



État des lieux des connaissances :

LA GRENAILLE DU FRAMBOISIER

RÉSUMÉ

Au sein de la filière framboise française et depuis de très nombreuses années, la grenaille est un problème latent dont les causes sont encore mal connues. Un travail plus fondamental sur la grenaille du framboisier, faisant intervenir le Ctifl, l'Inra et le Cirad de Montpellier a été engagé en 2009, pour tenter une nouvelle approche sur cette problématique qui, malgré des travaux, de sélection menées en lien avec les sélectionneurs et les pépiniéristes n'est toujours pas résolu à ce jour. Le présent article présente l'état des connaissances actuelles sur le sujet.

CRUMBLY FRUIT OF RED RASPBERRY : THE CURRENT STATE OF KNOWLEDGE

In the French raspberry value chain and for many years now, crumbly fruit has been a latent problem of which the causes are as yet poorly understood. More basic research on crumbly fruit of red raspberry, entailing participation by Ctifl, Inra and Cirad in Montpellier, was undertaken in 2009. Its aim was to try a new approach to this latent issue which, despite the selection efforts carried out with plant breeders and nurseries, has not yet been resolved.

La framboise est un fruit composé (drupe complexe) regroupant 75 à 85 drupéoles. Lorsque seulement un nombre plus réduit de drupéoles se développe et qu'elles s'égrènent à la récolte on parle alors de « grenaille ». Dans la plupart des cas, l'aspect végétatif des plants, notamment la vigueur, n'est pas affecté. L'anomalie appelée grenaille du framboisier est responsable d'une perte de productivité des cannes porteuses et l'impact économique peut être très important. La grenaille semble avoir des origines diverses et peut être en relation avec la qualité du pollen et la fertilité, des problèmes viraux ou sanitaires au sens large, voire des conditions pédoclimatiques et/ou culturales ou encore de conditions de propagation du matériel. Ce document fait un état des connaissances actuelles publiées sur ce sujet.



> FRUITS GRENAILLÉS DE FRAMBOISE



ORIGINES GÉNÉTIQUES LIÉES A LA FERTILITÉ ET AU POLLEN

Depuis le début du 20^e siècle différents auteurs ont exploré cette voie. Grubb (1935) a trouvé de nombreux semis avec des fruits grenailés à partir des autofécondations des variétés Pyne's Royal, Lloyd George, Northward et Pruessen. Bauer (1961) a mentionné que la grenaille pouvait être due à une trop faible pollinisation par les abeilles ainsi qu'à une autofertilité variétale insuffisante qui ne se manifeste que dans les cultures à grande échelle, la pollinisation croisée donnant quant à elle satisfaction. La diminution du taux d'autofertilité peut entraîner l'apparition de la grenaille, par une formation amoindrie de drupéoles réduisant la cohésion des fruits.

Au Royaume-Uni, de la grenaille a été observée sur les variétés Malling Promise et Norfolk Giant, des symptômes moins marqués ont également été trouvés occasionnellement sur Malling Jewel. Des cultivars tels que Lloyd George, les variétés américaines Sumner et Puyallup et d'autres plus anciennes sont prédisposés pour produire des fruits grenailés. Pour Malling Jewel et peut-être Latham une mutation de l'allèle dominant à un locus hétérozygote entraînant l'homozygotie pour un gène délétère récessif est une cause possible d'une stérilité partielle. La grenaille de Norfolk Giant et peut-être de Malling Promise est associée à un chromosome retardataire à la méiose dans les cellules mères de pollen (Jennings, 1967).

Un clone grenailant de la variété Sumner montre un retard de développement du sac embryonnaire et une quantité de pollen non fertile ou avorté supérieure à celle d'un clone de Sumner normal. La fertilité du pollen influence le nombre de drupéoles. Aucun virus n'a été détecté dans la variété Sumner. La grenaille pourrait être contrôlée par deux paires de gènes récessifs contrôlant le développement des gamètes. Sumner normale doit avoir deux gènes dominants tandis que, pour la forme grenailant, les deux

gènes auraient muté vers les allèles récessifs (Daubeny, 1967).

Virdi *et al.* (1972) ont rapporté que la grenaille sur un cultivar était associée à différentes irrégularités méiotiques dans les cellules mères de pollen ainsi qu'à la dégénérescence des sacs embryonnaires. Cette dégénérescence est observée avant la maturité des sacs embryonnaires dans la variété Sumner mais après complète différenciation de ceux-ci pour le clone Ore-US 1314.

Des résultats ont montré que deux pieds mères sur huit de Norfolk Giant ont produit des fruits avec une forte proportion de drupéoles avortées et ceci en association avec un fort taux de pollen avorté. La multiplication des deux plants a entraîné la production de plants grenailants, la multiplication des autres plants n'ayant entraîné l'apparition d'aucun symptôme (Murant *et al.*, 1973).

Les cultivars Canby, Meeker, Puyallup, Southland et un certain nombre de clones Ore-US (1094, 1314, 1394, 1406, 1412, 1416, et 1444) produisent des fruits grenailés lorsqu'ils sont inter-croisés ou en combinaison avec Matsqui, Sumner, Sentinel, Sentry et Ore-US 3919. Une part importante de cette stérilité des semis est présumée venir d'un nombre de sacs embryonnaires fonctionnels réduits (Lawrence, 1976).

