



HAL
open science

Bien choisir les espèces et les variétés

M-Christin Daunay, Richard Brand, Dominique Blancard

► **To cite this version:**

M-Christin Daunay, Richard Brand, Dominique Blancard. Bien choisir les espèces et les variétés. 13. Colloque Scientifique, May 2011, Montpellier, France. hal-02749852

HAL Id: hal-02749852

<https://hal.inrae.fr/hal-02749852>

Submitted on 3 Jun 2020

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.

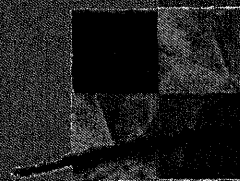


JARDINER AUTREMENT: STRATÉGIES ENVIRONNEMENTALES AU JARDIN

Chamaecyparis lawsoniana, Yann Morel/MAP

13^e COLLOQUE
SCIENTIFIQUE

20 mai 2011. Montpellier



Société
Nationale
d'Horticulture
de France

SNHF

BIEN CHOISIR LES ESPÈCES ET LES VARIÉTÉS

Marie-Christine Daunay ⁽¹⁾, Richard Brand ⁽²⁾, Dominique Blancard ⁽³⁾

⁽¹⁾ Inra, Unité de Génétique et Amélioration des fruits et légumes, ⁽²⁾ Inra Geves,

⁽³⁾ Inra, UMR SAVE

Introduction

Le choix des espèces et variétés cultivées dans le jardin potager obéit surtout à la fantaisie du jardinier. La prise en compte de leur adaptation aux contraintes agro-climatiques et pathologiques locales est souvent secondaire. Or, en terme de résultats, cette adaptation du végétal à son environnement joue un rôle clef car une plante inadaptée sera souvent affaiblie et vulnérable, ce qui se manifestera par une moindre végétation, éventuellement par des symptômes d'origine physiologique ainsi que par une sensibilité accrue aux agents pathogènes et aux ravageurs.

Certaines espèces légumières se comportent relativement bien dans divers milieux, comme la laitue, la courgette, le navet, la betterave, le haricot. D'autres ont un potentiel adaptatif naturel limité, comme par exemple l'aubergine, le melon, la pastèque, qui ont besoin de températures chaudes pour se développer et fructifier correctement. Les pois, les chicorées, l'échalote préfèrent des températures fraîches. Pour répondre aux exigences technico-économiques de la filière légumes, la sélection variétale, assistée de diverses biotechnologies, diversifie l'adaptation de nombreuses espèces à différents milieux, modifie formes, tailles et couleurs des organes consommés, et introduit la résistance génétique naturelle aux principales maladies.

Les symptômes qui affectent les espèces légumières (flétrissement, nécroses, pourritures, déformations, etc.) prêtent à confusion car ils peuvent être d'origine physiologique (ex : désordres nutritionnels, phytotoxicité) ou parasitaire. Les maladies d'origine parasitaire sont causées soit par des agents pathogènes (champignons, bactéries, phytoplasmes, virus), soit par des ravageurs (nématodes, insectes, acariens). Parmi les méthodes possibles pour les contrôler, la lutte chimique est largement utilisée. Mais si les règles de précaution de base ne sont pas respectées (dose, gants, délai de récolte, etc.), elle présente l'inconvénient majeur d'une toxicité potentielle des matières actives pour leur utilisateur, pour le consommateur du produit traité, et pour l'environnement. Aussi dans le cadre du plan Ecophyto 2018, le recours à des méthodes alternatives ou complémentaires, dénuées de ces inconvénients, est-il encouragé.

L'objectif principal de cet article est d'informer le lecteur sur l'importance du choix des espèces, variétés, semences et plants pour cultiver un potager sain, que ce soit pour le bon état sanitaire des légumes ou pour l'usage minimum d'intrants

phytosanitaires. Afin de « planter le décor », nous donnerons tout d'abord un aperçu de la diversité des maladies au jardin et de la difficulté de leur diagnostic. Puis, nous illustrerons la nécessité de bien connaître l'identité et la biologie des agents pathogènes. Nous présenterons ensuite trois méthodes de lutte qui sont insuffisamment utilisées par les jardiniers, et en premier lieu l'utilisation de semences et plants sains. La résistance génétique aux principales maladies, sélectionnée dans les variétés modernes, est le deuxième atout majeur de la conduite d'un potager sain. Nous présenterons les principaux acquis de la sélection pour la tomate, le haricot et la laitue, en indiquant les variétés utilisées ou présentant un intérêt pour les jardiniers (en gras dans le texte). Nous terminerons par la troisième méthode, le greffage, qui permet de s'affranchir efficacement d'un certain nombre de contraintes liées au sol, en particulier des parasites telluriques.

Une grande diversité de « maladies » au jardin, difficiles à diagnostiquer

Les maladies des plantes, et donc des légumes, sont théoriquement classées en deux grands groupes : les **maladies non parasitaires**, physiologiques, ou abiotiques liées par exemple à une carence ou un excès d'un élément minéral, diverses erreurs culturales, des stress climatiques, et les **maladies parasitaires** ou biotiques consécutives aux attaques d'agents pathogènes variés (champignons, bactéries, phytoplasmes, virus, viroïdes, nématodes). A cela, il convient d'ajouter les dégâts d'innombrables ravageurs (insectes, acariens, animaux divers). Pour qui recherche des informations détaillées sur les maladies des plantes légumières, nous recommandons l'ouvrage de C.M. Messiaen et al. (1991, 3ème édition) qui dresse un panorama des maladies d'origine physiologique ou pathologique affectant les espèces légumières en milieu tempéré et tropical.

Le nombre de maladies connues chez les légumes est important et fluctue beaucoup d'une espèce à une autre. Approximativement 28 maladies parasitaires sont connues chez l'asperge, 35 chez le pois, 48 chez les salades, 56 chez le piment, 79 chez les Cucurbitacées, et plus de 280 chez la tomate. A titre anecdotique et pour illustrer la diversité d'une même catégorie d'agents pathogènes, les seuls virus des Solanacées ont fait l'objet d'un ouvrage de plus de 800 pages ! (Marchoux et al., 2008).

Qu'elles subissent une attaque parasitaire ou un stress abiotique, les plantes malades manifestent des symptômes variés (retard de croissance, chlorose, flétrissement, lésions nécrotiques, pourritures, déformations...) que de nombreux jardiniers ont tendance à nommer sans distinction « la maladie », bien que ce terme soit inapproprié, du fait de la multiplicité des causes possibles.

