goûts des consommateurs, l'adoption d'une alimentation plus saine et l'avènement des jus pressés à froid ont entraîné une augmentation de la demande de jus de fruits, favorisant une croissance constante sur le marché mondial et encourageant les fabricants à développer de nouvelles variantes de produits. L'industrie des agrumes est en importance la deuxième industrie de transformation des fruits, après l'industrie de la transformation du raisin. Dans ce secteur, environ un tiers de la production, dont plus de la moitié est représentée par des oranges, est destiné à la transformation et plus de 80% à la production de jus d'orange. En raison de la forte consommation de jus et de la demande croissante de jus pressés à froid et de mélanges de fruits et légumes comme alternatives plus saines aux boissons gazeuses, l'Amérique du Nord domine l'industrie mondiale, suivie de l'Europe où la présence de consommateurs avisés et l'adoption de bonnes habitudes alimentaires sont des facteurs importants pour la croissance du secteur.

L'Italie est le troisième pays méditerranéen pour la production d'agrumes et le douzième dans le monde. Bien que dans une phase certainement défavorable, les opérateurs du secteur ont favorisé l'introduction d'innovations en matière de processus, de produits et d'organisation, visant à la fois à maîtriser les coûts de production et à s'adapter à l'évolution de la demande, de plus en plus caractérisée par des produits différenciés et innovants (tant pour les produits frais que pour les produits transformés).

Les jus d'agrumes sont connus pour être des aliments sains, principalement pour leur apport en vitamine C, un antioxydant hydrosoluble important et cofacteur enzymatique pour la synthèse du collagène. Un verre de jus d'orange frais fournit en moyenne 135% de l'apport quotidien recommandé pour un homme adulte.

Les produits obtenus à partir d'agrumes fournissent encore un grand nombre de composés aux propriétés bénéfiques connues pour la santé, appelés « molécules bioactives », dont les vitamines, les pectines, les fibres, les flavonoïdes (hespéridine et naringine), les limonoïdes, les acides phénoliques et les terpénoïdes volatiles.

L'hespéridine, la naringine et la nobilétine sont des phénols dont l'activité bénéfique dans la prévention des maladies neurodégénératives, de la démence, de l'épilepsie et des crises cardiaques a été largement démontrée. Les fibres solubles (pectines) sont efficaces pour abaisser le taux de cholestérol sanguin. En ce sens, la consommation d'agrumes et de jus 100% pur jus d'agrumes peut donc être considérée comme bénéfique pour le maintien d'une bonne santé.

La production de jus de fruits comporte trois étapes principales : préparation du fruit, extraction, traitement et conservation du jus.

La préparation varie en fonction du type de fruit à traiter ; en particulier, pour les agrumes, il s'agit du lavage, du rinçage et du tri.

Il est suivi de la production du jus proprement dit, qui peut être obtenu par extraction, broyage ou pressurage. Parfois, la phase de broyage préventif de la matière première peut se faire mécaniquement, à travers des meules, ou thermiquement, soit par chauffage à environ 80°C, soit par congélation (< -5°C).

Le rendement peut être augmenté jusqu'à 90% par dégradation enzymatique des pectines, par ultrasons ou par électro-perméabilisation, en soumettant la matière première à l'application d'impulsions électriques.

La séparation du jus est obtenue par des presses continues ou discontinues, ou encore par des procédés tels que la filtration ou l'extraction sous vide. Avant le pressurage, les tissus fruitiers sont digérés avec des enzymes pectinolytiques et cellulolytiques à 50°C pour augmenter le rendement.

Le système d'extraction le plus courant pour les agrumes est celui des extracteurs *In Line* qui fonctionnent sans que les agrumes soient préalablement coupés en deux. Ce type d'extracteur, avec l'extraction du jus, effectue également l'extraction de l'huile essentielle. Grâce au mécanisme des godets métalliques dont ces extracteurs sont équipés, ils coupent la peau en bandes, la pressent et provoquent ainsi la sortie de l'huile essentielle qui est recueillie entraînée par l'eau d'un *anneau de pulvérisation* ; l'émulsion qui se forme alors coule ensuite à travers un plan incliné sur une vis avec des morceaux de peau et d'autres parties solides du fruit avant d'être transférée

dans un *finisher* pour retirer les solides insolubles, enfin elle est dirigée vers des lignes de séparation de l'essence. Avec ce système, les fruits sont ensuite séparés en quatre flux : le jus, les pelures, les parties centrales avec la pulpe et les pépins, et une émulsion huileuse.

Les extracteurs *Brown* travaillent eux selon un principe complètement différent de celui des extracteurs *In Line* : en effet, après calibrage, les fruits sont coupés en deux, et les demi-fruits obtenus sont ensuite maintenus dans des godets en caoutchouc tandis que des broches (ou alésoirs, outil de coupe semblable à un foret) en plastique de forme appropriée les pénètrent et retirent leur jus qui est recueilli alors que les pelures sont évacuées. Ces extracteurs aussi ont besoin du calibrage des fruits pour fonctionner correctement, mais les rendements en jus sont élevés et leur qualité excellente.

Enfin, le système d'éplucheuse-essoreuse à rouleaux, très répandu en Italie et en Espagne, ne nécessite aucun calibrage des fruits avant l'extraction. Mais la qualité du jus extrait avec ce système est bien inférieure à celle obtenue avec les extracteurs *In Line* ou *Brown* car, sans système de calibrage, les petits fruits peuvent être très peu extraits tandis que les gros fruits sont extraits au-delà des normes légales, provoquant la pollution du jus avec des liquides issus de la pression des zestes, ainsi que des rendements inférieurs dus à l'absence d'homogénéité de la pression.

Lors des opérations d'extraction, comme des fragments d'albédo, de membranes et de vésicules passent dans le jus, celui-ci doit ensuite être soumis à un filtrage et à une clarification pour éliminer sa turbidité avant de pouvoir être stabilisé. Ce genre de clarification implique des traitements enzymatiques, principalement pectinolytiques et, si nécessaire, l'élimination de l'amidon et des polyphénols à l'aide de gélatine utilisée seule ou en association avec un support, ou des tanins de silice, ou encore de la polyvinylpyrrolidone (PVP). Les protéines sont ensuite éliminées par adsorption avec de la bentonite. La clarification des jus est obtenue par filtration à travers des membranes poreuses, ou des couches de cellulose, ou de la poudre de kieselguhr, ou encore par centrifugation.

Les jus obtenus sont également dégazés, par passage sous vide ou par soufflage de gaz inertes tels que l'azote ou le dioxyde de car-

bone, afin de protéger le produit de l'action dégradante de l'oxygène (particulièrement intense contre la vitamine C et les bioflavonoïdes, notamment les composants chromatiques).

Les jus d'agrumes (citrons, oranges, pomelos) sont ensuite traités thermiquement pour inactiver les enzymes endogènes (pectinestérase) qui conduiraient à la formation d'acides pectiques pouvant s'agréger et flocculer en présence des ions calcium (Ca^{2+}). Une alternative consiste à utiliser différentes enzymes (polygalacturonases) en mesure de fragmenter les pectines en composés plus petits (qui n'ont pas tendance à flocculer), car le traitement thermique, surtout s'il n'est pas effectué dans une atmosphère inerte, nuit aux arômes du fruit.

La pasteurisation inactive la microflore et les enzymes, en particulier les phénol oxydases ; cependant, comme un traitement thermique prolongé diminue la qualité du produit final et le fait brunir, il est préférable d'effectuer des traitements courts à haute température ($T = 85-92^\circ\text{C}$ pour $t = 10-15$ s), suivis d'un refroidissement rapide. La plupart des jus d'orange, de citron, de mandarine et de pomelos sont pasteurisés (pour inactiver les enzymes de modification et la microflore) et concentrés (pour augmenter leur teneur en solides solubles) ; en Italie et en Israël en particulier, le jus est soumis à des procédures visant à réduire sa turbidité (teneur en solides en suspension $<0,5\%$) avant traitement thermique, seul ou avec des liquides issus des zestes pressés.

Le jus est ensuite stocké dans des cuves stériles jusqu'à sa mise en bouteille pour la vente au détail ; les jus de fruits peuvent être stockés par congélation, sous atmosphère modifiée, par concentration ou séchage.

La congélation transforme le jus en une pâte glacée qui est ensuite conditionnée et stockée pour la distribution ; le produit obtenu est stable pendant 5 à 10 mois à une température de $-18/-23^\circ\text{C}$. Le stockage en atmosphère inerte repose sur le principe que les jus filtrés et stérilisés sont microbiologiquement stables à des températures inférieures à 10°C dans une atmosphère contenant plus de $14,6$ g/l de dioxyde de carbone (CO_2). Sa concentration implique l'élimination physique de l'eau, le refroidissement rapide du concentré, l'ajout d'un pourcentage de jus naturel non pasteurisé permettant de reconstituer

la plupart des arômes perdus pendant la concentration et enfin, la congélation rapide pour empêcher la modification du produit.

Les jus de fruits sont ensuite conditionnés dans des récipients adaptés à la distribution (bouteilles en verre, récipients en polyéthylène, canettes en aluminium, etc...)

b) Sous-produits

La transformation des agrumes génère une grande quantité de sous-produits qui, s'ils sont récupérés et valorisés, représentent d'une part une économie pour l'entreprise productrice, d'autre part une ressource importante pour encourager l'innovation dans ce secteur. La composition chimique des déchets de la transformation des agrumes offre un large éventail d'utilisations tant comme source de substances à haute valeur ajoutée (pectines, flavonoïdes, vitamines) que comme aliment pour animaux. Les exemples classiques sont en fait la récupération et la purification d'huiles essentielles et la production de peaux séchées sous forme de granulés pour l'alimentation du bétail. Récemment, d'autres solutions innovantes ont été proposées : à partir des déchets d'agrumes, celles-ci permettent de récupérer des constituants utiles tels que l'éthanol, le méthane, le limonène et la pectine, mais aussi des composants bioactifs aux propriétés antioxydantes avérées (composés phénoliques, notamment les flavonoïdes).

De plus, grâce à des procédés innovants de transformation capables de préserver les propriétés sensorielles et sanitaires des différents types d'agrumes, des huiles ont été développées à partir de peaux de variétés typiques d'oranges et de citrons italiens : particulièrement précieuses dans le domaine de la santé, elles ont ensuite été utilisées dans la production expérimentale de produits alimentaires et de soins corporels. Les huiles d'olive « agrumées » (aromatisées aux agrumes), par exemple, pourraient remplacer le beurre et les huiles végétales raffinées dans les confiseries et les produits gastronomiques, ou être consommées dans le cas de régimes spéciaux comme ceux liés au contrôle du cholestérol. En outre, les propriétés antioxydantes de ces préparations ont également été testées dans la production du levain, l'agent levant du pain et d'autres produits de

boulangerie, qui conservent ainsi leur fraîcheur plus longtemps et sans l'utilisation de conservateurs chimiques.

Quantitativement, les écorces rejetées par les extracteurs de jus constituent le sous-produit le plus important des agrumes puisqu'elles représentent 50-55% du poids des fruits transformés. Une quantité relativement faible est utilisée pour la production de pectines, l'extraction de fibres, la production d'écorces confites, tandis que la majorité est actuellement destinée à l'alimentation animale. Les écorces d'agrumes confites sont également à la base des produits de boulangerie et des ingrédients de divers produits traditionnels tels que les cakes anglais et le *panettone* italien.