Mottier (1977) a constaté une atrophie des étamines et une germination très faible dans une souche de framboisier anormale. Des données recueillies à la station d'East Malling ont montré que le cultivar Lloyd George était hétérozygote pour un allèle d'auto-incompatibilité (S5). Le cultivar Lloyd George a été très utilisé comme parent pour la création variétale, il est donc probable que cet allèle soit largement répandu, les nouvelles variétés pouvant, de ce fait, être auto-incompatibles. Des variétés d'importance commerciale comme Meeker, Heritage, Malling Jewel et Willamette ont comme parent le cultivar Lloyd George à différents degrés (Keep, 1985). Moore et Robbins (1990) ont montré que le mécanisme entraînant la grenaille de

la variété Centennial était dû à un effet maternel. Aucune preuve de maladie n'a été mise en évidence et les observations sont concordantes avec l'hypothèse d'une mutation somatique. Tous les plants grenailants de Centennial étaient issus d'une source micropropagée. Les plants grenailants de Centennial ont un très fort pourcentage de pollen avorté, alors que ce pourcentage est très faible dans les plants normaux. Edin *et al.* (1999) rendent compte, en France, de l'amélioration de la gestion de la grenaille pour la variété Meeker, par un travail sur le choix des clones utilisés en micropropagation. L'amélioration par la sélection clonale plaide, faute d'information plus complète, en faveur d'un déterminisme génétique dans un sens très large.

Stockert (1998) a montré que la pollinisation croisée donnait moins de fruits grenailés que l'autopollinisation. Une analyse microscopique a montré qu'il y avait deux graines dont une qui dégénère dans les fruits normaux et que les deux graines dégénéraient dans les fruits grenailés.

Enfin l'utilisation de variétés pollinisatrices permet de réduire les problèmes liés à la grenaille (Bergamini, 2002).