Aussi, l'étape du **diagnostic** au jardin est essentielle, car elle constitue un pré-requis indispensable au choix de la ou des méthodes de protection à mettre en place, qu'elles soient préventives (arrosage régulier, emploi de graines saines ou désinfectées, de plants sains et vigoureux au moment de la plantation, de variétés résistantes, de films protecteurs, de pièges, etc.), ou à vocation curative ou éradiquante (traitement phytosanitaire immédiat, élimination des plantes malades, etc.). Le diagnostic repose sur un faisceau d'informations intégrant, en plus de la nature et de la répartition des symptômes sur les plantes malades, la répartition spatiale et temporelle de ces dernières dans le jardin, mais aussi l'historique agro-climatique de la culture, l'identité de la variété, etc. Il faut retenir que les symptômes présents sur le couvert végétal sont rarement spécifiques d'un agent pathogène donné et sont insuffisants pour établir un diagnostic. D'autres observations sont nécessaires, en particulier sur les racines des plantes malades, au niveau du collet, de la tige et ses tissus vasculaires après avoir réalisé une section de cette dernière. Dans bien des cas, le recours à des méthodes de laboratoire (observations à la loupe binoculaire et/ou au microscope photonique, réalisation d'isolements *in vitro*, mise en œuvre de tests sérologiques ou moléculaires...) permet de préciser, si nécessaire, l'identification de l'agent pathogène. Des ouvrages aident les jardiniers à établir un diagnostic lorsqu'ils sont confrontés à des symptômes au potager, comme par exemple ceux édités par l'INRA sur les maladies de la tomate (Blancard, 2009), des cucurbitacées (Blancard et al., 1991), et les salades (Blancard et al., 2003). Signalons que ces informations sont rassemblées sous une forme interactive, illustrée et conviviale, sous le portail web INRA e-phytia (<http://ephytia.inra.fr>), accessible depuis un ordinateur, ou sur le terrain via un smartphone et l'application mobile Di@gnoplant.

Bien connaître la biologie des bio-agresseurs permet de mieux les contrôler

Les agents pathogènes des plantes sont des organismes variés, aux propriétés biologiques particulières qui influencent bien souvent le choix des méthodes de protection plus ou moins spécifiques qui seront employées. En effet, ces méthodes varient selon qu'il s'agit de **bio-agresseurs du sol** (telluriques), au sein desquels nous différencierons les microorganismes pouvant envahir les vaisseaux et perturber la circulation de sève (responsables des maladies dites vasculaires), et des **bio-agresseurs aériens**. Pour ces derniers, nous ferons la distinction entre les champignons et bactéries d'une part, et les phytoplasmes et virus d'autre part qui sont souvent transmis par des insectes vecteurs. Ces agents pathogènes

peuvent s'attaquer à tout ou partie des légumes au jardin. Certains parasitent certains organes (racines, collet, feuilles, fruits), d'autres plusieurs de ces organes à la fois, voire la plante entière. Ils peuvent être transmis par la graine ou par contact via les mains ou des outils souillés du jardinier [Tomato mosaic virus (ToMV) et *Clavibacter michiganensis* sub. sp. *michiganensis* sur tomate], d'autres par des insectes vecteurs [thrips et Tomato spotted wilt virus (TSWV) sur tomate et piment notamment], par les organes multipliés végétativement (divers virus sur pomme de terre, ail, échalote, artichaut, crosne du Japon, fraisier), plus rarement par des champignons ou des nématodes (parfois vecteurs de virus). Notons que les champignons sont dotés de structures (spores, zoospores, etc.) permettant une dissémination plus ou moins étendue ainsi que leur survie (sclérotés, oospores, etc.) dans le sol, l'eau ou l'air.

Le développement de ces agents pathogènes dépend à la fois des conditions de milieu qui doivent leur être favorables (température, humidité, type de sol, présence d'un abri, etc.), et de la réceptivité des plantes. Certains sont polyphages, c'est-à-dire qu'ils attaquent une large gamme d'espèces végétales, comme par exemple *Verticillium dahliae* (agent de la verticilliose), *Sclerotinia sclerotiorum* (du flétrissement des branches atteintes), *Botrytis cinerea* (moisissure grise), ou le de la mosaïque du concombre (CMV) capable d'infecter plus d'une centaine d'espèces, cultivées ou non. D'autres ont développé une spécificité d'hôte, c'est le cas par exemple de *Fusarium oxysporum* et de ses nombreuses formes spéciales connues par exemple sur tomate (f. sp. *lycopersici*), melon (f. sp. *melonis*), pois (f. sp. *pisii*), chou et navet (f. sp. *conglutinans*), radis (f. sp. *raphani*), etc. D'autres sont inféodés à une espèce donnée ou une gamme d'hôtes très restreinte, comme *Bremia lactucae* sur laitue ou *Passalora fulva*, agent de la cladosporiose sur tomate. Le degré de spécialisation parasitaire peut être particulièrement élevé dans le cas de races (ou souches ou pathotypes) capables d'infecter seulement certaines variétés d'une espèce légumière.

Outre les agents pathogènes, les plantes au jardin sont aussi attaquées par des ravageurs telluriques et aériens (insectes, acariens, nématodes, sans parler des limaces, escargots, lapins, campagnols et oiseaux) qui sont responsables de dégâts variés et dont les biologies particulières influenceront le choix des méthodes de protection à mettre en œuvre.

Les principales pathologies rencontrées sur solanacées, cucurbitacées et salades dans les jardins en France sont indiquées en Annexe 1.

Maîtrise des maladies au jardin: la complémentarité des méthodes de protection

Pour présenter les méthodes de protection, nous proposons de suivre les préconisations de C.M. Messiaen et al. (1991) qui recommandent d'agir sur quatre leviers pour contrôler les maladies :

- la modification des pratiques culturales (fertilisation, amendements, rotations, maîtrise de l'eau et du climat...)

afin qu'elles soient défavorables aux bio-agresseurs, qu'elles stimulent les antagonismes naturels, et qu'elles rendent les plantes-hôtes plus résistantes,

- la suppression de la transmission des bio-agresseurs par les semences et plants en utilisant des plants sains, obtenus par désinfection des semences, sélection sanitaire ou protection en pépinière,

- rendre les plantes plus résistantes, soit physiologiquement (endurcissement progressif) ou génétiquement (utilisation de variétés ou de porte-greffe résistants),

- utiliser la lutte directe à l'égard des bio-agresseurs par voie physique (voiles insectes-proof, paillage plastique, pièges), biologique (antagonisme, hyper-parasitisme, prémunition), et en dernier ressort chimique (pesticides).

L'intérêt relatif des principales méthodes de protection que l'on peut mettre en œuvre au jardin, ainsi que la séquence de leur emploi au cours de la culture, sont présentés dans le Tableau 1. Ce tableau montre que les méthodes proposées n'ont pas la même efficacité à l'égard de toutes les catégories de bio-agresseurs. Ainsi, on constate qu'il est difficile de contrôler le développement de certains agents pathogènes comme les phytoplasmes, les virus, et dans une moindre mesure, les bactéries. Il montre aussi la nécessité de cumuler le maximum de mesures et méthodes protectrices tout au long du cycle de production, pour contrôler efficacement les maladies au jardin. Nous conseillons fortement de mettre en œuvre toutes ces méthodes, mais aussi de ne pas oublier qu'une conduite culturale bien adaptée à chaque espèce légumière contribue à rendre les plantes moins sensibles aux attaques parasitaires. Les ouvrages de Chau & Foury (1994) et Péron (1999) fournissent des informations pratiques à ce sujet, ainsi que les ouvrages de Messiaen et Messiaen-Pagotto (2009) pour le potager méditerranéen, et Messiaen (1975) pour le potager tropical.