Mais elles servent également de base à la production de boissons à base d'agrumes, telles que les limonades, les boissons gazeuses et les eaux minérales aromatisées ; leur arômes « agrumés » et, dans la plupart des cas, leurs couleurs et leur turbidité, sont obtenus à partir de mélanges fabriqués dans l'usine de transformation des agrumes ou de purée d'agrumes qui est constituée d'agrumes, de sucre, d'acide citrique ou de jus de citron. Ces produits peuvent également contenir : des fruits entiers finement hachés, peau, pulpe, jus, concentré, essences récupérées, huiles essentielles et stabilisants.

La pectine est un autre produit de valeur provenant de l'écorce des agrumes. Largement utilisée comme agent gélifiant dans les confitures et comme modificateur/stabilisant structurel dans un nombre croissant d'aliments, sa production mondiale totale est estimée entre 40 000 et 50 000 tonnes, avec un taux de croissance d'environ 3-4% par an. Environ 85% de la production mondiale de pectine provient de déchets d'agrumes. Elle peut être extraite de citrons frais ou séchés, de pomelos ou d'écorces d'orange. Les peaux fraîches contiennent environ 1,5 à 3% de pectine, tandis que les peaux sèches en contiennent de 9 à 18%.

Les pectines sont également connues sous le nom de fibres alimentaires ; elles agissent comme des probiotiques et, comme l'indique la littérature, favorisent la réduction du cholestérol et de la glycémie.

Les résidus de pelage après extraction de la pectine sont enfin d'importantes sources de fibres insolubles, largement utilisées pour les

produits de boulangerie et les produits carnés pour leur action stabilisatrice de la structure. Fonctionnellement, elles sont dans certains cas utilisées dans la crème glacée, également comme substitut de graisses ayant une influence sur les propriétés viscoélastiques du produit, ou comme émulsifiant, ou encore comme stabilisateur d'émulsions.

Parmi les déchets de l'industrie de transformation des agrumes, les pépins – dont la teneur varie d'environ 7% dans le pomelo à 2% dans l'orange - jouent encore un rôle marginal. Ils se séparent facilement du jus des extracteurs et sont intéressants sur le plan commercial comme source d'huile et de protéines. La composition en acides gras de l'huile de pépins d'agrumes, principalement l'acide oléique, linoléique et palmitique, indique que cette huile est saine, et que la farine complètement dégraissée contient 43% de protéines.

En outre, les pépins sont riches en polyphénols ; l'extrait de pépins de pomelo (EPP) par exemple, contenant beaucoup de composés tels que les limonoïdes et la naringine, est bien connu pour ses propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, et actuellement utilisé dans de nombreux produits des industries cosmétiques et alimentaires (pour leur conservation).

c) Confitures/Marmelades/Gelées

Il s'agit de produits dont la stabilité est garantie par leur teneur élevée en solides et par l'action liante de la fraction sucrée sur l'eau.

En particulier, la directive européenne 2001/113/CE qui définit ce qui suit :

- Confiture : mélange gélifié de sucres, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Pour les agrumes, la confiture peut être obtenue à partir du fruit entier, coupé et/ou tranché. La quantité de pulpe et/ou de purée utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini ne doit pas être inférieure à 350 grammes pour la confiture (sans autre nom), 450 grammes pour la **confiture extra**.

- Gelée (et gélatine extra) : mélange suffisamment gélifié, de sucres, jus de fruits et/ou extrait aqueux d'une ou plusieurs espèces de fruits. La quantité de jus de fruits et/ou d'extrait aqueux utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini ne doit pas être inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture correspondante.
- Marmelade : mélange, porté à une consistance gélifiée appropriée, d'eau, de sucres et d'un ou plusieurs des produits suivants obtenus à partir d'agrumes : pulpe, purée, jus, extraits aqueux et écorce. La quantité d'agrumes utilisée pour la production de 1 000 grammes de produit fini ne doit pas être inférieure à 200 grammes (dont au moins 75 grammes doivent provenir de l'endocarpe).

CONCLUSION

Les agrumes cultivés en Sardaigne, en Corse, en Ligurie et en Toscane offrent des productions quantitatives très limitées par rapport à celles des autres aires de culture européennes et extra-européennes. Cependant, la valorisation de ces productions – et pas seulement pour l'alimentation – peut les placer dans des marchés de niche différents et plus attractifs d'un point de vue économique que les productions classiques.

L'étape la plus importante est sans aucun doute la caractérisation des espèces et des sélections locales, accompagnée de la qualification des produits finis en fonction des caractéristiques chimiques, physiques, climatiques, biologiques, culturelles et sociales spécifiques des aires de culture. La combinaison de ces contenus, bien résumés dans le concept français de « terroir », a déjà conduit, dans le passé, à l'obtention de l'Indication Géographique Protégée de la Clémentine de Corse et du Pomelo de Corse : ce peut être une source d'inspiration et un exemple pragmatique pour développer des stratégies visant à améliorer au moins d'autres agrumes de Corse et certains des agrumes particuliers sardes, liguriens ou toscans.

Une première étape pourrait résider dans l'application de la Directive 12/2012/CE du 19/04/2012 concernant l'obligation de déclarer l'origine du produit sur l'étiquette ; mais il est nécessaire et urgent d'établir des chaînes de produits capables de récupérer, au profit de la production et de la première transformation à la ferme, une partie de la valeur ajoutée des produits finaux lancés sur le marché. Dans ce dernier cas, du moins en Italie et pour les produits extraits, la publication du *Testo Unico in materia di coltivazione, rac-*

colta e prima trasformazione delle piante a uso officinale – parmi lesquels les agrumes - (texte basé sur la culture, la récolte et la première transformation des plantes médicinales - dont les agrumes) peut aider à la restructuration de la législation actuelle largement dépassée.

Pour l'avenir, la création de réseaux/ateliers locaux et transfrontaliers d'une part, le développement de services hautement professionnels pour soutenir la qualité de la production et le développement technologique de la transformation alimentaire et non alimentaire d'autre part, sont les deux piliers sur lesquels repose le développement des exploitations et l'entrée sur le marché. Bien que ce soit le cas pour de nombreux produits depuis un certain temps, il est clair que son maintien et sa croissance sont liés à la disponibilité, à la diversification des types et à la qualité des produits.

Les produits nouveaux ou innovants, qu'il s'agisse de « super jus », de cosmétiques, de textiles - fabriqués à partir de matières « brutes » et « secondaires » - ou de produits touristiques, doivent être suivis, contrôlés et promus dans le cadre d'un système organisé de coopération entre universités, centres de recherche, chambres de commerce, experts des différents secteurs et exploitations.

Le travail réalisé jusqu'à présent par le projet Interreg *Marittimo Mare di Agrumi* a eu le mérite indéniable de relier des secteurs éloignés les uns des autres ou peu « dialoguants », comme l'agro-alimentaire et le tourisme, en s'appuyant sur les agrumes comme élément fédérateur des nombreuses rives du territoire du projet. Les partenaires de *Mare di Agrumi* ont montré qu'il est possible de faire des affaires, de promouvoir les cultures et les territoires, de développer des produits en mettant autour d'une table les membres des administrations publiques, des organismes de recherche et des exploitations privées.

Cet ouvrage, qui ne se veut pas exhaustif, est le résultat du projet dans les domaines agricole et agro-alimentaire ; il constitue une petite contribution à la connaissance de quelques précieux agrumes dit « rares », qui pourraient bientôt devenir - si ce n'est déjà fait - le moteur d'un développement durable et possible des exploitations dans différents territoires : « rare » et donc « précieux ».

Bibliographie

- Agabbio M., Pala M., Mulas M., Nieddu G.**, 1987. *Confronto ed attitudine alla conservazione di dodici cultivar di arancio. Atti del convegno. Il recente contributo della ricerca allo sviluppo dell'agrumicoltura italiana. Cagliari, 29 aprile-3 maggio 1986: 309-405.*
- Ardouin-Dumazet V. E.**, 1919. *Voyage en France, La Corse. 14^{ème} série.* Berger-Levrault et Cie. Troisième édition, Paris.
- Alberti L.**, 1611. *Descrittione di tutta Italia. Ed. Nicolini da Sabbio, Venezia.*
- Arangino F., Aru A., Baldaccini P. Vacca S.**, 1986. *I suoli delle aree irrigabili della Sardegna.*RAS- E.A.F.
- Baldini E.**, 1996a. *Gli agrumi di Giorgio Gallesio: scritti e disegni inediti.* in: Tagliolini A., Azzi Visentini M. (Sous la direction de). *Il giardino delle Esperidi: gli agrumi nella storia, nella letteratura e nell'arte.* Edifir, Florence, pp. 59-90.
- Baldini E.**, 1996b. *L'atlante citrografico di Giorgio Gallesio.* Accademia dei Georgofili, Florence.
- Bariola F.**, 1893. *In memoriam, X. KAL. SEPT MDCCCXCII [Otto lettere di Giorgio Gallesio autore della Pomona Italiana, a cura di Felice Bariola],* Florence.
- Balzac (de) H.**, 1841. Réédition de 1976: *La Comédie humaine: Études de mœurs. Scènes de la vie privée, t. I. Mémoires de deux jeunes mariées.* Paris, Gallimard, coll. Bibliothèque de la Pléiade.
- Belmin R.**, 2017. *Clémentine de Corse. Un fruit, des hommes, une histoire.* Alain Piazzola, Ajaccio, France.
- Beniamino I.**, 2017. *Giardini di agrumi nel paesaggio di Sanremo. Coltura e varietà nei secoli XII-XIX.* Guaraldi, Rimini.
- Butelli E., Licciardello C., Zhang Y., Liu J., Mackay S., Bailey P., Reforgiato-Recupero G. et Martin C.**, 2012. *Retrotransposons control fruit-specific, cold-dependent accumulation of anthocyanins in blood oranges.* *Plant Cell.*, 24 (3): 1242-1255.