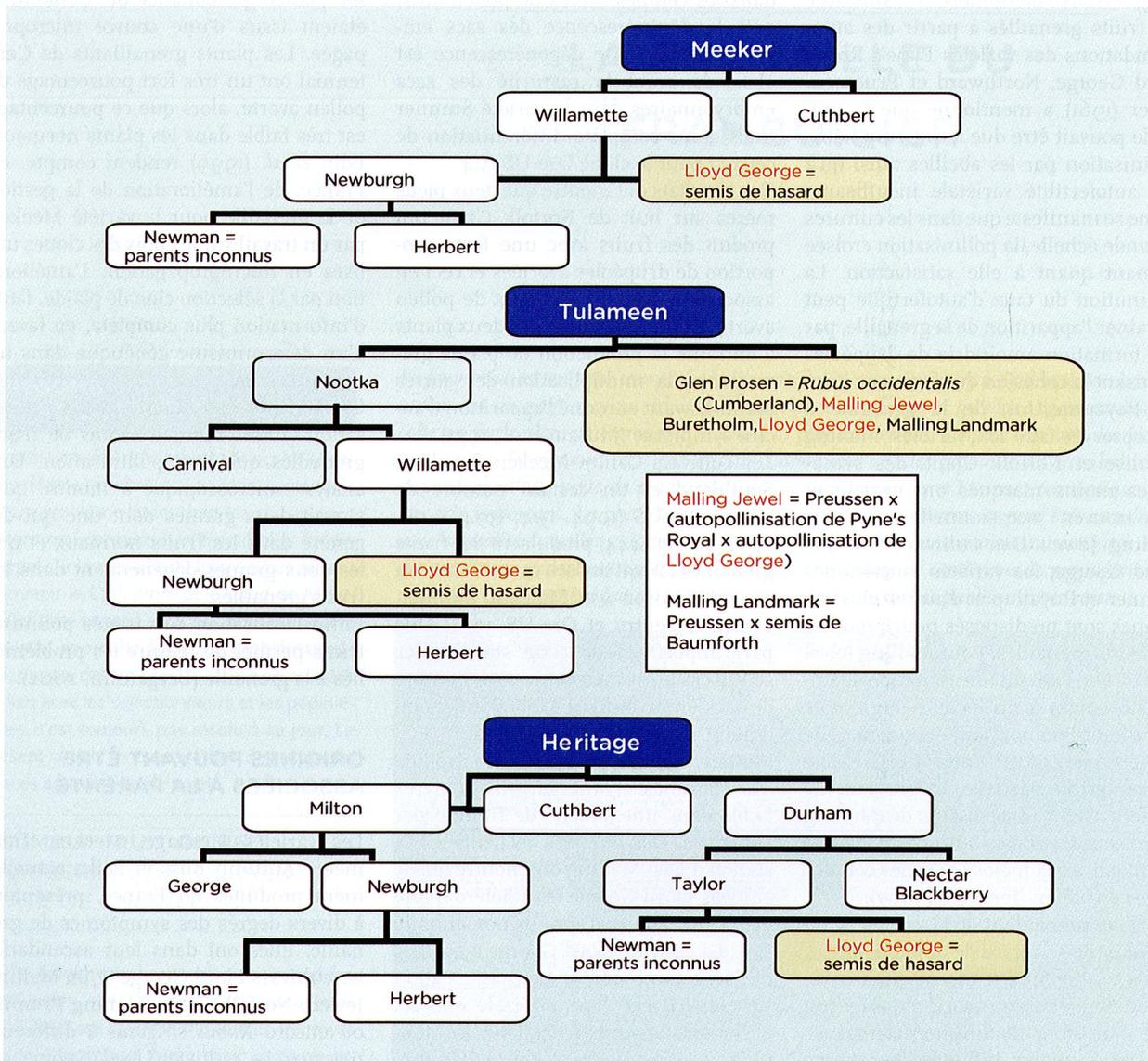
ORIGINES POUVANT ÊTRE ASSOCIÉES À LA PARENTÉ

Les variétés Heritage, Meeker, Tulameen, Autumn Bliss et Polka actuellement produites en France, présentent à divers degrés des symptômes de grenaille. Elles ont dans leur ascendance les cultivars Lloyd George et/ou Malling Jewel, Norfolk Giant, Malling Promise ou encore *Rubus strigosus* à différents niveaux. Le cultivar Lloyd George est donné comme porteur d'un gène d'auto-incompatibilité et la variété Malling Jewel (ayant dans sa parenté Lloyd George) est citée comme porteuse d'une mutation d'un allèle entraînant une possible stérilité partielle. La grenaille de Norfolk Giant, et peut-être de Mal-



PÉDIGRÉS DES PRINCIPALES VARIÉTÉS CULTIVÉES EN FRANCE : MEEKER, TULAMEEN, HERITAGE, AUTOMN BLISS ET POLKA

Ils sont très complexes et résultent de plusieurs cycles d'hybridation et de sélection, la variété Lloyd George ainsi que des espèces voisines du framboisier sont aussi impliquées.



Autumn Bliss : Croisement complexe entre *Rubus strigosus*, *R. articus*, *R. occidentalis* et Malling Landmark, Malling Promise (Newburgh x (autopollinisation de Pyne's Royal x autopollinisation de Lloyd George), Lloyd George, Pyne's Royal, Burnetholm et Norfolk Giant.

Polka : pollinisation libre de P89141 ayant Autumn Bliss dans sa parenté.

ling Promise, est associée à un chromosome retardataire à la méiose dans les cellules mères de pollen (Jennings, 1967 et Keep, 1985). Les variétés américaines porteuses de symptômes de grenaille sont généralement issues d'hybrides entre *Rubus strigosus* et *Rubus idaeus* (Keplinger *et al.*, 1968).

ORIGINES VIRALES

Slate *et al.* (1942) ont trouvé que Latham grenailait plus si cette variété exprimait de la mosaïque sur ses feuilles. Zeller et Braun (1943) ont attribué la grenaille de la variété Cuthbert à un virus.

Chamberlain *et al.* (1964) ont statué sur le fait que la grenaille était plus répandue dans les plantations où un virus était présent. La grenaille de la variété Malling Exploit peut être induite par le tomato black ring virus (TBRV) (Taylor *et al.*, 1965). Cadman (1965) a trouvé que 30 à 40 % des graines d'un cultivar de Lloyd George, porteur de RBDV (raspberry bushy dwarf virus), étaient aussi contaminées par le RBDV. Il a également des raisons de croire que l'infection par le chlorotic leaf spot virus cause l'infertilité du cultivar Lloyd George. Une forme sévère de grenaille est apparue très tôt après la diffusion de la variété Malling Promise. Il est supposé que la propagation rapide par multiplication végétative d'un plant atteint soit la raison de la diffusion; la cause restant incertaine, la piste virale est la plus probable. Pour Norfolk Giant, des tests de greffage sur des plants sains n'ont pas montré que la grenaille était transmissible par cette voie, cependant le mode de dissémination suggère une infection virale (Jennings, 1967). Le TomRSV (tomato ringspot virus) est associé à la grenaille de quelques cultivars en Amérique du Nord en fonction du niveau de tolérance ou de sensibilité des variétés à ce virus (Keplinger *et al.*, 1968; Converse et Endo, 1969; Daubeny *et al.*, 1970). Barnett et Murrant (1970) ont confirmé que le RBDV était transmissible par graine.



> RASPBERRY BUSHY DWARF VIRUS SUR FEUILLAGE

Des tests d'inoculation de sève sur *Chenopodium quinoa* Wild n'ont pas permis de détecter de virus à partir de plants de Norfolk Giant grenailants. Dans une tentative de transmission de la grenaille par greffage, des scions de matériel grenailant ont été greffés sur du matériel « normal ». Aucun virus ou agent transmissible par greffage n'a été mis en évidence ce qui laisse supposer une mutation (Murrant *et al.*, 1973). Les plants contenant du RBDV ne présentent pas de symptôme visuel évident, mais des fleurs saines ou infectées pollinisées avec du pollen infecté produisent des fruits grenailés contenant une forte proportion de drupéoles avortées. Les cultivars qui ne se contaminent pas naturellement au champ ne le sont pas non plus par infection par greffage. L'utilisation de cultivars « immuns » offre l'unique méthode de contrôle. Le RBDV n'est pas toujours associé à de la grenaille mais il existe toutefois des preuves évidentes que le RBDV est associé à la grenaille pour le cultivar Lloyd George. Le RBDV est associé à la grenaille comme d'autres virus tels que le tomato black ring et le tomato ringspot et il semble possible que d'autres virus aient des effets similaires: arabis

mosaic, raspberry ringspot, strawberry latent ringspot et black raspberry latent virus. La pollinisation semble le seul moyen de dissémination au champ, il n'y a pas d'animal vecteur, excepté les insectes pollinisateurs. Les framboisiers ne semblent pas produire de fruits grenailés tant qu'il n'y a pas une forte proportion de pollen infecté par le RBDV (Murrant *et al.*, 1974).