L'utilisation de semences et plants sains, l'intérêt des variétés sélectionnées pour la résistance aux maladies (et d'autres caractères) et du greffage seront les trois méthodes de lutte qui seront détaillées, car elles sont insuffisamment connues des jardiniers.

L'utilisation de semences et plants à l'état sanitaire garanti

Une semence contaminée, qu'elle soit une graine ou un plant issu de multiplication végétative (bulbille, bulbe, tubercule, œilleton, etc.), deviendra une plante contaminée qui manifestera ou non des symptômes selon l'agent pathogène et les conditions environnementales. Mais surtout, elle sera à l'origine de la contamination du sol, de nombreuses plantes du même jardin ou des jardins voisins, ceci via le vent, les insectes, des opérations culturales ou des échanges de plants entre jardiniers. Dans le cas des virus, certains induisent des symptômes, d'autres entraînent seulement une réduction de vigueur de la plante, on les appelle alors virus latents. La plantation de plants sains est donc une mesure importante. Rappelons que la production de semences saines est bien organisée en France, pour les semences vraies (graines) comme pour les plants issus de multiplication végétative.

La sélection sanitaire des semences vraies (graines sèches)

Les espèces à multiplication sexuée sont sujettes à la transmission de micro-organismes pathogènes, principalement de virus, bactéries ou champignons via les semences. La production de semences saines destinées aux professionnels implique les établissements et agriculteurs producteurs de semences. La filière commence par la production de plantes mères saines, puis par la sélection de porte-graines indemnes, puis la production de semences dans des conditions protégées et/ou dans des zones indemnes des bio-agresseurs concernés.

Parmi les agents pathogènes qui ont posé des problèmes phytosanitaires liés à leur transmission via les semences, on peut citer par exemple plusieurs virus :

- le Lettuce mosaic virus (LMV) chez la laitue, transmis aussi par les pucerons et hébergé par plusieurs espèces végétales. La sélection sanitaire via le choix de porte-graines indemnes de virus, produits en zone indemnes du virus et du vecteur, ajoutée à la tolérance génétique introduite par sélection dans les variétés, assure aujourd'hui la commercialisation de semences sans LMV.

- les Tobacco mosaic virus (TMV) et Tomato mosaic virus (ToMV) sur tomate qui ont été éradiqués dans les cultures d'Europe de l'Ouest et les jardins grâce à l'action conjuguée de la sélection sanitaire des porte-graines, de la création de variétés résistantes via l'introduction du gène *Tm-2²*, et de la désinfection des semences (chimique ou traitement à la chaleur). Cependant, ces virus ont été ré-introduits, de manière occasionnelle, du fait de l'adoption depuis quelques années de variétés anciennes dont les semences sont produites hors Europe et qui sont importées par des voies non contrôlées sanitaires.

- le Pepino mosaic virus (PepMV) sur tomate, pour lequel il n'existe aucune autre méthode de lutte. Ce virus demeure pour l'instant occasionnel en France (organisme de quarantaine).

La sélection sanitaire a également permis de réduire l'incidence de *Clavibacter michiganensis* chez la tomate, bactérie particulièrement agressive et qui, dès qu'une plante est contaminée, peut perdurer en culture et jardin pour de nombreuses années.

Parmi les champignons, *Colletotrichum lindemuthianum*, agent de l'antracnose du haricot, a vu sa transmission par les graines contrôlée grâce à un traitement fongicide des semences commerciales, ce qui permet de maintenir la culture de variétés sensibles à cette maladie.

La production de semences saines concerne aussi de nombreuses autres espèces légumières, et les jardiniers doivent garder à l'esprit que l'autoproduction de semences, sans précaution, peut être source de maladies.

La sélection sanitaire des organes multipliés végétativement

Les espèces à multiplication végétative sont particulièrement sujettes à la transmission de maladies, et la sélection sanitaire est efficace pour les contrôler, comme illustré dans les exemples ci-dessous.

Chez la pomme de terre, la sélection sanitaire par thermothérapie et cultures de méristèmes, a permis de mettre

à disposition des agriculteurs et des jardiniers, des plants indemnes de virus A (Potato virus Y, PVA), virus S (PVS), virus X (PVX), et virus Y (PVY), de nématodes dorés à kyste (*Globodera rostochiensis*), de bactéries ou champignons responsables de pourritures molles comme *Pectobacterium carotovorum* et *Ralstonia solanacearum* en zone tropicale, de la galle commune (*Streptomyces scabies*) et de la galle verruqueuse (*Synchytrium endobioticum*).

Chez l'ail et l'échalote, la sélection sanitaire par thérapie et cultures de méristèmes, ou même la sélection de plantes repérées indemnes (cas de Thermidrome et Messidrome) a permis de produire des semences indemnes de l'Onion yellow dwarf virus (OYDV), du Leek yellow stripe virus (LYSV), de bactéries et de nématodes. L'utilisation de semences saines d'ail en zone contaminée par l'OYDV (le sud de la France) permet un gain de rendement de 30%. Le problème est moins stratégique dans le nord de la France où les pucerons propagent peu l'OYDV et le LYSV, ce qui explique que les populations rurales aient conservé des clones relativement sains d'ail et d'échalote (ail du nord, échalote de Roscoff, du Nord).

Chez l'artichaut, la sélection sanitaire par cultures de méristèmes met à disposition des agriculteurs des plants indemnes du virus latent de l'artichaut (Artichoke latent virus, ALV) et du virus du flétrissement de la fève (Broad bean wilt virus, BBWV). Ces deux virus provoquent une baisse de rendement de 20 à 40%. Les plantes saines sont plus vigoureuses, plus précoces, à capitules plus gros et nombreux. Une filière de plants sains s'est mise en place en Bretagne. Les plants se re-contaminent en trois années.

Chez le fraisier, des voies similaires à celles utilisées pour l'ail et l'échalote mettent à disposition des plants indemnes de *Phytophthora cactorum* et *fragariae*, *Verticillium dahliae*, *Colletotrichum acutatum*, de l'agent de la chlorose marginale (*Candidatus phlomobacter fragariae* et phytoplasme du stolbur) et de la bactérie *Xanthomonas fragariae* et de plusieurs virus.

Résistances aux maladies et autres améliorations génétiques

Les espèces légumières qui font l'objet de travaux de sélection pour la résistance aux maladies sont indiquées dans le Tableau 2. Nous donnerons ici seulement trois exemples.

La tomate

Depuis plus de 50 ans, les sélectionneurs ont introduit avec succès dans les variétés de tomate de nombreuses résistances génétiques aux maladies. Un historique des améliorations génétiques successives de cette espèce est présenté en Annexe 2.