- Camarda I., Mazzola P., Brunu A., Fenu G., Lombardo G., Palla F.**, 2013. *Un agrume nella storia della Sardegna: Citrus limon var. pompia Camarda var. nova*. *Quad. Bot. Amb. Appl.*, 24: 109-118.
- Campolo O., Maione V., Grande S. B., Palmeri V.**, 2010. *Unaspis yanonensis (Kuwane) (Hemiptera: Diaspididae) su agrumi in Calabria*. *Informatore Fitopatologico*.
- Casalis G.**, 1833-1856. *Dizionario storico, statistico e commerciale degli stati di sua Maestà il Re di Sardegna*. Ed. Gaetano Masperi, Turin.
- Chambre de commerce et d'industrie artisanale et agricole**, Riviere di Liguria - Imperia La Spezia Savone ; <http://www.rivlig.camcom.gov.it/>
- Cherchi-Paba F.**, 1974-1977. *Evoluzione storica dell'attività industriale, agricola, caccia e pesca in Sardegna*. Regione Sarda, Ass. Ind. e Comm. Ed. Fossataro, Cagliari.
- Chessa I., Mulas M., Pala M.**, 1994. *Gli agrumi*. In "Agabbio M., Le vecchie varietà della Sardegna". Ed. Carlo Delfino, Sassari.
- Cougnat A.**, 1880. *Descrizione cosmografica climaterica fluviale ed agricola del circondario di Savona nell'anno 1879*. Tipografia di Andrea Ricci, Savona.
- Crescenzi P.**, 1471. Réédition 2010. *Opus ruralium commodorum*. Biblioteca Internazionale La Vigna, Vicenza.
- Critelli L., Viterale L.**, 2007. *Unaspis yanonensis Cocciniglia Asiatica degli agrumi*. Nota Divulgativa Centro Divulgazione Agricola n° 17, Gioia Tauro.
- Curk F., Ollitrault F., Garcia-Lor A., Luro F., Navarro L., Ollitrault P.**, 2016. *Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers*. *Annals of Botany*, 117: 565-583.
- Da Graca J., Louzada E., Sauls J.V.**, 2004. *The origins of red pigmented grapefruits and the development of new varieties*. Conference: Proceedings, International Society of Citriculture. Agadir, Morocco, 1: 369-374.
- D'Aquino S., Fronteddu F., Usai M., Palma A.**, 2005. *Qualitative and physiological properties of 'Pompia', a citron-like fruit*. *PGR Newsletter, FAO Biodiversity*, 143: 40-45.
- Darwin C.**, 1876. *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*. Traduzione italiana sulla seconda edizione inglese col consenso dell'autore di Giovanni Canestrini professore di zoologia ed anatomia comparata nella R. Università di Padova. Unione Tipografica, Turin.
- Daudet A.**, 1873. Réédition 1999. *Les lettres de mon Moulin*. Gallimard-Jeunesse, Paris.
- De Carolis E.**, 2018. *Painted gardens: Observations on execution technique*. In *AGRUMED: Archaeology and history of citrus fruit in the Mediterranean: acclimatization, diversifications, uses*. Zech-Matterne V. and Girolamo F. (eds.) Naples : Publications du Centre Jean Bérard, 2017: 105-119.
- Della Marmora A.**, 1839. *Voyage en Sardaigne*. Ed. Arthus Bertrand Libraire, Paris.
- Dettori S., Filigheddu M.R., Loi G. C., Nieddu G., Spano D., Suelzu R.**, 1986. *Stima evapotraspirativa dei fabbisogni irrigui nelle principali aree agricole della Sardegna*. *Studi Sassaesi, sez. III. Annali della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari*, vol. XXXII: 229-260.
- Russo Ermolli E. R., Menale B., Barone Lumaga M. R.**, 2018. *Pollen morphology reveals the presence of Citrus medica and Citrus x limon in a garden of Villa di Poppea in Oplontis (1st century BC)*. In *AGRUMED: Archaeology and history of citrus fruit in the Mediterranean: acclimatization, diversifications, uses*. Zech-Matterne V. and Girolamo F. (eds.) Naples: Publications du Centre Jean Bérard, 2017: 120-129. <http://books.openedition.org/pcjb/2107>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)**, 2011. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) - Managing Systems at Risk*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- FAO**, 2017. FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. 2019.
- Fara I. F.**, 1835. *De Choriographia Sardiniae. Libri duo*. Tip. Regia, Turin.
- Ferrari G.**, 2005. *Sanremo 550 secoli*. Ed. Il nuovo Atelier, Sanremo.
- Ferrari G. B.**, 1646. *Hesperides sive de malorum aureorum cultura et usu libri quator*. *Sumptibus Hermanni Scheus*, Rome.
- Fortune R.**, 1848. *New plants from the Society's garden. Citrus japonica*. *Journal of the Royal Horticultural Society*, London.
- Gallesio G.**, 1811. *Traité du Citrus*. Chez Louis Fantin Libraire, Paris.
- Gallesio G.**, 1812. Document personnel de l'auteur conservé aux Archives de la famille Gallesio-Piuma (AGP), Gênes.
- Gallesio G.**, 1814. *Theorie der vegetabilischen Reproduktion*. F. Stöckholzer, Vienne.
- Gallesio G.**, 1816. *Teoria della riproduzione vegetale*. Niccolò Capurro, Pise.
- Gallesio G.**, 1817-1839. *Pomona Italiana: Trattato degli alberi fruttiferi contenente la Descrizione delle migliori varietà dei Frutti coltivati in Italia, accompagnato da Figure disegnate e colorite sul vero*. Niccolò Capurro, Pise.
- Gallesio G.**, 1839. *Gli agrumi dei Giardini botanico-agrari di Firenze*. Fumagalli, Florence.

- Gallesio G.**, 1985. *Dai giornali d'agricoltura e di viaggi. A cura di M.C. Lamberti* ; SAGEP Libri & Comunicazione, Gênes.
- Gallesio G.**, 1995. *I giornali dei viaggi. Trascrizione, note e commento di Enrico Baldini. Accademia dei Georgofili, Florence.*
- Gallesio G.**, 2000. *Dell'influenza dell'innesto. Memoria inedita presentata nel luglio 1829. Trascrizione, commento e note di Enrico Baldini. Accademia dei Georgofili, Florence.*
- Garcia-Lor A., Curk F., Snoussi-Trifa H., et al.** 2013. A nuclear phylogenetic analysis: SNPs, indels and SSRs deliver new insights into the relationships in the 'true citrus fruit trees' group (Citrinae, Rutaceae) and the origin of cultivated species. *Annals of Botany*, 111: 1-19.
- Gentile A.**, 2012. *Miglioramento genetico. In: AA. VV. 2012. Gli agrumi. Coordinamento scientifico di E. Tribulato e P. Inglese. Collana Coltura&Cultura, ideata da R. Angelini - copyright Bayer CropScience. Ed. Script, Bologna.*
- Giustiniano A.** 1537. *Castigatissimi annali con la loro copiosa tavola della eccelsa & illustrissima republi. di Genoa, da fideli & approvati scrittori, per el reverendo monsignore Agostino Giustiniano genoese vescovo di Nebio accuratamente raccolti. Opera certamente molto laudevole, a studiosi assai comoda, & comunemente a tutti utilissima. Genoa: [s. n.].* (<https://archive.org/details/GE0036MrDIIIColomb23/page/n3/mode/2up>)
- Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat.** Changement climatique 2014 : Rapport de synthèse.
- Huet R., Dalnic R., Cassin J., Jacquemond C.**, 1986. Le cédrat méditerranéen. Le cédrat de Corse. *Fruits*, 41 (2): 113-119.
- International Plant Genetic Resources Institute**, 1999. Descripteur des agrumes (*Citrus* spp.). IPGRI, Rome, https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/540.pdf
- IPCC**, 2018. *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)].* <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Istat**, Institut national de statistique italien ; <https://www.istat.it/>
- Jacquemond C., Curk F., Heuzet M.**, 2013. *Les clémentiniers et autres petits agrumes. Quae Editions, Collection Savoir-Faire, Versailles, France.*
- Langgut D.**, 2018. *The history of Citrus medica (citron) in the Near East: Botanical remains and ancient art and texts. In: AGRUMED: Archaeology and history of citrus fruit in the Mediterranean: Acclimatization, diversifications, uses. Zech-Matterne V. and Girolamo F. (eds.) Naples : Publications du Centre Jean Bérard, 2017: 84-94.*
- Legave J. M.**, 1991. Avant-propos; in Collectif. *Le pomelo Star Ruby et sa culture en Corse. INRAE-Irfa, Centre de Recherche Agronomique de Corse. Page 3.*
- Lombardo M.L.**, 1978. *Dohana Ripe et Ripecte: Camera urbis. Dohana Ripe et Ripecte. Liber introitus (1428). Ed. Ist. Nazionale di Studi Romani; in: Fonti e studi storia econ. Roma Stato Pon.*
- Lorenzi L. J.**, 2002. Le Cédrat en Corse. *Alimea. Bulletin de la Société des sciences historiques et naturelle de la Corse. 698-701:167-183.*
- Luro F., Bloquel E., Tomu B., Costantino G., Tur I., Riolacci S., Varamo F., Ollitrault P., Froelicher Y., Curk F., Pailly O.**, 2018. *The INRAE-CIRAD citrus germplasm collection of San Giuliano, Corsica. in AGRUMED: Archaeology and history of citrus fruit in the Mediterranean: Acclimatization, diversifications, uses. Zech-Matterne V., Fiorentino G., eds Naples. Publications du Centre Jean Bérard : 243-261.*
- Luro F., Venturini N., Costantino G., Paolini J., Ollitrault P., Costa J.**, 2012. *Genetic and chemical diversity of citron (Citrus medica L.) based on nuclear and cytoplasmic markers and leaf essential oil composition. Phytochemistry, 77: 186-196.*
- Luro F., Viglietti G., Marchi E., Costantino G., Scarpa M.G., Tomi F., Paoli M., Curk F., and Ollitrault P.**, 2019. *Genetic, morphological and chemical investigations reveal the genetic origin of Pompia (C. medica tuberosa Risso & Poiteau) - an old endemic Sardinian citrus fruit. Phytochemistry, 168: 112083. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.112083*
- Mahato N., Sharma K., Koteswararao R., Sinha M., Baral E., Cho M. H.**, 2017. *Citrus essential oils: Extraction, authentication and application in food preservation. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2019; 59 (4): 611-625. doi: 10.1080/10408398.2017.1384716. Epub 2017 Nov 9.*
- Manca dell'Arca A.**, 1780. (Réédition 2000). *Agricoltura di Sardegna. CUEC Editions, Cagliari.*
- Maracchi G., Sirotenko O., Bindi M.**, 2005. *Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. Clim. Change, 70, 117-135.*
- Mignani I., Mulas M., Mantegazza M., Lovigu N., Spada A., Nicolosi E., Bassi D.**, 2015. *Characterization by molecular markers of "Pompia" a natural Citrus hybrid cultivated in Sardinia. Acta horticulturae, 1065: 165-172.*