Des plants infectés par le RBDV produisent des fruits grenailés même s'ils ne sont pas pollinisés avec du pollen infecté. Meeker est sensible au RBDV après inoculation par greffage; il est important qu'un tel cultivar sensible ne soit pas exposé à des sources d'infection (Daubeny *et al.*, 1978).

Cornaggia (1999) a montré, au travers d'une enquête sanitaire menée en 1998 sur la variété Meeker dans des plantations dites grenailantes dans trois régions de productions françaises, un fort taux de contamination des parcelles par le virus de la mosaïque du framboisier (RMD), seul (58 %) ou en complexe avec le RBDV (36 %). Le RBDV est associé à la grenaille ainsi qu'à une perte de vigueur et de rendement mais est souvent asymptomatique sur la végétation (Barbara, 1988; Barbara *et al.*, 2001). Muster



> SYMPTÔME DE RASPBERRY BUSHY DWARF VIRUS SUR LA VARIÉTÉ POLKA

(2002) rappelle que les infections liées au RBDV, BRNV (black raspberry necrosis virus), TBRV, TomRSV ainsi qu'aux virus liés au complexe de la mosaïque du framboisier peuvent entraîner des symptômes de grenaille. Mais elle observe également de la grenaille sans que les virus soient le facteur déclenchant. Muster, signale que dans de nombreux cas de grenaille tous les tests pratiqués n'ont pas montré d'infections virales.

ORIGINES PARASITAIRES OU PATHOLOGIQUES AUTRES QUE VIRALES

La grenaille peut être attribuée à des attaques d'insectes (Mottier, 1977). Dans plusieurs cas, il a été mis en évidence, dans les terrains, des nématodes vecteurs de virus des genres *Xiphinema* et *Longidorus*. Dans un cas la population de *X. diversicaudatum* et de *L. elongatus* dépassait les 500 individus par litre de terre et la présence d'innombrables galles sur les petites racines laissait supposer un effet direct des nématodes sur la culture (Pelet et Valloton, 1979). Edin *et al.*, 1999 rapportent diverses origines sanitaires pouvant entraîner

les symptômes de grenaille. Les piqûres d'insectes (*Heteroptera*, punaises, *Lygus* et *Lycocoris*) ou d'acariens (*Acalitus essigi* Hassan sur ronces) peuvent entraîner la destruction de futures drupéoles. Des champignons pathogènes peuvent provoquer des lésions locales donnant de la grenaille (*Elsinoe veneta* Burkolder-Jenk, agent de l'anthracnose du framboisier). *Hapalosphaeria deformans* Syd, un autre champignon pathogène peut également détruire des ovules et nécroser des étamines. Rousseau et N'Dayegamiye (2007) signalent que la grenaille serait également due à des maladies fongiques, plus particulièrement l'anthracnose. L'infection des fleurs par le champignon résulterait en une absence de fructification et/ou des fruits endommagés. L'anthracnose est également donnée pour une cause possible de malformation des fruits par Hartman (2008).

ORIGINES PÉDOCLIMATIQUES ET/OU CULTURALES

Slate *et al.* (1942) ont trouvé que Latham grenailait plus si cette variété était cultivée en conditions défavorables. Chamberlain *et al.* (1964) ont signalé

que la grenaille était influencée par le climat et les conditions de culture. Des comparaisons du nombre de drupéoles dans des situations de pollinisation similaires à Agassiz (Canada) et Puyallup (États-Unis) suggèrent que ce nombre est influencé par les conditions environnementales (Daubeny *et al.*, 1967).

Il est possible que la température ou d'autres facteurs environnementaux pendant la période de fertilisation influencent la formation des drupéoles (Murant *et al.*, 1974). Des carences en potassium, en phosphore et en bore peuvent provoquer la grenaille. Une alimentation insuffisante en eau peut être une cause des symptômes de grenaille. Les températures basses et une forte humidité au moment de la floraison peuvent entraîner l'avortement des fleurs. Même s'il n'y a pas une carence pour un élément, le degré de pauvreté du sol peut engendrer des déficiences sporadiques au moment de la floraison et de la nouaison. L'équilibre azote fumure minérale ne doit pas être négligé (Pelet et Valloton, 1979). Des fongicides pour lutter contre les pourritures des fruits peuvent provoquer des phénomènes de grenaille (Redalen, 1980). Szklanowska et Wieniarska (1993) ont montré que le manque d'insectes pollinisateurs sur une plantation de framboisiers n'entraînait pas de diminution du nombre de fruits formés mais un nombre inférieur de drupéoles, cause de symptôme de grenaille.

Les conditions environnementales telles que les températures trop chaudes ou trop froides, le vent excessif, une fertilisation en-dessous du seuil optimal au moment de la microsporogénèse et/ou du développement du sac embryonnaire sont des facteurs pouvant entraîner la grenaille (Janick, 1996).