Les résistances ont été cumulées successivement dans les variétés de serre, avec tout d'abord la résistance à la verticilliose (gène Ve), à la fusariose vasculaire race 0 (gène I), race 1 (gène I-2), puis race 2 (gène I-3), aux nématodes à galles (gène Mi), au virus de la mosaïque du tabac TMV (gènes

Tm-1 et Tm-2D), puis à la cladosporiose (gènes Cf), à la pourriture des racines due à *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (gène Frl), à la stemphylliose (gène Sm), et à la maladie des racines liégeuses causée par *Pyrenochaeta lycopersici* (gène pyl de résistance partielle).

Les résistances au *Phytophthora infestans* (gène Ph-2), à la moucheture bactérienne (*Pseudomonas tomato*, gène Pto), et la résistance partielle au chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) ont été introduites dans les variétés de plein champ.

Les sélectionneurs font actuellement des efforts importants pour introduire des résistances aux oïdiums pour les cultures sous serre d'automne (*Leveillula taurica* -gène Lv- et *Oidium neolycopersici*, résistance oligogénique), ainsi qu'au TSWV agent de la maladie bronzée de la Tomate (gène Sw-5), fréquent dans les jardins comme en culture. Ils travaillent aussi à introduire la résistance au TYLCV (Tomato yellow leaf curl virus) et à de nouveaux virus. Des recherches sont aussi conduites sur la résistance au *Botrytis cinerea* et au virus de la mosaïque du concombre (CMV) et aux mineuses *Liriomyza* spp.

Les variétés leaders des cultures sous serre cumulent actuellement jusqu'à 12 gènes de résistance aux maladies. Garantie, destinée aux marchés de terroir et jardins, cumule la résistance à sept maladies.

La qualité gustative des fruits des variétés commerciales a souffert à la fois de la difficulté à éliminer de nombreux défauts associés aux gènes contrôlant la résistance à diverses maladies, et de la sélection volontaire pour la fermeté et la durée de conservation nécessaires à l'acheminement des fruits des zones de production vers les zones de consommation. Actuellement, les sélectionneurs travaillent activement à améliorer la qualité gustative des fruits.

Les exemples de variétés mises à la disposition des jardiniers (surlignées en gras dans l'Annexe 2) montrent que le progrès génétique leur est accessible, même si souvent il n'a pas été sélectionné pour les jardins. Des variétés attractives pour les jardiniers sont accessibles grâce au maintien de marchés professionnels de niche (hybrides de type Marmande/Raf en Espagne et au Portugal) ou grâce au développement de nouveaux types qu'il réclame (gros fruits anciens). Les jardiniers peuvent ainsi cultiver des variétés possédant diverses résistances, qui améliorent nettement la qualité sanitaire au jardin, notamment des résistances vis-à-vis des maladies du sol (verticilliose, fusariose, nématodes, maladie des racines liégeuses), des maladies du feuillage (résistance au mildiou, à la moucheture bactérienne et au chancre bactérien), ainsi qu'aux virus (TMV, TSWV).

La laitue

Les variétés anciennes sont issues d'un long processus de sélection par les communautés rurales, et présentent des avantages de vigueur, de bon développement racinaire, et de résistance au froid, comme Gotte, Feuille de Chêne, Rouge Grenobloise, Grosse Blonde paresseuse, Blonde maraîchère, Merveille des quatre saisons, Trocadéro et Frisée de Beauregard. Cependant elles sont sensibles aux maladies les plus communes.

La sélection moderne a permis de créer des variétés présentant une résistance (partielle) au LMV et à sa transmission par la semence, grâce à l'utilisation des gènes *mo 1-1*, puis *mo 1-2*. Ce virus sévit particulièrement en plein champ et dans les jardins. Dans les années 1990, des variétés résistantes (gène *Nr*) au type 0 du puceron du feuillage, *Nasonovia ribisnigri* ont été créées. Des recherches sont en cours pour élaborer des variétés résistantes au type 1 de ce puceron. Mais cette résistance est inefficace vis-à-vis du puceron vert, *Myzus spp.*

Le maraîcher professionnel dispose aussi aujourd'hui, pour une production estivale, de variétés résistantes au puceron des racines (*Pemphigus bursarius*), comme *Aljeav*, *Diola*, *Cegolaine*, *Claudius*, *Vierns*, etc. La résistance à la fusariose de certaines variétés contemporaines permet de contrôler ce champignon, qui pose problème surtout aux Etats-Unis, au Japon, en Allemagne et en Italie.

La résistance au *Bremia lactucae*, meunier ou mildiou de la laitue, très importante pour les maraîchers produisant sous serre en jours courts, humides et peu lumineux ou en plein champ de printemps et d'automne, est d'utilisation moins stratégique en jardins, d'une part parce que la maladie est plus occasionnelle (nombre réduit de plantes dans les jardins comparativement aux parcelles intensives des maraîchers avec de l'ordre de 80 000 plantes/ha), et d'autre part le *Bremia* a montré jusqu'ici une grande facilité de contournement des résistances introduites (plus de 27 gènes ou assemblages de gènes de résistance surmontés depuis 1965).

Les laitues se sont par ailleurs fortement diversifiées depuis 1995, après l'uniformité des culti-groupes *batavia* et *beurre* produits dans les années 1980. Ces résistances mentionnées ci-dessus sont maintenant également disponibles dans les culti-groupes « *Lollo rossa* », « *feuilles de chêne* », « *à feuilles épaisses* » (*grasses*, *sucrines*, *craquantes...*), « *romaines* », tout en maintenant les caractéristiques principales des variétés anciennes. Les jardiniers doivent être encouragés à cultiver cette nouvelle diversité créée pour les professionnels car elle est également intéressante pour eux, comme les types à *feuilles de chênes* semi pommantes, les *batavias* à *pomme anthocyanée*, les *iceberg*, les *romaines*, les *feuilles épaisses*, les *lollo rossa* et *bionda*.

Outre la résistance à certaines maladies, les variétés modernes à disposition des jardiniers sont également résistantes à la montaison et certaines sont peu sensibles à la nécrose marginale des feuilles, défaut physiologique qui affecte les laitues *beurre* et *batavia*. On peut citer en exemple *Pitice* (2008), *Bovary*, *Corany*, *Lobela*, *Barilla*, *Hungarina*, *Tourbillon* (2009).

Le haricot

Les populations et variétés anciennes, sélectionnées il y a plus d'un siècle, sont sensibles aux maladies les plus communes: de *Soissons* (17^{ème} siècle), *Coco de Prague marbré* (18^{ème} siècle), *Chevrier* (1878), *Coco paimpolais*, *Fin de Bagnols*, *Haricot d'Alger* (1840), *Lingot*, *Tarbais*, *Triomphe de Farcy*, *Phénomène*, de *Bagnolet*, etc. Issues d'un long processus de sélection par les communautés rurales, elles présentent des avantages de vigueur, de développement racinaire, et de résistance au froid ou à la chaleur.

Des avancées significatives, pour le professionnel comme pour les jardiniers, ont été obtenues par la sélection moderne comme la suppression du fil et du parchemin dans la gousse et la croissance à basse température, particulièrement utile pour les semis précoces au jardin et qui contribue aussi à réduire le taux de semences pourrissant en terre.