- Navarro L.**, 1981. *Citrus shoot-tip grafting in vitro (STG) and its applications: a review*. *Proc. Int. Soc. Citricult.*, 1: 452-456.
- Navarro L., Roistacher C. N., Murashige T.**, 1975. *Improvement of shoot-tip grafting in vitro for virus-free Citrus*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 100: 471-479.
- Nicolosi E.**, 2007. *Origin and Taxonomy*. In: *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*. Khan I. (ed.) CABI publishing, Londres : 19-43.
- Nivaggioli H.**, 2002. *Le cédratier en Corse ou le rêve éphémère de l'opulence*. *Travaux scientifiques du Parc naturel régional et des réserves naturelles de Corse* 60 : 123-142.
- Pacinotti L.**, 1840. *Riunione degli scienziati italiani*. In: AA.VV. *Atti della prima riunione degli scienziati italiani tenuta in Pisa nell'ottobre del 1839*. *Tipographia Nistri, Pisa*.
- Pagnoux C.**, 2018. *Investigating the introduction of citrus fruit in the Western Mediterranean according to ancient Greek and Latin texts*. In *AGRUMED: Archeology and history of citrus fruit in the Mediterranean: Acclimatization, diversifications, uses*. Zech-Matterne V. and Girolamo F. (eds.) Naples : Publications du Centre Jean Bérard, 2017 : 95-104.
- Pellizzari G., Dalla Montà L.**, 1997. *Gli insetti fitofagi introdotti in Italia dal 1945 al 1995*. *Informatore Fitopatologico*, 47 (10:): 4-12.
- Pellizzari G., Vacante V.**, 2007. *Una nuova cocciniglia sugli agrumi in Italia: il Chrysomphalus aonidum (Linnaeus) (Hemiptera: Diaspididae)*. *Informatore Fitopatologico* 1.
- Pétrarque F.**, 1862. *Epistolæ de rebus familiaribus et variæ*. Le Monnier, Florence.
- Praloran, J. C.**, 1965. *Les agrumes en Corse dans la seconde moitié du XIXe siècle*. *Fruits*, 20 (6): 289-294.
- Rebour H.**, 1966. *Les agrumes : manuel de culture pour le Bassin méditerranéen*. 5^{ème} édition, Baillière, Paris.
- Réglementation de la Production intégrée** - Region Calabre Département n. 6 - Servizio Fitosanitario Regionale. PSR 20072013 - reg. CE 1698/2005.
http://www.agroservizi.regione.calabria.it/documents/12605/0/DISCIPLINARI_2019_PARTE_DIFESA_E_DISERBO_aggiornati_ad_aprile_definitivo_ok.pdf/b5d0ac6f-7617-43bf-9f37-874e25b580d0
- Risso A.**, 1813. *Mémoire sur l'Histoire naturelle des Orangers, Bigaradiers, Limettiers, Cédratiers, Limoniers ou Citronniers, cultivés dans le département des Alpes-Maritimes ; suite et fin de ce mémoire*. *Annales du Muséum d'Histoire Naturelle*, G. Dufour et compagnie, Paris. Tome vingtième, Pages 401 à 431.
- Risso A., Poiteau A.**, 1818-1822. *Histoire naturelle des Orangers*. Audot Libraire, Editeur de l'herbier de l'Amateur, Paris.
- Rosen D.**, 1990. *Biological control: selected case histories*, In *Armored scale insects, their biology, natural enemies and control*. Vol. 4B *World Crop Pest*. Rosen D. (ed.), Elsevier, Amsterdam, the Netherlands: 497-505.
- Sqalli A.**, 1975. *Taille des agrumes et du clémentinier*. In *Comité maghrébin des agrumes et primeurs (Comap), 5^{ème} Séminaire agrumicole*, Casablanca, Agadir.
- Swingle W. T.**, 1967. *The botany of citrus and its wild relatives*. In: Reuther W., Batchelor L.D., Webber H.J. (eds) *The citrus industry*. University of California Press, California: 190-430.
- Tanaka T.**, 1961. *Contribution to the knowledge of Citrus classification*. *Reports Citologia*, 107-114.
- Tisé-Agostini D., Jacquemond C.**, 1989. *Le pomelo Star Ruby, son origine et ses caractéristiques en Corse*. *Fruits*, 44 (11): 603-608.
- Trabut L.**, 1902. *L'hybridation des citruses, une nouvelle tangerine : « la clémentine »*. *Revue horticole*, 74 : 232-234.
- Vanarelli S., Rizzo D., Stefani L., Paoli M., Marianelli L.**, 2017. *La macchia nera degli agrumi (Citrus Black Spot), Guignardia citricarpa Kiely*. Regione Toscana, *Bollettini del Servizio Fitosanitario Regionale*.
- Vogel R., Nicoli M., Bové J.M.**, 1988. *Le microgreffage de méristèmes in vitro. Son utilisation en Corse pour la régénération des agrumes*. *Fruits*, 43 (3) : 167-173.
- Volkamer J. C.**, 1708. *Nürnbergische Hesperides, oder gründliche Beschreibung der Edlen Citronat, Citronen, und Pomerantzen-Früchte*. 2 volumes. Bei Johan Andrea Endters feel. Sonn und Erben, Nürnberg.
- Webber H. J.**, 1967. *History and development of the citrus industry*. In: Reuther W., Batchelor L.D. and Webber H.J. (eds) *The citrus industry*. University of California Press, California: 1-39.
- Wu G. A., Prochnik S., Jenkins J., Salse J., Hellsten U., Murat F., Perrier X., Ruiz M., Scalabrin S., Terol J., Takita M. A., Labadie K., Poulain J., Couloux A., Jabbari K., Cattonaro F., Del Fabbro C., Pinosio S. Zuccolo A., Chapman J., Grimwood J., Tadeo F.R., Estornell L. H., Muñoz-Sanz J.V., Ibanez V., Herrero-Ortega A., Aleza P., Pérez-Pérez J., Ramón D., Brunel D., Luro F., Chen C., Farmerie W.G., Desany B., Kodira C., Mohiuddin M., Harkins T., Fredrikson K., Burns P., Lomsadze A., Borodovsky M., Reforgiato G., Freitas-Astúa J., Quetier F., Navarro L., Roose M., Wincker P., Schmutz J., Morgante M., Machado M. A., Talon M., Jaillon O., Ollitrault P., Gmitter F. & Rokhsar D.**, 2014. *Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication*. *Nature Biotechnology*, 32 (7): 656-662. doi: 10.1038/nbt.2906.

Wu G. A., Terol J. F., Ibáñez V., López-García A., Pérez-Román E., Borredá C., Domingo C., Tadeo F., Carbonell-Caballero J., Alonso R., Curk F., Du D., Ollitrault P., Roose M. L., Dopazo J., Gmitter F. G., Rokhsar D. S., Talon M., 2018. *Genomics of the origin and evolution of Citrus*. *Nature*, 554 (7692): 311-316.

Bibliographie complémentaire

AA.VV., 2012. *Arboricoltura generale*. Patron Editore, Bologna.

Aubert B., Vullin G., 1997. *Pépinières et plantations d'agrumes*. Eds Quae, Montpellier.

Chapot H., Delucchi V. L., 1964. *Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc*. Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat.

Cutuli G., Di Martino E., Lo Giudice V., Pennisi L., Raciti G., Russo F., Scuderi A., Spina P., 1985. *Trattato di Agrumicoltura*. A cura di Spina P., Vol.I e II. Ed. Agricole, Bologna.

E-phytia. Portail INRAE e-phytia (<http://ephytia.inrae.fr/fr/Home/index>).

Longo S., Mazzeo G., Siscaro G., 1994. *Applicazioni di metodologie di lotta biologica in agrumicoltura*. *L'Informatore Agrario*, 28 (94): 53-65.

Loret V., 1891. (Réédition 2004). *Le cédratier dans l'antiquité*. Paris: Connaissance et Mémoires

Maione V., Leto C., Oppedisano R., Brogna F., Scuderi G., 2000. *Guida alle operazioni colturali per la gestione dell'agrumeto*. Opuscolo divulgativo, Monografia ARSSA.

Meinshausen M., Smith S., Calvin K., Daniel J. S., Kainuma, M., Lamarque J.F., Matsumoto K., Montzka S. A., Raper S. C., Riahi K., Thomson A., Velders G. J. M., Van Vuuren D.P.P., 2011. *The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300*. *Climatic Change*, 109 (1-2): 213-241.

Ollitrault P., Luro F., 1996. *Les agrumes*. In : Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S., Nicolas, D., *Amélioration des espèces tropicales*. Editeurs. CIRAD - ORSTOM collection Repère; Montpellier France.

Ouvrage collectif de la Société Nationale d'Horticulture de France, 2018. *Le greffage, son histoire, ses mécanismes, ses utilisations en horticulture*. pp 88 ISBN 978-2-913793-34-7.

Praloran J. C., 1971. *Les agrumes*. G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris.

Spina P., Di Martino E., 1991. *Gli agrumi*. Ed. agricole, Bologna.

Tintori G. & S., 2003. *Les agrumes ornementaux, conseils issus de la tradition des paysans jardiniers (Contient une vaste étude sur la classification des agrumes de Paolo Galeotti)*. Edifir Edizioni Firenze et Oscar Tintori.

Tremblay E., 1988. *Entomologia applicata*. Vol. II (1), Liguori Ed., Napoli.

Vacante V., Calabrese C., 2009. *Citrus. Trattato di Agrumicoltura*. Ed agricole, Bologna.

Viggiani G., 1994. *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*. Vol. I: *Lotta biologica*. Liguori ed., Naple.

Glossaire

A

Abiotique : qui n'est pas vivant, ce dit de facteurs / stress abiotiques pour désigner les contraintes non liées à un organisme vivant; ex. : la salinité, le vent, la sécheresse.

ADN : acide désoxyribonucléique, support du patrimoine génétique, constitué d'une séquence de 4 bases appelés nucléotides.

ADR : type de mesures de la permittivité diélectrique d'un sol lié à un aspect capacitif (au sens électrique) en relation avec la polarisation du milieu.

Adventice : appelée également « mauvaise herbe », désigne, pour les agriculteurs une plante qui pousse dans un endroit sans y avoir été intentionnellement installée.

Agriculture conventionnelle : terme qui désigne l'agriculture non biologique.

Agro écosystémique : écosystème modifié par l'activité agricole.

Agro météorologie : science qui étudie l'action des facteurs météorologiques, climatologiques et hydrologiques du climat afin d'améliorer la gestion des exploitations agricoles et les conditions de développement des zones rurales.

Agro-pharmaceutique (industrie) : qui produit des médicaments et des produits phytosanitaires.

Agro / agro : jus d'agrumes.

Agrumaire : qui se rapporte aux agrumes.

Aighe In deveu : littéralement : « eau utilisée ». Lois locales qui réglementent les tours d'irrigation (1 tour = 15 minutes).

Ailette : tissu semblable au limbe foliaire, de part et d'autre du pédoncule plus ou moins développé.

Albédo : partie la plus interne, blanche et spongieuse, de la peau des agrumes.

Alicamenteux : terme issu de l'industrie agroalimentaire qui désigne les aliments qui seraient dotés de vertus d'ordre pharmaceutique.

Amélioration génétique : processus de modification d'une variété en exploitant la diversité génétique préablement existante pour obtenir un plant présentant des aptitudes meilleures ou répondant à des attentes particulières.

Amine : composé organique dérivé de l'ammoniac.

Antagoniste : microorganisme s'opposant à un agent pathogène ou un parasite.

Anthocyanes : pigments naturels des feuilles, des pétales et des fruits, so-

lubres dans l'eau, qui sont capables de donner des couleurs variant du rouge-orange au bleu-violet dans le spectre visible.

Anthropique : fait par un être humain ; dû à l'existence et à la présence d'humains.

Antimycotique : qui détruit les mycoses, les champignons (antifongique).

Antioxydant : molécule qui ralentit ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques à leur contact et lutte contre le stress oxydatif responsable du vieillissement cellulaire.

Antiscorbutique : propriété qui empêche l'apparition du scorbut, maladie humaine liée à une carence en vitamine C.

AOP : Appellation d'Origine Protégée.

Apex du fruit : sommet du fruit, partie opposée au pédoncule.

Apomixie : forme de reproduction, de multiplication asexuée, sans fécondation qui implique la graine dans la formation d'un nouvel individu sans qu'il y ait union entre gamètes mâles et femelles.

Aprodec : Association pour la Promotion et la Défense de la Clémentine de Corse.

Apyrène : dont les fruits ne contiennent pas de graines.

Aquarezo / Aquarezzo : dérivation d'une voie d'eau utilisée pour l'irrigation.

ARN : acide ribonucléique, médiateur de l'information génétique contenue dans l'ADN ou support du patrimoine génétique des virus.

Asperme : se dit des fruits qui ne contiennent pas de graine.

Assainissement (végétaux) : démarche visant à produire un plant sain préalablement malade ou infecté.

Autofécondation : fécondation des gamètes mâles et femelles de la même plante.

Autoincompatibilité : incapacité à l'autofécondation, souvent sous contrôle génétique.

Auxiliaires (lutte biologique) : organismes qui s'attaquent aux ravageurs.