Des conditions climatiques ou culturelles défavorables, notamment au moment de la pollinisation (plus fréquemment en culture sous abri) et de la fécondation, peuvent avoir une incidence non négligeable sur l'apparition de fruits grenailés, y compris sur des plantes ne présentant pas de grenaille



> PÉPINIÈRE DE FRAMBOISIER

génétique. Les basses températures, les alternances thermiques et les gelées printanières, notamment, peuvent perturber les fécondations et les nouaisons et donc affecter la structure de certains « étages » fructifères. Il en est de même des carences ou des déséquilibres nutritionnels (Navatel *et al.*, 2002).

Suite à une enquête menée auprès de producteurs de framboises du Bade-Wurtemberg en Allemagne, Muster (2002) n'a pas trouvé de corrélation entre la grenaille et le type de sol, le pH du sol, le précédent cultural, la matière organique et l'utilisation d'herbicide. L'azote à moins de 60 kg/ha dans le sol semble réduire le nombre de fruits grenailés. Muster (2008) fait la synthèse d'un essai en réseau, réalisé dans le cadre de l'action COST 836 et mis en place dans cinq pays de l'Union européenne (Allemagne, Royaume-Uni, Espagne, France et Pays-Bas) avec du matériel végétal commun. Elle signale qu'aucune corrélation entre la grenaille et une augmentation de température sous tunnel plastique, en comparaison

avec une culture de plein champ, n'a été observée. Des plants grenailants ont été trouvés dans les deux modalités. Dans cet essai multi-local il n'a pas été montré d'influence visible des précipitations sur la quantité de grenaille. Les faibles différences entre les températures et le peu de grenaille n'indiquent pas une influence des conditions climatiques sur la grenaille. La distribution au hasard de la grenaille rend difficile une corrélation entre celle-ci et la température.

Rousseau et N'Dayegamiye (2007) ont montré que la fertilisation et l'application de compost n'ont pas d'effet sur l'influence de la grenaille. Ils indiquent également que certains auteurs ont émis l'hypothèse selon laquelle les pratiques culturales auraient un impact sur l'incidence de la grenaille.

Hartman (2008) mentionne des problèmes abiotiques concernant l'apparition de grenaille: sécheresse, fertilité faible du sol, gelée de printemps tardive, anomalies héréditaires, variation dans la stérilité mâle et femelle, dégâts de pesticides, froid. Une activité insuffisante

des abeilles peut entraîner des symptômes de grenaille. Coves (2010, communication personnelle) a mis en évidence l'effet d'un caractère acquis chez les pépiniéristes sur la grenaille. En effet, quatre souches de Tulameen, RBDV négatives, provenant de quatre pépinières européennes, conduites en hors sol de la pépinière à la récolte, dans des conditions rigoureusement identiques, ont montré des taux de grenaille variant significativement d'une souche à l'autre. Par ailleurs, pour une même souche de Tulameen conduite en hors sol et conservée à + 2 °C après la première

année de pépinière, puis sortie à trois dates différentes pour une production de printemps, d'été et d'automne, Coves observe une augmentation du taux de grenaille corrélée positivement à la durée de conservation au froid et à une production tardive.

ORIGINES LIÉES AUX MÔDES DE PROPAGATION

La multiplication intensive à partir de racine augmente la probabilité de multiplier des mutants (Jennings, 1967). Des mutants grenailants peuvent survenir à n'importe quelle étape du processus de production des pieds mères et peuvent être propagés en pépinière sans avoir un moyen de contrôle. L'apparence normale et uniforme des plants propagés végétativement par bouture de racine suggère que le taux de mutation est faible par cette technique. Les mutations somatiques qui affectent la fertilité et cause la grenaille sont reconnues comme être des hasards de la multiplication végétative



tive (Murant *et al.*, 1973). À la station de Weinberg en Allemagne de nombreux essais ont été menés pour comparer des plants vitropropagés et des plants conventionnels. Une enquête menée avec les producteurs a montré qu'il y avait plus de grenaille dans les plants propagés conventionnellement par les producteurs eux-mêmes, comparés aux plants *in vitro* ou multipliés par les pépiniéristes (Feucht, 1985).

Les mutations sont un risque lors de la propagation quand elles affectent les caractéristiques des fruits sans qu'elles soient visibles dans la croissance végétative. Des mutations dominantes ou récessives peuvent être impliquées. Les mutations sont des menaces pendant la phase de propagation, ce risque pouvant être augmenté lorsque la micropropagation intensive est utilisée en raison de son potentiel de multiplication supérieur (Jennings, 1993). Aucune différence de phénotype n'a pu être enregistrée entre des plants multipliés *in vitro* et ceux multipliés conventionnellement, ceci étant en accord avec les études menées sur la stabilité génétique de framboisiers micropropagés. Les plants issus de multiplication standard ont une vigueur supérieure sur cinq années de culture tandis que les plants micropropagés ont une productivité supérieure sur la même période (Hoepfner *et al.*, 1993; Hoepfner 1994). Edin *et al.* (1999 et 2000a) ont comparé des plants de Meeker propagés conventionnellement ou par culture de tissus sur 4 années. Concernant la grenaille, les symptômes sont observés quel que soit le type de multiplication. Les symptômes sont apparus dès la première année sur le matériel propagé *in vitro* et dès la seconde pour le matériel issu de semis de racine. Ils ne concernent qu'une partie des cannes par plant et se répètent chaque année. Il est noté une augmentation du nombre de plants touchés entre la première et la deuxième année puis une certaine stabilisation en troisième année. Le contrôle des maladies à virus par indexation biologique montre que cette grenaille n'est pas d'origine virale.