Parmi les variétés des années 1960-1970, certaines sont particulièrement intéressantes pour les jardiniers comme celles qui résistent au virus 1 de la mosaïque commune (*Bean common mosaic virus*, *BCMV*), depuis l'introduction de la variété américaine *Processor*. Cette résistance est stable. La résistance à la maladie des taches noires sur gousses ou anthracnose causée par *Colletotrichum lindemuthianum*, contrôlée par le gène *Are*, est utilisée depuis une cinquantaine d'années. Quelques souches contournent cette résistance mais elles sont peu virulentes en France.

A partir des années 1980, des variétés résistantes aux graisses de la gousse et du feuillage (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseicola*, *Xanthomonas phaseoli*), et au virus de la mosaïque jaune (*Bean yellow mosaic virus*, *BYMV*) ont été créées.

Le greffage

Le greffage est une manière élégante et efficace de s'affranchir des problèmes liés à des caractéristiques du sol (température trop froide ou salinité excessive) et aux bio agresseurs telluriques, que la variété cultivée ne supporterait pas. Pour qui s'intéresse particulièrement au greffage chez les plantes herbacées, on peut recommander l'article de *Jung-Myung Lee & Masayuki Oda* (2003) sur les techniques de greffage, et qui présente des exemples détaillés de l'utilisation de cette technique, ainsi que l'article de *Jung-Myung Lee* (2003) sur le greffage des plantes légumières.

Cette technique est surtout développée pour la production de solanacées et de cucurbitacées. Depuis l'interdiction récente du fumigant du sol le plus performant et le plus usité, le bromure de méthyle, les sélectionneurs ont intensifié leurs recherches sur les porte-greffe afin de trouver des alternatives. Le greffage augmente considérablement le coût du plant, aussi est-il en général réservé aux productions intensives, bien que l'on trouve de plus en plus souvent des plants greffés en jardinerie. La technique est généralement mise en œuvre par les pépiniéristes qui vendent du plant greffé. Les jardiniers amateurs peuvent s'y essayer, avec un succès qui dépendra de leur capacité à élever greffons et porte-greffe, de leur maîtrise de la procédure de greffage et des conditions climatiques favorables à la soudure de la greffe.

La tomate et l'aubergine sont couramment greffées soit sur tomates, soit sur des hybrides interspécifiques tomate x *Lycopersicon hirsutum* (espèce sauvage de tomate) qui possèdent les gènes de résistance aux principaux agents pathogènes et ravageurs du sol qui les affectent, comme *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Pyrenochaeta lycopersici*, ainsi que les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Ces porte-greffe sont également généralement résistants aux virus *TMV* et *ToMV*. On trouve dans *Blancard* (2009) une liste des porte-greffe les

plus courants comme KNVF, Brigéor, Beaufort, Maxifort et d'autres. *Solanum torvum* est également utilisé en Europe du Sud, quoique son usage soit plus limité car cette espèce tropicale pousse mal en conditions froides. Les articles de Beyries (1974) et Ginoux & Laterrot (1991) sont toujours d'actualité, en ce qui concerne les jardiniers amateurs.

Chez les cucurbitacées, ce sont surtout le concombre et le melon qui sont greffés. En France, le concombre cultivé en pleine terre peut être greffé sur *Cucurbita ficifolia* car cette espèce possède des résistances à de nombreuses maladies du sol. Les hybrides interspécifiques *Cucurbita moschata* x *C. maxima* sont intéressants pour le melon du fait de leur bonne croissance en sol assez froid et de leur résistance à certaines races de *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. Des variétés de melon satisfaisantes pour le goût peuvent également être greffées sur des variétés de melon résistantes à diverses maladies du sol, notamment à la Fusariose, mais ne présentant pas de qualité gustative suffisante pour être cultivées comme variétés. Le Benincasa a été utilisé par le passé, mais son besoin de températures chaudes limite son emploi.

Conclusions

La culture de légumes sains, au sens indemnes de maladies et non contaminés par des molécules phytosanitaires diverses, fait appel à la mise en œuvre, tout au long de la culture, d'un ensemble de pratiques de protection complémentaires.

L'utilisation de semences et plants sains est un préalable important. Des progrès sont à faire au niveau de l'accessibilité de ce matériel aux jardiniers, car les circuits de distribution sont organisés pour la filière professionnelle et beaucoup moins pour la filière amateur.

Le choix des espèces adaptées aux conditions locales de culture, et le choix des variétés pour leur rusticité, leur vigueur, leur résistance à certaines maladies, est également une composante importante de la protection des cultures. Le charme, aux yeux des jardiniers, des variétés anciennes ne doit pas leur faire oublier que la sélection moderne a été et est très innovante, notamment pour l'introduction de résistances génétiques à un nombre toujours croissant de maladies (Tableau 2), et pour l'amélioration de nombreux autres caractères, que ce soit la qualité du produit consommé (ex : qualité de la gousse chez le haricot), l'amélioration du comportement en culture (ex : croissance au froid chez le haricot, résistance à la montaison chez la laitue) ou la diversification des types cultivés (ex : tomate, laitue). Ces améliorations, et en particulier la résistance aux maladies les plus fréquentes et dommageables, permettent de cultiver maintenant de nombreuses espèces légumières avec un minimum d'intrants phytosanitaires, et les jardiniers doivent prendre conscience de l'utilité de ce matériel moderne pour leur propre usage.

Si les sélectionneurs travaillent surtout pour le marché professionnel, un nombre non négligeable de nouvelles variétés sont aussi accessibles au secteur des amateurs. Mais il est nécessaire que les distributeurs de semences fassent mieux connaître et commercialisent de manière plus dyna-

mique et informative les variétés modernes présentant un intérêt pour les jardiniers, notamment celles qui sont résistantes aux maladies les plus communes du jardin.

Le greffage sur porte-greffe adéquat, est une technique qui permet de s'affranchir des contraintes liées au sol, que ce soient la présence de bio-agresseurs attaquant les racines et le collet, ou des conditions abiotiques limitantes comme un sol froid. Là encore, le secteur de la distribution doit améliorer la lisibilité du matériel vendu, en précisant le nom du porte-greffe, ses propriétés, ainsi que le nom de la variété utilisée en greffon.

Nous avons insisté dans cet article sur l'intérêt de l'utilisation au jardin de semences saines, du recours à des variétés résistantes aux principales maladies, et du greffage, car ce sont trois ressources importantes pour limiter les traitements phytosanitaires et parce qu'elles sont insuffisamment utilisées par des jardiniers. Ces méthodes s'inscrivent dans un ensemble plus large de procédés à mettre en œuvre en cours de culture (Tableau 1). D'autres procédés complémentaires ne doivent pas être négligés comme le fil de cuivre dans les pieds de tomate (protection contre le mildiou causé par *Phytophthora infestans*), les nichoirs à coccinelles, l'utilisation de plantes limitant l'incidence des nématodes (œillet d'Inde entre les plants de tomate), les cultures intercalaires qui diminuent le potentiel parasitaire du sol (radis fourrager, etc.), etc.