Avitaminose : maladie déterminée par une carence en vitamines.

B

Beodo : petit canal à côté d'un fossé recouvert d'une ligne de pierres pour y marcher.

Bilan hydrique : estimation de la réserve utile et quantification des flux d'eau qui entrent et qui sortent du système (plante ou parcelle) sur un intervalle de temps fixé.

Bioclimatique : qui tient compte des interactions entre le climat et l'écosystème.

Biodiversité : diversité des espèces vivantes (micro-organismes, végétaux, animaux) présentes dans un milieu.

Biosynthèse : Formation de substances par un être vivant.

Biotype : ensemble des caractères biochimiques permettant de définir différents groupes au sein d'une même espèce.

Bolognini : Henri VI (1165-1197), Empereur du Saint-Empire, accorda à la ville de Bologne le privilège de frapper une monnaie qui prit le nom de *Bolognino* (ou *Bolognini* au pluriel).

Botaniste : personne qui se consacre à l'étude des végétaux.

Bouture : jeune pousse coupée d'une plante, plantée en terre pour former une nouvelle plante.

BRC : *British Retail Consortium*.

BRT : *Banca Regionale della Terra*, Banque Régionale de la Terre.

Bulbe : tige souterraine résultant d'une tubérisation de feuilles ou de gaines de feuilles et utilisée comme organe de stockage de nourriture / de réserve par une plante.

Business to Business (B2B) : ensemble d'architectures techniques et logiciels informatiques permettant de mettre en relation des entreprises, dans un cadre de relations clients / fournisseurs.

Business to Consumer (B2C) : ensemble d'architectures techniques et logiciels informatiques permettant de mettre en relation des entreprises directement avec les consommateurs.

C

Cahier des charges : document qui décrit précisément les besoins auxquels le prestataire doit répondre, et organise la relation entre les différents acteurs tout au long d'un projet.

Cal : Amas de cellules indifférenciées produites suite à une blessure.

Calibre d'un fruit : gamme de dimensions d'un fruit correspondant à une norme.

Camaldules : ordre monastique bénédictin de droit pontifical fondé par Saint Romuald de Ravenne en 1012 à Camaldoli, dans la haute vallée de l'Arno en Toscane (Italie).

Cambium : couche cellulaire dite assise génératrice où les cellules se divisent. Couche cellulaire connue sous le nom d'assise génératrice dans laquelle les cellules se divisent en méristème secondaire et système racinaire, située entre le bois et l'écorce et responsables de la croissance en largeur.

Canopé : couche supérieure des forêts, ou des vergers, exposée aux rayonnements solaires.

Capside : coque protéique qui entoure le matériel génétique d'un virus.

Caractère héritable : caractère qui peut être transmis à la descendance.

Caroténoïdes : pigments végétaux liposolubles qui confèrent leur couleur orangée, jaune, rouge ou verte aux légumes, fruits, fleurs et algues.

Carpelle : enveloppe protectrice d'origine foliaire enfermant les ovules ; leur groupement constitue le gynécée ou pistil. Le carpelle se transforme en fruit après la fécondation.

Caulinaire : relatif à la tige d'un végétal.

CeRSAA : *Centro di Sperimentazione e Assistenza Agricola* (Centre d'Expérimentation et d'Assistance Agricole).

Certification fruitière : règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des matériels de reproduction des plants fruitiers destinés à la production commerciale de fruits.

Cespiteux : se dit d'une plante ou d'un champignon formant à sa base une touffe compacte.

Charpentières : branches principales d'un arbre, reliées au tronc.

Chlorophylle : pigment qui donne aux végétaux leur couleur verte et qui permet la réalisation de la photosynthèse.

Chlorose : décoloration plus ou moins prononcée des feuilles, due à un manque de chlorophylle.

Chromoattractif : qui attire par une ou plusieurs couleurs.

Chute physiologique : chute des fruits en surnombre après la nouaison et

au cours de la première phase de développement du fruit (multiplication cellulaire).

Cicatrice stylaire : marque épidermique laissée par la chute du style après la fécondation au cours du développement du fruit.

Cirad : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

Clavé : en forme de coin, tronqué vers la pointe.

Clonage : multiplication à l'identique d'un être vivant, avec une même identité génétique pour tous les descendants. C'est donc un synonyme de certaines formes de multiplication asexuée telles que le bouturage.

Collet : zone de transition entre le système racinaire et la partie épigée d'une plante : la tige foliaire.

Columelle : axe central de l'agrumes issu du pédoncule.

Compatibilité sexuelle : aptitude à la fécondation entre organes reproducteurs d'individus différents pour engendrer une descendance.

Composés phénoliques (polyphénols) : famille de molécules organiques dont certaines interviennent dans la protection des plantes contre les stress environnementaux.

Conglomérat : roche issue de la dégradation mécanique d'autres roches et composée de morceaux discernables liés par un ciment naturel.

Conidies : spores assurant la multiplication asexuée des champignons et non capable de mobilité autonome.

Cosmétique : se dit de produits d'hygiène et d'embellissement appliqués sur la partie externe du corps humain.

CRB : Centre de Ressources Biologiques : dénomination normée des collections d'organismes ou de microorganismes.

Creuze : le creuze (ou creusa, crœza) est un terme ligurien souvent italianisé en crosa qui désigne le typique chemin étroit ou sentier muletier qui coupe, souvent verticalement, les collines de la Ligurie.

Cryptogamique (maladie) : maladie fongique, maladie causée par un champignon.

CTIFL : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes.

CTV : *Citrus Tristeza Virus*, virus responsable de la Tristeza.

Cultivar : variété de plante obtenue en culture, ou variété cultivée.

D

Défense phytosanitaire : lutte contre les maladies et les parasites des plantes.

Dendromètre : instrument de mesure permettant de déterminer la hauteur d'un tronc ou d'un arbre.

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes.

Différenciation morphogénétique : spécialisation fonctionnelle et structurelle des tissus et des organes au cours du développement embryonnaire.

Diploïdes : condition dans laquelle deux copies de chaque chromosome sont présentes dans les cellules somatiques d'un organisme vivant ; chez les agrumes 2 x 9 chromosomes = 18.

Distillation : procédé de séparation de substances liquides en mélange par ébullition (évaporation) suivie de condensation.

Diversité génétique : degré de variation des gènes ou de l'ADN dans une population ou une espèce.

DQI : *Design Quality Indicator*; indicateur de qualité de conception.

Dycotylédones : Classe de plantes dont la plantule issue de la germination d'une graine possède deux feuilles embryonnaires appelées cotylédons. Ces cotylédons sont déjà présents dans la graine et servent de réserve à l'embryon au moment de la germination.

E

E/A : indice de maturité du fruit qui est calculé par le rapport du taux de sucre mesuré en °Brix (E) sur l'acidité mesurée en % du jus (A).

Écarts de récolte : Fruits récoltés qui ne correspondent pas aux critères de commercialisation du marché des fruits frais et qui sont écartés, souvent détruits.

Eco-pédologique : qui se rapporte à l'écologie du sol.

Embryon : organisme en développement depuis la première division de l'œuf ou zygote jusqu'au stade où les principaux organes sont formés.

Embryons somatiques : embryons obtenus à partir de cellules non sexuées (sans fécondation) se développant en plantes génétiquement identiques à la plante portant le fruit dont sont issus les graines.

Embryon zygotique : embryon obtenu à partir de la fécondation de cellules sexuées femelles (ovules) et mâles (cellules spermatiques issues du pollen, chez les plantes).

Endémique (maladie) : maladie présente en permanence dans une région particulière ou dans un certain groupe d'individus.

Endocarpe : partie interne du fruit entourant les graines.

Engrais verts : plantes semées par un agriculteur dans le but d'améliorer et de protéger un sol, et non dans l'optique d'être récoltées.

Entre-nœuds : espace, sur une tige, qui sépare deux nœuds ou points d'attache d'une feuille ou d'un rameau.

Epicarpe : enveloppe extérieure du fruit.

Epicotyle : partie de la plantule en germination située au-dessus de l'insertion du ou des cotylédons.

Epinette : petit sécateur à longues lames, souvent à bout rond, particulièrement adapté aux activités de récolte, très utilisé pour les vendanges en Bourgogne ou la cueillette des clémentines en Corse.

Espèce : population dont les individus peuvent se reproduire entre eux et engendrer une descendance viable et féconde, dans des conditions naturelles.

Espèce spontanée : se dit d'une plante indigène ou non indigène croissant naturellement, sans intervention intentionnelle de l'homme.

Ethylène : gaz produit par certains fruits comme la pomme, pour activer la maturation et activant sur la dégradation de la chlorophylle.

Etiolé : plante ayant perdu sa couleur verte par la diminution ou privation de lumière.

ETP : évapotranspiration potentielle.

Étude génétique : étude qui a pour objet l'ADN (variation de structure) ou l'hérédité des caractères.

EUROMED : réseau partenarial entre pays de la zone méditerranéenne initié par l'UE en 1995.

Évapotranspiration : quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par

l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Evolution allopatrique : ou Spéciation géographique : populations biologiques de la même espèce isolées les unes des autres et empêchant les flux de gènes.

Excluteur : anglicisme qui qualifie les porte-greffe dont les racines sont hermétiques (qui ne peuvent pas capter) aux sels de chlorure et de sodium.

F

FDR : type de mesures de la permittivité diélectrique d'un sol, lié à un aspect capacitif (au sens électrique) en relation avec la polarisation du milieu.

FEADER : Fonds européens agricoles pour le développement rural

Fécondation : stade de la reproduction sexuée consistant en une fusion des gamètes femelles et mâles, pour former une cellule unique nommée zygote.

FEDER : Fonds Européens de Développement Économique Régional.

Fertilisation : processus consistant à apporter à un milieu de culture, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante.

Filière agricole : chaîne d'acteurs (producteurs, transformateurs, distributeurs...) engagés autour d'une même matière première agricole et ayant un projet commun de développement.

Flavédo : partie externe, colorée de la peau des agrumes renfermant les glandes à huiles essentielles.

Flavonoïdes : composés phénoliques hydrosolubles du métabolisme secondaire (non essentiels à la crois-

sance au développement et à l'alimentation des organes) de la plante. Ils sont souvent responsables de la couleur et sont une source d'antioxydants pour l'alimentation humaine.

Flux de gènes : échange de gènes entre différentes populations, généralement apparentées, par le biais de croisements.

Forçage radiatif : différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise par un système climatique donné.

Franc de pied : arbre non greffé se développant sur ses propres racines.

Fronaison : branches et feuilles d'un arbre.

Fructification : phénomène de transformation des fleurs en fruits.

G

G.A.P. : *Good Agricultural Practices*.

Gène : séquence particulière de l'ADN permettant la synthèse d'un ARN qui va prédéterminer une fonction cellulaire ou une caractéristique morphologique.

Gène d'immunité : gène dont le produit empêche la multiplication d'un virus.

Génome : ensemble du matériel génétique d'une espèce codé dans son ADN.

Génotype : partie de l'information génétique d'un individu.

Genre (botanique) : entité taxonomique qui rassemble les espèces qui ont beaucoup de caractères communs, dans la nomination taxonomique il apparaît juste avant celui de l'espèce.

Germination : début de développement d'une nouvelle plante, à partir d'une

graine par la reprise du développement et du métabolisme d'un embryon jusqu'à émergence de la radicule. Dans le langage commun c'est le début du développement du germe présent dans la graine, d'où le terme de « germination ».