> MICROPROPAGATION IN VITRO : MISE EN CULTURE

Elle est sans doute d'origine génétique et conforte l'hypothèse de l'instabilité génétique. Les types de multiplication n'influencent pas les performances agronomiques. Edin *et al.* (2000b) ont étudié l'influence du nombre de multiplication *in vitro* ainsi que la technique utilisée sur l'apparition de la grenaille. Deux techniques sont mises en comparaison: la multiplication par bourgeonnement axillaire avec régulateur de croissance et la multiplication par microbouturage sur un milieu sans hormone. De 0 à 5 % de grenaille sont observés sur la technique de microbouturage quel que soit le nombre de multiplication. Par contre il est noté une augmentation significative de la grenaille au bout de 24 multiplications par bourgeonnement axillaire. De 0 à 5 % de grenaille sont observés après 5 multiplications quand une valeur, comprise entre 30 et 47 %, est notée au bout de 24 multiplications en première année de production. Un nombre important de multiplication en présence de régulateur de croissance peut entraîner des symptômes de grenaille.

Petrevica et Bite (2001) et Bite et Petrevica (2002) ont montré, sur la variété Norma, en comparant des plants issus

de culture *in vitro* ou de semis de racine, que la floraison et la fructification n'étaient pas influencées par le mode de multiplication. Aucune anomalie phénotypique liée à la culture de tissus n'a été observée. Les résultats ont mis en évidence une influence positive de la culture *in vitro* sur le rendement en fruit, le poids moyen ainsi que sur la rusticité notamment l'hiver. Dans ce cas la méthode de propagation ne modifie pas la forme des fruits. Des plants obtenus *in vitro* soit par microbouturage soit par bourgeonnement axillaire ont été comparés à des plants issus de semis de racine. Deux essais ont été conduits, l'un pour comparer l'incidence de la multiplication *in vitro*, l'autre pour évaluer l'influence du nombre de multiplications (subcultures) sur la grenaille. Ces essais ont montré que la culture *in vitro* n'est pas directement responsable des symptômes de grenaille mais peut les accentuer si le nombre de multiplication est élevé. Un nombre élevé de multiplications par la technique du bourgeonnement axillaire (x 24) amplifie de façon importante le pourcentage de cannes grenailées (de l'ordre de 30 %). En



comparaison, le pourcentage de cannes grenailées reste relativement faible (1,3 à 1,5 %) dans le cas d'une multiplication par microbouturage. La micropropagation n'est pas remise en question dans le schéma de production français (Navatel *et al.*, 2002). Muster et Lankes (2002) ont montré que les plants issus de multiplication conventionnelle sont aussi vigoureux que ceux obtenus *in vitro*, toutefois la productivité est supérieure avec les plants micropropagés. Les études menées sur du matériel sain n'ont pas permis de montrer une augmentation de la grenaille par l'utilisation de la culture *in vitro*.

Muster (2002) signale qu'une augmentation de la grenaille par une augmentation des quantités de cytokinine de 0,5 à 4 mg/l dans le milieu de culture n'est pas visible dans les essais. Aucun effet négatif de la culture *in vitro* n'a été démontré par les résultats. La multiplication conventionnelle, par bouture de racine de cannes grenailées entièrement, produit une descendance qui grenaille (Licht, 2004). La culture *in vitro* n'a pas d'impact négatif par rapport à la multiplication conventionnelle, elle peut même améliorer les rendements les premières années (Muster et Lankes, 2001; Lankes et Muster, 2004). Velchev et Toshkov (2005) ont également montré, en Bulgarie, sur différents cultivars, que la culture *in vitro* n'entraînait pas de modification visible. Sur une période de trois ans ils ont établi que le rendement était supérieur pour les plants micropropagés ceci étant valable également dans la plupart des cas pour le nombre de fruits et le poids moyen du fruit.

Muster (2005 et 2008) indique que la grenaille portée sur la totalité d'une canne peut être propagée par culture de tissus. Dans un essai multi-local, réalisé dans le cadre du programme européen COST 836, de la Meeker origine France et propagée *in vitro* a été comparée à de la Meeker origine Allemagne et multipliée conventionnellement. Des fruits ou des canes grenailées ont été trouvés dans les deux modalités. Il semble que

des mutations peuvent survenir quel que soit le mode de propagation, mais les dégâts sont plus importants après la micropropagation compte tenu du nombre supérieur d'individus produits par cette méthode (Muster).

COMPLEXITÉ DES ORIGINES

Cette revue bibliographique montre la complexité des origines de la grenaille du framboisier et illustre les difficultés inhérentes à l'étude de cette problématique tant les niveaux d'interprétations peuvent être nombreux et liés. Les connaissances sur les origines virales ont permis d'assainir la filière vis-à-vis des principaux virus connus à ce jour et pouvant entraîner des symptômes de grenaille. La mise en évidence des risques liés aux différents modes de multiplication (*in vitro* ou par bouturage de racine), permet de mettre en place des systèmes de sécurité au sein de la filière de production de plants; les deux modes de propagation pouvant être utilisés.