Du fait de la disponibilité et de la motivation des jardiniers, et du fait de la diversité des espèces légumières, parfois ornementales et fruitières qui y sont cultivées, le jardin est le lieu idéal où l'on peut tirer partie à la fois des progrès des techniques et de la sélection, et de l'ensemble des synergies et antagonismes naturels.

Remerciements

Les auteurs remercient P. Bechelly, F. Boulineau, V. Cadot, P. Coquin, C. Dirwimmer, H. Michel, J.M. Retailleau (GEVES Angers et Brion, 49), H. Laterrot, B. Maisonneuve, A. Palloix, M. Pitrat (INRA, Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes, Montfavet, 84), L. Till (GNIS), M. Majde (Gautier Semences), Ph. Verschave & G. Simon (Vilmorin) pour avoir fourni des informations et/ou accepté de procéder à une lecture critique partielle ou totale de cet article, ainsi que S. Perrot (SNES, Angers) pour avoir fourni des photos utilisées lors de la présentation orale de cet article.

Pour en savoir plus ...

- Beyries A., 1974. Le greffage des solanacées maraîchères. *Pépiniéristes, Horticulteurs, Maraîchers* n°152 : 27-32.
- Blancard D., 2009. Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser. Ed. Quae : 690p.
- Blancard D., Lot H., Maisonneuve B., 2003. Maladies des salades. Ed. Quae : 390p. et livre électronique.
- Blancard D., Lecoq H., Pitrat M., 1991. Maladies des cucurbitacées : observer, identifier, lutter. Ed. Quae : 300p.
- Chaux C., Foury C., 1994. Les Productions légumières. Vol. 1 : Généralités, Vol. 2. Légumes feuilles, tiges, fleurs, racines, bulbes, Vol. 3: Légumineuses potagères, légumes fruits. Collection Agriculture d'aujourd'hui, Ed. Lavoisier Tec & doc, Paris, 1746 p.
- Daunay M.C., 2009. Cultivars hybrides chez les espèces légumières. *Le Sélectionneur Français* 60 : 73-90.
- Doré C., Varoquaux F. (Coord.), 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA : 812p.
- Ginoux G., Laterrot H., 1991. Greffage de l'aubergine : réflexions sur le choix du porte-greffe. *P.H.M. Revue Horticole* n°321: 49-54.
- Jung-Myung Lee, 2003. Advances in vegetable grafting. *Chronica Horticulturae* 43(2): 13-19.
- Jung-Myung Lee, Masayuki Oda, 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews* 28: 61-124.
- Marchoux G., Gognalons P., Gébré-Sélassié K. (Coord.) 2008. Virus des solanacées: du génome viral à la protection des cultures. Collection Synthèses, Ed. Quae : 843p.
- Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F., Lafon R., 1991. Les maladies des plantes maraîchères. 3ème éd., Ed. INRA : 568 p.
- Messiaen C.M., 1975. Le Potager tropical. Vol. 1. Généralités, Vol. 2. Cultures spéciales, Vol. 3. Cultures spéciales. Collection Techniques vivantes, Ed. Presses Universitaires de France.
- Messiaen C.M., Messiaen-Pagotto F., 2009. Le potager familial méditerranéen. Collection Guide pratique, Ed. Quae:192 p.
- Péron J.Y., 1999. Productions légumières. Ed. Synthèses agricoles, Bordeaux:575 p. 2de éd. Lavoisier, 2008.
- Pitrat M., Foury C. (coord.), 2003. Histoires de Légumes, Ed. INRA, Versailles, France : 412p.
- Roch G., Bouchet J.P., Sage-Palloix A.M., Daunay M.C., 2010. Public and commercial collections of heirloom eggplant and pepper: a case study. In *Advances in genetics and breeding of Capsicum and eggplant*, J. Prohens, A. Rodríguez-Burrero (Sc. Eds), Ed. Universitat Politècnica de València, València, Spain: 77-88.

Tableau 1. Niveau d'intérêt des principales méthodes de protection mises en œuvre chronologiquement (plein champ et sous abris) pour contrôler les catégories majeures d'agents pathogènes se manifestant au jardin.

Principales méthodes et mesures de protection	Bactéries et champignons aériens	Champignons et nématodes telluriques	Champignons et bactéries vasculaires	Phytoplasmes	Virus à «vecteurs aériens»
Réaliser des rotations culturales (céréales, engrais vert, sorgho, plantes non hôtes)	+/- à ++	+ à ++	+ à ++	0 à +/-	+/-
Éviter la proximité de cultures déjà affectées ou sensibles	+ à ++	+/-	+/-	+	+ à ++
Niveler sol ou drainer	+	++	+	0	0
Désinfecter le sol (solarisation, biodésinfection)	+/-	+/- à ++ (en fonction des méthodes et des champignons ou des nématodes)	+/- à +	0	0
Nettoyer le matériel de culture et de récolte	+	++	+ à ++	0	0
Utiliser un paillage plastique	0 à +/-	0 à + (certains champignons)	0	0	+/- à +
Utiliser des semences saines ou testées indemnes de contaminations	++	0	0 ++	0	0
Utiliser des variétés ou des porte-greffe résistants	Voir Tableau 2			0	Voir Tableau 2
Vérifier la qualité sanitaire des plants	+ à ++	++	+	0	++
Couvrir les plantes avec un filet étanche aux insectes	0	0	0	++	++
Maîtriser la fertilisation, notamment azotée	+	+/-	+	0	0
Éviter les excès d'eau dans le sol	+	+/- à ++	+/- à ++ (bactéries)	0	0
Arroser plutôt dans la matinée afin que les plantes sèchent rapidement	++	0	0	0	0
Éviter les irrigations par aspersion	++	0 à +/-	+/- à +	0	0
Utiliser une eau saine	+/-	+ à ++	+/- à +	0	0
Aérer les abris	++	0	0	0	0
Éliminer les mauvaises herbes (culture et abords)	+/- (certains champignons)	+/- (certains champignons)	0 à +/- (certains champignons)	++	+
Éliminer les premières plantes malades	+	0	0 à ++	+/-	+
Établir une zone de quarantaine	+/-	0	0 à ++	0	0
Éliminer les débris végétaux (en cours et en fin de culture)	++	++	++	0	+/-
Ne pas travailler lorsque les plantes sont humides	++	0	0 à +	0	0
Mettre en œuvre une protection chimique directe	+/- à ++	+/- à ++	+/- à +	0	0
Utiliser un modèle de prévision de risque	+	0	0	0	0
	(champignons)				
Mettre en œuvre une protection chimique anti-vecteur	0	0	0	+/-	0 à + (en fonction des vecteurs et des virus)
Utiliser des méthodes non conventionnelles (biopesticides, SDN...)	Possible	Possible	Possible	0	0

0 : mesure sans intérêt ; +/- : mesure à intérêt limité ; + : mesure recommandable ; ++ : mesure indispensable.
SDN : système de défense naturel

Tableau 2. Liste des bio-agresseurs vis-à-vis desquels des variétés résistantes sont sélectionnées.