GIEC : groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

GMS : Grandes et Moyennes Surfaces (commerciales).

Gourmands : rameau qui se développe à partir d'un œil à bois sur le tronc des arbres et poussant à la verticale, lui conférant une vigueur supérieure à la moyenne des autres rameaux.

Goutte à goutte : se dit d'un système d'irrigation modulable et localisé, apportant la juste quantité d'eau nécessaire aux plantes.

Greffage : opération de clonage, consistant à insérer dans une plante (appelée porte-greffe) une partie d'une autre plante (appelée greffon) de différentes espèces ou variétés, afin d'obtenir un individu composite dont la partie aérienne est la copie conforme (clone) de la plante dont provient le greffon.

Greffon : partie d'une plante (bouton, rameau, bourgeon) que l'on insère sur une autre plante (dite porte-greffe).

Grès éolien : roche sédimentaire pouvant provenir de la fossilisation de dunes formées par le vent.

H

HACCP : *Hazard Analysis Critical Control Point* = Analyse des dangers et des points critiques pour leur maîtrise ; outil de prévention pour le contrôle de la transformation des aliments et des processus de transformation.

Hermaphrodite : qualité des fleurs portant à la fois des organes mâle et femelle

Hespéride : le fruit des agrumes : baie à plusieurs carpelles, avec épicarpe fin, un mésocarpe spongieux et un endocarpe riche en jus.

Hespéridine : flavonoïde naturel contenu dans le flavédo de certains agrumes (dont l'orange) et utilisé pour le traitement de la fragilité des vaisseaux sanguins.

Hétéropolysaccharide : polymères de la famille des glucides tels que l'amidon et la cellulose.

HLB : *Huanglongbing* (maladie du dragon jaune).

Holocène : époque géologique s'étendant sur les 10 000 dernières années, toujours en cours de nos jours.

Horizon 2020 : programme européen pour la recherche et le développement pour la période 2014-2020.

Huile essentielle : liquide concentré hydrophobe (non soluble dans l'eau) de composés aromatiques (odoriférants) volatils d'une plante.

Huiles blanches : huiles minérales paraffiniques, dérivées du pétrole, qui ont des propriétés mécaniques insecticides et acaricides.

Hybride : organisme issu du croisement de deux individus.

I

IFS : *International Food Standard*.

IGP : Indication Géographique Protégée.

Indice bioclimatique : nombre ou autre paramètre spécifiant les relations entre les organismes vivants et le climat.

Induction florale : phénomène botanique d'évolution d'un bourgeon à feuille en bouton à fleur.

Inra : Institut National de la Recherche Agronomique (devenu INRAE au 1^{er} janvier 2020)

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement (dénommé INRA jusqu'au 31 décembre 2019)

INTERREG : programme européen visant à promouvoir la coopération entre les régions européennes et le développement de solutions communes dans les domaines du développement urbain, rural et côtier, du développement économique et de la gestion de l'environnement.

IPGRI / Bioversity international : *International Plant Genetic Research Institute*

Isohyète : ligne reliant sur une carte géographique des points d'égales quantités de précipitations tombées en une période déterminée.

Isotherme : ligne ou frontière fictive sur une carte géographique, le long de laquelle la température est constante.

Istat : *Istituto nazionale di statistica* (Institut national de statistique italien).

J

K

Kératolytique : produit ou médicament qui décolle et élimine la couche de kératine de la peau.

L

Label Rouge : est une marque commerciale de l'Union européenne classifiée en France comme label de qualité (redéfini dans la loi no 2006-11 du 5 janvier 2006 d'orien-

tation agricole). Cette marque de certification collective identifie les produits agroalimentaires transformés dont les conditions de production et de transformation se situent à un niveau supérieur à celles rencontrées habituellement.

LEADER : initiative de l'Union européenne pour soutenir des projets de développement rural lancés au niveau local afin de revitaliser les zones rurales et de créer des emplois.

LIFE+ : instrument financier de la Commission européenne entièrement dédié à soutenir des projets dans les domaines de l'environnement.

Lignification : processus durant lequel les membranes des cellules végétales absorbent de la lignine et prennent une apparence ligneuse.

Limbe : partie de la feuille située à l'extrémité du pétiole, en général très étalée et comportant de nombreuses cellules photosynthétiques.

Living lab : méthodologie où tous les citoyens sont considérés comme des acteurs clés des processus d'innovation et de développement économique.

Lycopène : pigment de la famille des caroténoïdes qui induit une couleur rose à rouge selon la concentration (pigments responsables de la couleur de la tomate ou de la pulpe des pomélos roses par exemple).

Lymph : sève brute des plantes.

Lysimètre : dispositif permettant d'étudier et de mesurer l'évolution de la quantité d'eau dans un sol naturel, agricole, forestier, expérimental ou pollué.

M

Mandarin : fonctionnaire ou dignitaire de l'ancien Empire chinois.

Marché de niche : petit segment de marché (en termes de clientèle ou de produits) où l'offre est restreinte.

Marcottage : méthode de multiplication à l'identique (clonage) des végétaux par le développement de racines sur une partie aérienne (branche, rameau, tige...) d'une plante mère.

Marketing : ensemble de techniques visant à mettre des marchandises et des services à la disposition du consommateur et de l'utilisateur sur un marché donné dans le temps, dans un lieu et avec les méthodes les plus appropriés, au coût le plus bas pour le consommateur et, en même temps, permettant des bénéfices à l'entreprise.

Matériel certifié (plante) : plants produits dans le cadre de la certification fruitière grâce à un protocole qui certifie leur qualité agronomique et sanitaire.

Maturation des fruits : ensemble des événements chimiques et structuraux au cours du développement des fruits qui précèdent leur chute ou qui rendent le fruit attractif pour le consommateur.

Méristème : tissu cellulaire spécialisé dans la croissance par la division cellulaire (mitose).

Mésocarpe : partie moyenne, souvent épaisse et charnue ou filandreuse, située entre l'épicarpe (peau) et l'endocarpe. C'est la partie comestible des fruits à noyau comme la pêche et c'est l'albédo (la partie blanche de la peau) chez les agrumes

Métabolisme : ensemble des réactions chimiques qui se produisent au sein d'un être vivant pour lui permettre de survivre, de se reproduire et de se développer.

Microgreffage : greffage d'un méristème ou d'un apex qui s'opère *in*

vitro sous loupe à fort grossissement, dans un objectif d'assainissement dans le cas des agrumes par exemple.

Mitose : étape de la division cellulaire des cellules non sexuelles qui débute par la duplication de l'ADN et se termine avec la séparation de deux cellules filles génétiquement identiques.

Monocotylédones : classe de plantes angiospermes dont le plant issu de la germination est caractérisé par des graines avec semence, ne possède initialement qu'une seule feuille embryonnaire, appelée cotylédon.

Monoembryonné : se dit d'une graine qui ne contient qu'un seul embryon.

mPME : micro, petites et moyennes entreprises

MPS – Fruit & Vegetable : *Milieu Programma Sierteelt* ou programme environnemental floriculture

Multiplification végétative : mode de multiplication permettant aux organismes végétaux de se multiplier à l'identique (clonage) sans reproduction sexuée (marcottage, bouturage...)

Mutagenèse induite : processus artificiel provoquant des modifications de la séquence de l'ADN.

Mutation : modification (naturelle ou provoquée artificiellement) de la séquence d'un génome (ADN ou ARN) pouvant entraîner la modification d'un caractère si elle touche un gène.

N

Navel : terme anglais désignant le nombril qu'on attribue aux oranges qui présentent une protubérance au niveau de la cicatrice styloïde (apex) issu du développement partiel d'un deuxième fruit.

Nématodes : vers ronds constitués d'une épaisse cuticule, dont certains parasitent les plantes, mais qui en générale contribuent au bon fonctionnement des agrosystèmes en stimulant la croissance des plantes et en améliorant le cycle des nutriments.

Nouaison : moment où la fleur se transforme en fruit.

Nucelle : tissu nourricier, formant l'intérieur de l'ovule, et qui entoure le gamétophyte femelle.

Nutraceutique : qui désigne les aliments qui seraient dotés de vertus d'ordre pharmaceutique.

O

OGM : Organisme Génétiquement Modifié.

Oléocellose : affaissement ou nécrose cellulaire sur le zeste des agrumes, due à l'éclatement des glandes à huile essentielle.

Organoleptique : stimuli qui se rapportent à la sphère sensorielle goût, flaveur, odeur.

Ovule : organe qui contient le gamétophyte femelle (sac embryonnaire) renfermant le gamète femelle (oosphère).

P

Parasitoïde : organisme qui se développe sur ou à l'intérieur d'un autre organisme, mais qui tue inévitablement ce dernier alors que de nombreux parasites ne tuent pas leur hôte.

PBV : Production Brute Vendable.

PCR : *Polymerase Chain Reaction* ; technique de laboratoire d'amplification de l'ADN.

PDR : Plan de Développement Rural.

Pectine : hydrate de carbone, constituant de la paroi des végétaux et de la pulpe des agrumes.

Pédologie : science ayant pour but d'étudier la formation et l'évolution des sols.

Pépinieriste : personne qui cultive, élève, greffe et multiplie les plants depuis la graine jusqu'au stade où ils peuvent être transplantés en plein champ.

Petit-grain : on appelle « huile essentielle de petit-grain » des huiles obtenues par distillation à la vapeur d'eau des rameaux, feuilles et petits fruits d'agrumes.

Pétiole : queue de la feuille assurant l'attache de cette dernière à la tige ou au rameau.

pH : indice de mesure de l'acidité ou de la basicité d'une solution (le jus de citron a un pH bas tandis que la soude a un pH élevé).

Phase juvénile : étape initiale du développement d'une plante à partir de la graine, sexuellement immature. Années qui précèdent le début de la production de fleurs et de fruits.

Phénologie : étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières.

Phénotype : ensemble des caractères apparents d'un individu.

Phloème : cisseau conducteur de la sève élaborée produite par les feuilles.

Photosynthèse : processus par lequel les plantes vertes synthétisent des matières organiques grâce à l'énergie lumineuse, en absorbant le gaz carbonique de l'air et en rejetant de l'oxygène.

Phylogénie : étude des relations de parenté entre êtres vivants (individus, populations, espèces) qui permet de reconstituer l'évolution des organismes vivants à partir d'ancêtres communs.

Physiologie : science qui étudie les fonctions et les propriétés des organes et des tissus des êtres vivants ainsi que les interactions entre un organisme vivant et son environnement.

Physiopathologie : étude des troubles qui surviennent dans le fonctionnement des organes au cours d'une maladie.

Phytochimie : science qui étudie la structure, le métabolisme et la fonction des substances naturelles issues des plantes, ainsi que les méthodes d'analyse, de purification et d'extraction de ses substances.

Phytogéographique : étude de la répartition des végétaux sur la surface du globe et les causes de cette répartition ainsi que les relations existantes entre les espèces d'une part, les caractéristiques géographiques, mésologiques et biologiques d'autre part.

Phytopathologie : science qui étudie les maladies des plantes, surtout des plantes cultivées.

Phytologie : étude de remèdes (et de leurs applications) contre les maladies parasitaires des plantes.

Phytophage : organismes vivants (essentiellement insectes) qui se nourrissent des plantes.

Phytoplasme : bactéries sans paroi et dépourvues de forme spécifique qui se multiplient exclusivement dans les tubes criblés du phloème.