Un essai européen mené dans le cadre d'un groupe de travail COST n'a pas permis de mettre en évidence l'incidence des conditions pédoclimatiques sur l'apparition ou l'expression du caractère grenailant pour différents plants de framboisier. Il semblerait toutefois intéressant de rechercher et d'étudier le lien potentiel entre les conditions de préparation des plants en pépinière avant plantation et l'apparition de la grenaille en production. Une étude sur l'impact de l'ontogénèse du pollen de framboisier sur la grenaille pour les variétés actuelles pourrait être une approche fondamentale de cette problématique. D'un point de vue génétique, le Ctifl, en collaboration avec le Cirad et l'Inra de Montpellier, a entrepris une étude visant à rechercher par cytométrie de flux une éventuelle différence de quantité d'ADN entre les plants grenailants et les plants normaux de trois variétés. Ces résultats feront prochainement l'objet d'une publication. ■

BIBLIOGRAPHIE

Barbara D.J., 1988. Raspberry bushy dwarf virus (RBDV). In : Smith I.M., Dunez J., Phillips D.H., Lelliott R.A. and Archer S.A. *European Handbook of Plant Diseases*. Oxford, UK. Blackwell Scientific Publications, 97-98.

Barbara D.J., Morton A., Ramcharan S., Cole I.W., Phillips A. and Knight V.H., 2001. Occurrence and distribution of raspberry bushy dwarf virus in commercial *Rubus* plantations in England and Wales. *Plant Pathology*, 50:747-754.

Bauer R., 1961. Kann bei Strauchbeerenobst mit Sortenverbesserungen gerechnet werden, die den Erwerbsanbau interessieren ? *Erwerbsobstbau* 3:185-187.

Bergamini A., 2002. COST 836 - WG6 Cane and bush Fruit - Teagasc, Kinsealy Research Centre, Dublin. 25-26 et 27 juillet 2002. communication orale.

Bite A. et Petrevica L., 2002. The influence of *in vitro* propagation on the field behaviour of red raspberry variety «Norma». *Acta Horticulturae*, 585:615-619.

Cadman C.H., 1965. Filamentous viruses infecting fruit trees and raspberry and their possible mode of spread. *Pl. Dis. Repr.*, 49:230-232.

Chamberlain G.C., Putman W.L. and Bolton A.T., 1964. Disease and insect pests of raspberries and other cane fruits. *Can. Dept. Agr. Pub.*, 880.

Converse R.H. and Endo B.Y., 1969. Occurrence of tomato ringspot virus in red raspberries in the eastern United States. *Phytopathology*, 59:216-218.

Cornaggia D., 1999. Framboisier : qualité sanitaire des plantations. *Infos-Ctifl*, 153:30-32.

Daubeny H.A., Crandall P.C. and Eaton G.W., 1967. Crumbliness in the red raspberry with special reference to the Sumner variety. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 91:224-230.

Daubeny H.A., Freeman J.A. and Stace-Smith R., 1970. Effects of virus infection on drupelet set of four red raspberry cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 95:730-731.

Daubeny H.A., 1971. Self-fertility in red raspberry cultivars and selections. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 96(5):588-591.