- en noir les bio-agresseurs rencontrés dans les jardins en France,

- en gris les bio-agresseurs normalement sans incidence dans les jardins

- R : existence d'une à plusieurs races connues pour contourner le ou les gènes introduits chez l'espèce concernée

Espèce légumière	Champignons du sol provoquant des maladies vasculaires	Autres champignons	bactéries	virus	ravageurs
Tomate	- <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> (R) - <i>Verticillium dahliae</i> (R) - <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>	- <i>Alternaria solani</i> , - <i>Leveillula taurica</i> , - <i>Oidium lycopersicum</i> - <i>Phytophthora infestans</i> - <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> - <i>Stemphylium</i> spp. - <i>Passalora fulva</i> (R)	- <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> (quarantaine) - <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> - <i>Ralstonia solanacearum</i>	- <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV) (R) - <i>Tomato spotted wilt virus</i> (TSWV) (quarantaine) - <i>Potato virus Y</i> (PVY) - <i>Tomato yellow leaf curl</i> (TYLCV) (quarantaine)	- <i>Meloidogyne incognita</i> - <i>Liriomyza</i> spp.
Piment		- <i>Leveillula taurica</i> , - <i>Phytophthora capsici</i>	- <i>Xanthomonas vesicatoria</i> (quarantaine)	- <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV) - <i>Potato virus Y</i> (PVY) (R) - <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV) (R) - <i>Tomato spotted wilt virus</i> (R) (TSWV) (quarantaine) - <i>Tobacco etch virus</i> (TEV) - <i>Pepper mild mottle virus</i> (PMMV) (R)	
Concombre, cornichon		- <i>Cladosporium cucumerinum</i> - <i>Golovinomyces cichoracearum</i> - <i>Podosphaera fuliginea</i> - <i>Pseudoperonospora cubensis</i> - <i>Corynespora melonis</i>		- <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV) - <i>Cucumber vein yellowing virus</i> (CVYV) (quarantaine)	
Melon	- <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (R)	- <i>Golovinomyces cichoracearum</i> (R) - <i>Podosphaera fuliginea</i> (R) - <i>Pseudoperonospora cubensis</i>		- <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV) - <i>Melon necrotic spot virus</i> (MNSV) - <i>Papaya ringspot virus</i> (PRSV) - <i>Watermelon mosaic virus</i> (WMV) - <i>Zucchini mosaic virus</i> (ZYMV)	- <i>Aphis gossypii</i>
Courgette		- <i>Golovinomyces cichoracearum</i> - <i>Podosphaera fuliginea</i>		- <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV) - <i>Watermelon mosaic virus</i> (WMV) - <i>Zucchini mosaic virus</i> (ZYMV)	
Pastèque	- <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i> (R)	- <i>Colletotrichum lagenarium</i>			

Espèce légumière	Champignons du sol provoquant des maladies vasculaires	Autres champignons	bactéries	virus	ravageurs
Haricot		- <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> (R) - <i>Fusarium solani</i> - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> - <i>Phoma exigua</i>	- <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> (R) - <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (quarantaine)	- <i>Bean common mosaic virus</i> (BCMV) = virus 1 - <i>Bean yellow mosaic virus</i> (BYMV) = virus 2	
Pois	- <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> (R)	- <i>Ascochyta pisi</i> (R) - <i>Botrytis cinerea</i> - <i>Erysiphe polygoni</i> f. sp. <i>Pisi</i> - <i>Mycosphaerella pinodes</i>	- <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>pisi</i> (R)	- <i>Pea enation mosaic virus</i> (PEMV) - <i>Pea seed-borne mosaic virus</i> (PSbMV) - <i>Bean leafroll virus</i> (BLRV) - <i>Bean yellow mosaic virus</i> (BYMV)	
Laitue		- <i>Botrytis cinerea</i> , - <i>Bremia lactucae</i> (R) - <i>Rhizoctonia solani</i> - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		- <i>Beet western yellow virus</i> (BWYV) - <i>Cucumber mosaic virus</i> (C MV) - <i>Lettuce mosaic virus</i> (LMV) (R) - <i>Tomato spotted wilt virus</i> (T S W V) (quarantaine) - <i>Turnip Mosaic Virus</i> (TuMV) - <i>Lettuce ring necrosis agent</i> (LRNA) = maladie des taches orangées - <i>Lettuce big vein virus</i> (LBVV) et <i>Mirafiori lettuce virus</i> (MiLV) - <i>Tomato Black Ring virus</i> (TBRV)	- <i>Nasonovia ribisnigri</i> (puceron) - <i>Pemphigus bursarius</i> (pucerons des racines)
Carotte		- <i>Alternaria dauci</i> - <i>Erysiphe heraclei</i> et <i>E. polygoni</i> - <i>Pythium violae</i>			
Céleri		- <i>Cercospora apii</i>			
Chou, navet	- <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>conglutinans</i>	- <i>Peronospora brassicae</i> - <i>Plasmodiophora brassicae</i>	- <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>		
Radis	- <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i> (R)	- <i>Albugo candida</i> - <i>Peronospora parasitica</i>			
Epinard		- <i>Peronospora farinosa</i> (R)		- <i>Cucumber mosaic virus</i> (C MV)	
Mâche		- <i>Peronospora valerianella</i> (R)			
Fraisier	- <i>Verticillium dahliae</i>	- <i>Colletotrichum acutatum</i> (quarantaine) - <i>Phytophthora cactorum</i> - <i>Phytophthora fragariae</i>			

Encadré 1

La résistance génétique des plantes aux maladies

Les plantes cultivées sont généralement plus sensibles aux maladies que les espèces sauvages auxquelles elles sont apparentées, mais selon les espèces légumières, les résistances se trouvent dans les espèces sauvages (cas de la tomate) ou dans la diversité génétique de l'espèce cultivée (cas du melon). La résistance aux maladies fait partie des mécanismes de défense développés par les plantes pour se protéger des attaques parasitaires. Ces **mécanismes** peuvent être passifs, comme par exemple les barrières protectrices externes (cuticule recouvrant les organes aériens, paroi pecto-cellulosique des cellules végétales). Ils peuvent être actifs, et impliquer la reconnaissance par la plante de l'agresseur via un dialogue moléculaire, puis le déclenchement de réponses métaboliques. Ces résistances, dites induites, aboutissent à la production par la plante de diverses molécules, certaines présentant des propriétés anti-microbiennes (phytoalexines, radicaux anti-oxydants), d'autres, comme de nombreuses protéines, contribuent à la mise en place d'une cascade d'événements métaboliques rapides dont l'aboutissement final, en cas de résistance, est le blocage complet ou partiel du développement de l'agent pathogène. Les mécanismes de défense peuvent être spécifiques d'un agent pathogène ou d'une race donnée (cas de nombreux gènes de résistance), mais ils peuvent aussi être communs à plusieurs agents pathogènes. La connaissance des mécanismes de résistance a beaucoup progressé depuis une vingtaine d'années, et révèle la complexité des mécanismes en jeu.