Phytothérapeutique (traitement) : traitement fondé sur les extraits de plantes et les principes actifs naturels.

Phytotoxique : toxique pour la plante.

PEI : Partenariat Européen pour l'Innovation : initiative communautaire qui vise à combler le déficit d'innovation en incitant la constitution de partenariats multi-acteurs pour faciliter les échanges de connaissances.

Plan de fumure : planification annuelle de la fertilisation N, P, K (azote, phosphore, potassium), pour chaque parcelle d'une exploitation.

Plante asymptomatique : plante ne présentant aucun symptôme d'altération de ses processus vitaux.

Plante symptomatique : plante présentant des symptômes d'altération de ses processus vitaux.

Plante vivace : ou plante pérenne, est une plante pouvant vivre plusieurs années.

Plasticité édaphique : malléabilité d'un sol.

PME : petites et moyennes entreprises.

Pollen (grain de pollen) : élément mobile produit par la fleur (anthère) renfermant les gamètes mâles ou cellules spermatiques.

Polyembryonné : se dit d'une graine renfermant plusieurs embryons. Dans un pépin polyembryonné d'agrumes on trouve en général un seul embryon sexué et un ou plusieurs non sexué(s), dits nucellaires.

Polyphage : parasite qui se développe sur plusieurs espèces.

Polyphylétique : dont la ressemblance n'a pas été héritée d'un ancêtre commun.

Polypléidisation : événement qui conduit à la multiplication du nombre de chromosomes de base, autre que le niveau diploïde.

Pomologie : discipline de l'arboriculture qui consiste à décrire les fruits.

Porte-greffe : en agriculture, c'est la plante qui reçoit le greffon et fournit le système racinaire.

Potentiel hydrique : potentiel / capacité de l'eau à quitter un compartiment donné qui exerce une attractivité plus ou moins forte.

Produit phytosanitaire ou Pesticide : produit chimique, ou d'origine naturelle, utilisé pour soigner ou protéger les plantes contre les ravageurs, les parasites ou les agents pathogènes pouvant provoquer des maladies.

Programme de sélection : ensemble des étapes qui consistent à choisir des individus que l'on va croiser pour obtenir une descendance (de nouvelles plantes) améliorée.

Prospective : approche qui élabore des scénarios possibles et impossibles dans leurs perceptions du moment, sur la base de l'analyse des données disponibles en tenant compte des aspects sociologiques.

Q

Quartier / segment d'un agrume : carpelle détachable qui compose la partie interne (endocarpe) des agrumes.

R

Ravageurs : animaux qui attaquent les plantes cultivées, ou les récoltes stockées, en causant un préjudice économique au détriment des agriculteurs et donc des populations humaines.

Rayons gamma : type de rayonnement radioactif provoquant des modifications de l'ADN (mutations).

RCP : *Representative Concentration Pathway* ; ce sont quatre scénarios

de trajectoire du forçage radiatif établis par le GIEC.

Recéper : couper, tailler (un arbuste) près du sol pour faire en sorte que se développent à nouveau des pousses plus fortes (revigorer).

Rendement : quantité de fruits produite par unité d'arbre ou de surface (Ha).

Résilience : capacité (dans notre cas capacité d'une plante) à surmonter (retour à une vie normale) un événement traumatisant (maladie ou stress physiologique).

Résistance : capacité d'un organisme à s'opposer à l'attaque d'un agent pathogène ou d'un parasite.

Ressources biologiques : ressources génétiques, ou organismes des écosystèmes ayant une utilisation ou une valeur effective ou potentielle pour l'humanité.

Rétrocroisement : ou *backcrossing* en anglais, est le croisement d'un hybride avec l'un de ses parents, de manière à obtenir un descendant ayant une identité génétique plus proche de celle du parent.

Rhizome : tige souterraine et parfois subaquatique remplie de réserve alimentaire.

Riforma : récolte de documents officiels qui sont promulgués pour réformer ou améliorer les lois précédentes.

RMA : Résidus Minimum Acceptés

Rotation (en agriculture) : succession des cultures sur une même parcelle au fil du temps

S

Sapa : jus obtenu à partir d'oranges mûres, cuit et mélangé avec des écorces d'orange séchées, du sucre ou du miel.

Saprophile : qui se nourrit de matières organiques mortes ou en décomposition.

SAU : surface Agricole Utile

Scion : pousse de l'année ou jeune branche destinée à être greffée.

Sensibilité : incapacité d'un organisme à s'opposer à l'attaque d'un agent pathogène ou d'un parasite.

Slowfood : mouvement international qui a pour principal objectif de sensibiliser les citoyens à l'écogastrologie et à une consommation plus soucieuse de l'environnement et de l'éthique.

Sol argileux : type de texture du sol (propriété physique qui l'identifie sur la base de sa composition en pourcentage de particules solides distinctes par classes granulométriques) riche en argile.

Sol limoneux : type de texture du sol (propriété physique qui l'identifie sur la base de sa composition en pourcentage de particules solides distinctes par classes granulométriques) équilibrée, contenant de 35 à 55% de sable, de 10 à 25% d'argile et de 25 à 45% de limon.

Sol limoneux très fin : type de texture du sol (propriété physique qui l'identifie sur la base de sa composition en pourcentage de particules solides distinctes par classes granulométriques) riche en limon (formation sédimentaire dont les grains sont de taille intermédiaire entre les argiles et les sables).

Sol sableux ou sablonneux : type de texture du sol (propriété physique qui l'identifie sur la base de sa composition en pourcentage de particules solides distinctes par classes granulométriques) riche en sable.

Sous-solage : technique agricole de travail du sol en profondeur, per-

mettant de lui redonner de la perméabilité en améliorant le drainage naturel et la circulation de l'eau.

Spéciation : processus évolutif par lequel de nouvelles espèces vivantes se forment à partir d'ancêtres communs.

Spin-offs : se dit d'une sociétés issue d'essaimage à partir d'une société existante.

SRA : Station de Recherche Agronomique (ancienne appellation de la station de recherche Inra-Cirad de San Giuliano en Corse).

Station de conditionnement : établissement où les fruits sont triés et emballés avant expédition ou commercialisation.

Statuts : lois d'un Pays ou d'une ville qui dictent les règles pour certaines activités.

STG : Spécialité Traditionnelle Garantie, qualification de produits dont les qualités spécifiques sont liées à une composition, des méthodes de fabrication ou de transformation fondées sur une tradition.

Stolon : tige aérienne rampante au niveau du sol qui ne porte pas de feuilles et dont chaque nœud peut donner une nouvelle plante (multiplication végétative).

Stomates : orifices de petite taille présents dans l'épiderme des organes aériens des végétaux qui permettent les échanges gazeux entre la plante et l'air ambiant ainsi que la régulation de la pression osmotique.

Stress biotique : stress résultant de l'action néfaste d'un organisme vivant sur un autre organisme vivant telle qu'une attaque d'un pathogène.

Stress hydrique : le plus souvent il s'agit du déficit hydrique, dans le cas d'un excès on évoque plutôt l'asphyxie racinaire.

Suber : tissu végétal en périphérie d'une tige (liège) ou d'une racine des plantes ligneuses dans lesquelles il remplace l'épiderme.

Symbiose : association biologique, durable et réciproquement profitable, entre deux organismes vivants.

Symbiote : organisme qui vit en symbiose avec un autre

Sympathomimétique : classe de médicaments dont les propriétés imitent la stimulation du système nerveux sympathique, dès lors, ils accélèrent la fréquence cardiaque, dilatent les bronchioles et provoquent en général une contraction des vaisseaux sanguins.

Syncarpique : résultant de la fusion de plusieurs carpelles.

Synéphrine : alcaloïde présent naturellement dans la peau des oranges amères, utilisé dans des compléments alimentaires amincissant.

Systémique : se dit d'un produit phytosanitaire qui agit sur tous les organes de la plante en circulant par la sève.

T

Tajine : nom du plat de cuisson et de service d'origine marocaine, large et peu profond surmonté d'un couvercle conique en terre cuite, et qui donne également son nom à la préparation culinaire cuite dans cet ustensile.

Taxon : entité qui regroupe tous les individus selon leur parenté et selon certains caractères taxonomiques en commun.

Taxonomie ou taxinomie : branche des sciences naturelles, qui a pour objet de décrire les organismes vivants et de les regrouper en entités appelées taxons afin de les identifier, les nommer et les classer au moyen de clés de détermination

TDR : mesures de temps en relation avec la vitesse de l'onde électromagnétique dans le sol (permittivité diélectrique).

Terroir : région naturelle qui en raison de la combinaison de son sol, de son climat et de spécificité de pratiques agricoles, lui confère un caractère particulier identifiable à une production agricole.

Tête de clones : arbre mère qui sert de source de matériel biologique (ex. bourgeon, branche, scion...) pour la multiplication à l'identique (clonage) par des techniques horticoles comme le greffage par exemple.

Tétraploïde : organisme dont les cellules présentent quatre jeux complets de chromosomes.

Tolérance : capacité d'un organisme à atténuer l'attaque d'un agent pathogène ou d'un parasite et ne développant pas de symptômes de la maladie malgré la présence du pathogène.

Topographie : science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain.

Toponymie : discipline linguistique qui étudie les noms propres désignant les lieux.

Tourisme vert : tourisme centré sur la proximité avec la nature, la découverte des activités rurales et le respect de l'environnement.

Tournière : espace permettant les manœuvres des engins agricoles et notamment le demi-tour en bord de parcelle, dans un verger par exemple.

Tube pollinique : tube émis par un grain de pollen après germination sur le pistil d'une fleur et qui lui permet de conduire les gamètes mâles jusqu'à l'ovule.

Tubercule : tige souterraine, généralement verticale, issue de la tubérisation d'entre-nœuds ou de l'extrémité d'une tige ; assure la survie de la plante en hiver ou en période de sécheresse.

Tubérisation : transformation d'une partie du végétal en organe de réserve.

U

UdE : dérogations d'utilisation d'urgence.

USDA : *United State Department of Agriculture*

V

Variation somaclonale : variation observée chez les plantes qui ont été produites par la culture de tissus végétaux *in vitro* ; les réarrangements chromosomiques sont une source importante de cette variation.

Variété : rang taxinomique de niveau inférieur au rang d'espèce.

Variété remontante : se dit d'une variété ayant la capacité, après une première floraison ou fructification, de refleurir et refructifier dans un même cycle végétatif annuel.

Veghe : vallées irriguées.

W

X

Xylème : vaisseau conducteur de la sève brute (provenant des racines).

Y

Z

Zeste : partie extérieure (épicarpe ou flavedo), colorée et parfumée de la peau des agrumes.

Ziste : couche interne, blanche, de la peau des agrumes (mésocarpe ou albedo).