BIBLIOGRAPHIE

- Daubeny H.A., Stace-Smith R. and Freeman J.A., 1978. The occurrence and some effects of raspberry bushy dwarf virus in red raspberry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 103:519-522.
- Edin M., Gaillard P. et Massardier P., 1999. Le framboisier, Ed Ctifl, 208p.
- Edin M., Delaunay V. et Berger V., 1999. Framboisier : incidence de la micropropagation sur le comportement du plant. SEFRA - compte rendu des expérimentations 1999.
- Edin M., Delaunay V. et Cadiou S., 2000a. Framboisier : incidence de la micropropagation sur le comportement du plant. SEFRA - compte rendu des expérimentations 2000.
- Edin M., Delaunay V. et Cadiou S., 2000b. Framboisier : incidence du nombre de multiplication in vitro sur la grenaille. SEFRA - compte rendu des expérimentations 2000.
- Feucht W., Schmid P.P.S., Schimmelpfeng H., Theiler-Hedtrich C., Schmitt A., 1985. In vitro vermehrte himbeeren im grossversuch. *Erwerbsobstbau*, 7:167-169.
- Hartman J.R., 2008. Poor fruit set in brambles. *Plant Pathology Fact Sheet*, PPFS-FR-S-09.
- Hoepfner A.S., Nybom H., Carlsson U. and Franzen R. 1993. DNA fingerprinting useful for monitoring cell line identity in micropropagated raspberries. *Acta. Agric. Scabd. Sect. B. Soil and Plant Sci.*, 43:53-57.
- Hoepfner A.S., 1994. Comparison of cane growth and yield in micropropagated vs. standard method propagated red raspberry. *Gartenbauwissenschaft*, 59(6):258-263.
- Janick J. and Moore J.N., 1996. *Fruit Breeding - Volume 2 - Vine and small fruits*. John Willey, 477p.
- Jennings D.L. and Tun N.N., 1961. Crumbly fruit in raspberries. *Rep. Scott. Hort. Res. Inst.*, 1960-1961, p16.
- Jennings D.L., 1967. Observations on some instances of partial sterility in red raspberry cultivars. *Hort. Res.*, 7:116-122.
- Jennings D.L., 1993. Mutations in rubus : their value in breeding and problems for propagation. *Acta Horticulturae*, 352:353-360.
- Keep A., 1985. Heterozygosity for self-incompatibility in Lloyd George red raspberry. *Fruit Varieties Journal*, 39(4):5-7.
- Keplinger J.A., Braun A.J. and Provvidenti R., 1968. Crumbly berry of red raspberry caused by tomato ringspot virus. *Pl. Dis. Reprtr.*, 52:386-390.
- Lankes C. et Muster G., 2004. Field performance of raspberry cultivars as influenced by quality of stock plants and propagation methods. *Jugoslovensko Vocarstvo*, Vol 38(147-148):177-182.
- Lawrence F.J., 1976. Sterility in Rubus. *Fruit Varieties Journal*, 30(1), p22.
- Licht D., 2004. Communication orale dans : Muster G. Influence of climatic conditions on crumbly fruit in raspberry (*Rubus idaeus* L.) [en ligne] http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1197765_11/lvwo_Crumblyfruit_Abschluss.pdf (page consultée le 24-11-2009).
- Navatel J.C., Edin M., Maillard F., Baudry A. et Delaunay V., 2002. Le plant de framboisier - A la recherche de la qualité. *Infos-Ctifl*, N°178:32-36.
- Moore P.P. and Robbins J.O., 1990. Maternal and paternal influences on crumbly fruit of Centennial red raspberry. *Hortscience*, 25(11):1427-1429.
- Mottier P.Ph., 1977. Etude des causes de la stérilité d'une souche de framboisier. *Objectif 7*, 22p.
- Murant A.F., Jennings D.L. and Chambers J., 1973. The problem of crumbly fruit in raspberry nuclear stocks. *Hort. Res.*, 13:49-54.
- Murant A.F., Chambers J. and Jones A.T., 1974. Spread of raspberry bushy dwarf virus by pollination, its association with crumbly fruit, and problems of control. *Ann. Appl. Biol.*, 77:271-281.
- Muster G. Influence of climatic conditions on crumbly fruit in raspberry (*Rubus idaeus* L.) [en ligne] (page consultée le 24-11-2009). http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1197765_11/lvwo_Crumblyfruit_Abschluss.pdf
- Muster G., 2002. Crumbly fruit in red raspberry - A survey of the research work in Weinsberg. COST action 836, Integrated research in berries. WG6 meeting : Cane and bush fruits. 24-27 July 2002. Teagasc, Kinsealy Research Centre, Dublin.
- Muster G., 2008. A survey of the research work on crumbly fruit in red raspberry in Europe. *Acta Horticulturae*, 777:505-509.
- Muster G. et Lankes C., 2001. Raspberry : field performance of two virus free genotypes deriving from in vitro and conventional propagation, respectively. *Gartenbauwissenschaft*, 66(2):72-77.
- Muster G. et Lankes C., 2002. Effect of conventional and in vitro propagation on selected characteristics of raspberry plants. *Acta Horticulturae*, 585:585-589.
- Pelet F., Valloton R., 1979. La maladie de la grenaille du framboisier. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, vol 11(3):135-136.
- Petrevica L. et Bite A., 2001. Effect of in vitro multiplication on field performance of raspberry cultivar «Norma». *Acta Horticulturae*, 560:547-550.
- Redalen G., 1980. Effect of fungicides on pollen germination and fruit set in raspberries. *Gartenbauwissenschaft*, 45:248-251.
- Rousseau H. and N'Dayegamiye A., 2007. Influence de la structure du sol et de la fertilisation sur la grenaille du framboisier (projet no 211-T). *CRAAQ, Rapport*, 29p.
- Slate G.L., Surr R.F. and Mundinger F.G., 1942. Raspberry growing in New York - culture, disease and insects. *New York Agr. Exp. Sta. Circ.*, 153.
- Stockert T., 1998. Histologische und befruchtungsbiologische untersuchungen bei himbeere. *Versuchsberichte des ministeriums ländlicher raum Baden-Württemberg*, 12 Jahrgang 76-80.
- Stösser R., 1997. Krümelfrüchtigkeit der himbeere. *Erwerbsobstbau* 39:34-37.
- Szklanowska K. and Wieniarska J., 1993. The effect on yield by the bees visits on raspberry flowers (*Rubus idaeus* L.) the successive ramifications in inflorescence. *Acta Hort.* 352:231-233.
- Taylor C.E., Chambers J. and Pattullo W.I., 1965. The effect of tomato black ring virus on the growth and yield of Malling Exploit raspberry. *Hort. Res.*, 5:19-24.
- Velchev V. et Toshkov A., 2005. Reproductive performances of micropropagated raspberry plants. *Vocarstvo*, Vol 39 br. 142:25-32.
- Virdi B.V., Daubeny H.A. and Eaton G.W., 1972. Meiotic irregularities associated with a partially male-sterile red raspberry selection. *Hortscience*, 7:263.
- Virdi B.V., Eaton G.W. and Daubeny H.A., 1972. Embryo sac development in a partially male-sterile red raspberry selection. *Hortscience*, 7:263-264.
- Zeller S.M. and Braun A.J., 1943. Decline disease of raspberry. *Phytopath.*, 33:156-161.