Remerciements

Ils ont oeuvré pour la réussite du projet :

Comune de Savone

Responsable de l'activité *Ennio Rossi*

Collaborateurs *Giorgia Ferro, Teresa Germano, Pietro Pera, Ileana Romiti*

Commune de Siniscola

Responsable de l'activité *Gianbattista Deriu*

Collaboratori *Carla Zirottu, Piercarlo Ferraris*

CeRSAA

Responsable de l'activité *Giovanni Minuto*

Collaborateurs *Gianvittorio Delfino, Federico Tinivella, Margherita Fallabrini, Anna Paola Lanteri*

Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale de Corse

Responsable de l'activité *Christophe Graziani*

Collaborateur *Thomas Gaudin*

Centre INRAE de Corse

Responsables de l'activité *Franck Curck, Francois Luro*

Collaborateurs *Priscillia Chaefel, Christine Waltz, Stéphanie Andreani, Simone Riolacci*

Université de Pisa

Responsable de l'activité *Luisa Pistelli, Angela Zinnai*

Collaborateurs *Federico Da Settimo, Alberto Pardossi, Michele Neri, Paola Giovannetti, Pierpaolo Lorieri (Ferme Podere Scurtarola-Massa)*

Université de Sassari

Responsable de l'activité *Gianni Nieddu*

Collaborateurs *Ana Oliveira, Luca Mercenaro, Giovanni Ligios*

Partenaires du projet Mare di Agrumi

La Commune de Savone, Ligurie, Italie.

La Commune de Siniscola, Sardaigne, Italie.

La Province de Livourne, Italie.

Le CeRSAA, Centro di Sperimentazione ed Assistenza Agricola (Centre d'Expérimentation et d'Assistance Agricole), *Riviere di Liguria*, Italie.

La Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale de Bastia et de la Haute Corse, France.

Le Centre INRAE (Institut National de la Recherche en Agronomie, alimentation et Environnement) de Corse, San Giuliano, France.

Le Cirad (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), San Giuliano, Corse, France.

L'Université de Pise, Italie.

L'Université de Sassari, Sardaigne, Italie.

Entreprises et organismes qui ont collaboré au projet Mare di Agrumi

Commune de Finale Ligure, Italie.

Slow food Savone, Italie.

Commune de Capoliveri, Italie.

FORSHIP SPA-Corsica Ferries,

Centro Servizi per la Floricoltura, de la Region Ligure, Italie.

Accademia Nazionale di Agricoltura, Italie.

Accademia dei Georgofili de Florence (dont M. Pietro Piccarolo, Vice-Président), Italie.

Rai 3- Programma Geo, Italie.

Agenzia Regionale Laore Sardegna (dont MM. Antonio Maccioni et Antonio Costa), Italie.

Consiglio Nazionale Ricerche-ISPAAAM, Sassari (dont MM. Claudio Porqueddu et Daniele Dettori), Italie.

Entreprises et organismes qui ont participé au projet Mare di Agrumi

LIGURIE

I Sapori dell'Arca Srl - Via Marici, 17055 Toirano (SV)

Azienda agricola Riccardo Fernandez - Via Calice 160, 17024 Finale ligure (SV)

Azienda agricola "da Casetta" di Morelli Pier Paolo - Via XX Settembre 12, 17022 Borgio (SV)

Birrificio El Issor di Luca Rossi - Viale della Rimembranza 12/A, 17046 Sassello (SV)

Vivai Montina Società agricola - Via Nuova 15, 17035 Cisano Sul Neva (SV)

Macelleria Salumeria Giacobbe - Piazza Rolla 7 17046 Sassello (SV)

Azienda Olivicola Gocce d'Olio - Via Lepanto 2 - Frazione Riva Faraldi, 18016 Villa Faraldi (IM)

Azienda Sant'Anna srl Agricola - Corso Stalingrado 103 Bragno, 17014 Cairo Montenotte (SV)

Ditta Aschieri di Roberta Parodi Sas - Via Giovanni Servettaz 44, 17100 Savona

Azienda agricola Luca Dalpian - Il Sottobosco - Via Bolla 7 - Loc. Acquabuona, 16010 Tiglieto (GE)

Azienda agricola Ottone Luca - Via Pollupice 35, 17027 Pietra Ligure (SV)

Azienda Agrituristica Il Bey Privitera Giuseppe - Via dei Bricui Loc. Oliveto, 18100 Imperia

Il Chinotto nella rete. Rete di imprese del Chinotto di Savona - Via Paleocapa 111R, 17100 Savona

Abaton Bros La Nicchia Concept Store - Via Paleocapa 76, 17100 Savona

Augusto Vincenzo Besio Srl - Via Santambrogio 2 ar PAIP Legino, 17100 Savona

Il birrificio di Savona - via San Giovanni Bosco 34r, 17100 Savona

Buttiero Dolci per Passione - Via Al Colletto 46,17014 Cairo Montenotte (SV)

Azienda agricola I formaggi del Boschetto di Lomanto Mario Aldo - Regione Boschetto Frazione Bastia,17031 Albenga (SV)

Consorzio Valbormida Formazione - Piazza Caravadossi, 28 - 17043 Carcare (SV)

Associazione Noi per voi No Profit - Piazza Aycardi,17024 Finale Ligure (SV)

Floricoltura Vivai Michelini - Via per Toirano 4, 17052 Borghetto Santo Spirito (SV)

Gelateria Insisto snc (solo laboratorio del gusto) - Piazza Sisto IV angolo Via Manzoni 23, 17100 Savona

Agroalimentare Ligure S.r.l. - Strada Ferrere 26, 17014,Cairo Montenotte (SV)

Azienda agricola "Ca du Megu" di Delfino Federica - Via Cassigliano 2, 17028, Vezzi Portio (SV)

Apicoltura La Piuma di Doljak Desirée - Via Cunio 12/2, 17047, Vado Ligure (SV)

Ass Panificatori Pasticceri e Affini di Savona - Via Donizetti 3-1, 17100 Savona

Antico frantoio Tavian di Druetti Milko & C S.A.S. - Via Vezzi 16, 17047 Vado ligure (SV)

Azienda agricola Parodi Alessandro - Via Aquila 17024, Finale Ligure (SV)

Agora' Group Srl - Via Stalingrado 90/R, 17100 Savona

Cioccolateria Articioc di Leonardo Gramegna e c. snc (solo laboratorio del gusto) - Via Aonzo 7-9R, 17100 Savona

SARDAIGNE

Istituto Professionale Servizi per l'Agricoltura e lo Sviluppo Rurale di Siniscola (NU - Località Lupareddu, 1, 08029 Siniscola (NU)

Panificio art.le pane carasau e dolci tipici di F. Pau - Via G.F. Conteddu, 71, 08029 Siniscola (NU)

phareco www.benesseredisardegna.it

Azienda agricola Loi Coronas - Loc. Murtas Artas, 08029 Siniscola (NU)

Ristorante Sa veletta <http://www.ristorantesaveletta.it/>

Sardinia slow experience <https://www.sardiniaslowexperience.com/>

Presidio Slow Food <https://www.fondazione Slow Food.com/it/presidi-slow-food/pompia/>

Azienda agricola Abba vritta - Località Abba Vritta, 08029 Siniscola (NU)

CORSE

Babbone Rossu Produits faits maison - Residence Sainte Catherine Batiment B 20600 Bastia

Isula dis Profumi - Lot Ricci, 20230 Sainte Lucie de Moriani-Bastia, Corsica
Bonissimi di Larenza - Avenue Xavier Luciani 1, 20250 Corte - Corsica
Fromagerie Alta Cima - Z.A U 22 Tracone – Biguglia, 20620 Corsica
Biscuiterie L'Isulana - Rue Pascale Paoli 22, 20220 L'Île - Rousse Corsica
E Fritelle Perrin - bd François Mariani - Immeuble Fabiani 20214 Calenzana
O Mâ! Gourmandises - Lieu dit Capanule, 20620 Biguglia
Realia Cosmétiques Corses - Alistro, 20230 San Giuliano, Francia
Biscuiterie de l'Île Rousse - Place du Canon, 20220 L'Île-Rousse, Francia
Testa Maura - 20244 Carticasi
Vincensini & Fils - Lieu dit Coibiti 20244 San Lorenzo
Domaine et Moulin Oltremonti - Lieu-dit Tristani, Bravone, 20230 Linguizzetta
Atelier de la Moutarde - Serra Piana, 20230 Linguizzetta
Les saveurs de Jeanne - Route du village, Tallafredo, 20230 Linguizzetta
E Rondoline - Miniglia, 20270 Antisanti
Domaine Mavella - U Licettu, 20270 Aleria
Spa Riva Bella - Route de Riva Bella, 20270 Aleria
Restaurant Coté Plage - Route de Riva Bella, 20270 Aleria
Lutina - Paisolu di Lutina- Poggio Marinaccio 20237
Isula dis Profumi - Lot. Ricci 20230 Santa-Lucia-di-Moriani
Les eaux d'Orezza - Acqua Acitosa, 20229 Rapaggio
Essence naturelle de Corse - Lieu-dit, Acqua Buona, 20230 San-Nicolao
Domaine Puntimoso - Puntimoso, 20230 San-Nicolao
Exploitation Jean-Paul Mancel - 20230 San-Nicolao
L'Atelier de la noisette - Fiorentina, Lieu dit à, 20230 San-Giuliano
U Sampolu - Lieu-dit Sampolo, 20227 Ghisoni
Sous les Glycines - Migliacciaro, 20243 Prunelli-di-Fiumorbo
Domaine A Muredda - Route de Poggio, 20243 Prunelli-di-Fiumorbo
U Santa Barbara - RT 10 Vix, 20240 Ventisiri
Les gouters d'Isa - 20240 Ghisonaccia
Organisation des Producteurs d'Agrumes Corse - Route de Bastia 20270 Aleria

TOSCANE

Liquori dell'Elba - Via Costa Nera 308, 57034 Campo nell'Elba (LI)
Poggio al Grillo - Strada Comunale di Casa Vecchia 90/B, 57022 Castagneto
Carducci (LI)



Quand les différents partenaires du projet se sont rencontrés pour la première fois, l'enthousiasme avec lequel ils ont discuté a immédiatement révélé l'intérêt et la force de notre idée : celle de réunir les territoires des rives de la mer de Ligurie et celles du nord de la mer tyrrhénienne dans une opération de mise en valeur et de développement partagés de nos variétés d'agrumes historiques. Ce sont en effet les agrumes comme le cédrat et la clémentine de Corse, la Pompia de Sardaigne, le citron de Massa, le Chinotto de Savone et d'autres encore, qui ont marqué l'histoire, façonné le paysage côtier et qui ont été les témoins d'événements historiques des siècles derniers. Ils sont encore aujourd'hui présents, cultivés, décrits, représentés et respectés par les exploitants, les botanistes, les peintres et les poètes. De nos jours, ils font encore un bel effet dans nos villages, dans les jardins, les vergers, sur nos côtes abritées, dans nos maisons de campagne et autres lieux où on ne s'attend pas toujours à les trouver. Le chemin à parcourir pour arriver à la remise en état, à la mise en valeur et à l'amélioration des vergers d'agrumes est sans aucun doute long et difficile car il pâtit à la fois du déclin des cultures extensives, de l'urbanisation des aires les plus favorables à leur culture et de la perte des savoirs engendrée par la diminution progressive du nombre d'exploitants agricoles. C'est justement pour éviter cette perte des connaissances, que nous avons voulu regrouper dans ce livre toutes les informations sur l'origine, l'histoire, la culture, les usages et la défense de nos agrumes « rares ». Ce recueil d'informations, souvent dispersées ailleurs dans des écrits spécialisés, a pour vocation d'être un instrument facile, original et utile pour toutes personnes désireuses de cultiver ces agrumes en pots, dans des jardins ou en vergers. Loïn de remplacer des œuvres bien plus importantes et connues, cet ouvrage est tout simplement un regroupement et un approfondissement des connaissances sur nos agrumes et sur les aspects spécifiques de leur culture.