L'**efficacité** d'une résistance génétique dépend de la combinaison de son **niveau d'expression** (résistance partielle ou totale), et de la **durabilité** (stabilité) de son efficacité au cours du temps. Cette dernière dépend de plusieurs facteurs, en particulier de la rapidité d'apparition de nouveaux pathotypes chez l'agent pathogène, sous la pression de sélection exercée par la culture d'une variété résistante. La probabilité de contournement de la résistance par l'agent pathogène dépend de la biologie de ce dernier, en particulier de son mode de reproduction (sexuée, végétative ou mixte), et de son échelle de dispersion.

Dans l'histoire des résistances aux maladies des espèces légumières, les **résistances de haut niveau, voire totales**, et contrôlées par un seul gène sont celles qui ont été le plus sélectionnées, ceci avec une durabilité variable en culture. Ainsi certaines résistances ont fait preuve d'une durabilité remarquable, comme la résistance du haricot à l'anthracnose (gène *Are*), la résistance de la tomate à *Verticillium dahliae* (gène *Ve*) et à *Meloidogyne incognita* (gène *Mi*) ou la résistance du melon à la fusariose vasculaire (gènes *Fom-1* et *Fom-2*) déployées depuis plus de 40 ans. D'autres au contraire sont contournés plus ou moins rapidement par de nouvelles races de l'agent pathogène. C'est par exemple le cas de nombreux gènes de résistance de la laitue contournés par de nouvelles races de *Bremia lactucae*. Dans le cas de contournements rapides de résistances monogéniques (contrôlées par un seul gène), les sélectionneurs opposent diverses stratégies, comme le déploiement de nouveaux gènes, et/ou le cumul de plusieurs gènes (de préférence pas encore contournés). Dans le cas de la laitue, une partie seulement des nombreux gènes de résistance au *Bremia* est utilisée, en association de 2 ou 3 gènes. Dans le cas de la cladosporiose de la tomate, les sélectionneurs n'utilisent plus les gènes facilement contournés et se servent actuellement surtout des gènes *Cf-6* et *Cf-9* qui contrôlent efficacement depuis une vingtaine d'années les races les plus communes.

Les **résistances partielles** limitent ou ralentissent le développement de la maladie. Leur contrôle génétique est simple (un gène) ou complexe (plusieurs gènes ayant chacun un effet faible). Elles exerceraient une moindre pression de sélection sur l'agent pathogène concerné, et sont considérées comme généralement plus stables que les résistances monogéniques conférant une résistance de haut niveau ou totale. Plus difficiles à sélectionner, elles ont jusqu'à présent surtout été utilisées à défaut de disposer de résistances de haut niveau. C'est le cas par exemple de la résistance de la tomate à *Phytophthora infestans* (gène *Ph-2*), à *Pyrenochaeta lycopersici* (gène *Pyl*), au chancre bactérien causé par *Clavibacter michiganensis* (contrôle polygénique), au *Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV (contrôle oligogénique), ou la résistance du piment à *Phytophthora capsici* ou au virus de la mosaïque du concombre (résistances polygéniques). Le niveau d'efficacité des résistances partielles peut être amélioré en recombinaison par sélection les facteurs génétiques contrôlant la résistance partielle de plusieurs gènes.

La stratégie consistant à combiner un gène contrôlant une résistance de haut niveau et les gènes contrôlant une résistance partielle peut en théorie permettre de consolider la résistance vis-à-vis d'un agent pathogène donné. Elle nécessite des outils (marqueurs moléculaires) et des connaissances (génétique de la résistance) encore rarement à disposition des sélectionneurs. Par contre, dans des variétés populations locales, on peut rencontrer ce type d'association qui a été sélectionné, sur le terrain et une longue échelle de temps, par les agriculteurs.

La **tolérance** est un troisième type de comportement avec des plantes qui manifestent peu de symptômes et dont le rendement demeure correct malgré l'attaque parasitaire. A la différence de la résistance partielle, de haut niveau ou totale, la tolérance n'a pas d'effet sur le développement de l'agent pathogène. Cependant dans la pratique, le terme «tolérance» est souvent utilisé improprement et désigne une variété d'interactions plante x bio-agresseur plus large que la définition stricte du terme.

Encadré 2

La sélection de variétés de légumes: résistance aux maladies et autres caractères

L'intensité de la sélection au sens large peut être mesurée indirectement par le nombre de variétés inscrites au catalogue européen ou au catalogue officiel français. Ainsi par exemple, pour la laitue 2045 variétés étaient inscrites en 2010 au catalogue européen, 3324 pour la tomate, 1929 pour le piment, 1082 pour le haricot, 1000 pour le melon, 966 pour l'oignon et l'échallion, 866 pour le concombre, 817 pour le pois et 800 pour le chou-fleur. *A contrario*, des espèces beaucoup moins sélectionnées ont des effectifs faibles au catalogue européen, par exemple l'artichaut (30 variétés), le chou frisé (45), l'asperge (79), et le chou chinois (93).

Les sélectionneurs font depuis plusieurs décennies un effort particulier de sélection pour la résistance génétique aux agents pathogènes. La résistance vis-à-vis de 83 bio-agresseurs et leurs différentes races, soit plus de 100 couples hôte/parasite, fait l'objet de travaux de sélection de routine en France. Ces travaux concernent 16 espèces légumières, et de manière particulièrement intense tomate, piment (poivron), concombre-cornichon, melon, courgette, épinard, haricot, pois, laitue, mâche et épinard. Des travaux importants sont aussi conduits en Asie chez les légumes sub-tropicaux, non cultivés en Europe.

La procédure d'inscription au catalogue français, basée sur l'examen dit DHS (Distinction, Homogénéité, Stabilité) inclut la déclaration de résistance par l'obteneur, puis la vérification en conditions contrôlées, de la/des résistance(s) des variétés déposées. Les variétés commerciales associent souvent des résistances à plusieurs maladies. Le Tableau 2 répertorie les agents pathogènes vis-à-vis desquels la sélection est active et dont un certain nombre seulement sévissent dans les jardins (en noir dans le tableau). Les variétés, sélectionnées pour le marché professionnel sont aussi à la disposition des jardiniers, qui doivent être encouragés à les adopter en choisissant les caractéristiques qui leur sont nécessaires comme par exemple la résistance à l'anthracnose et au virus 1 chez le haricot, ou la résistance au virus de la mosaïque chez la laitue. Ce choix doit être fait avec discernement car de nombreuses résistances ne sont utiles que pour des conditions de culture particulières à la production intensive, parfois délocalisée, comme la résistance de la tomate à la cladosporiose et à l'oïdium nécessaires en cultures sous serre, la résistance du melon à la race 1-2 de *Fusarium oxysporum* indispensable dans certains sols du sud-ouest, ou la résistance au TYLCV nécessaire seulement pour la culture de la tomate dans les pays où ce virus est présent (agent de quarantaine en France).

Les sélectionneurs travaillent aussi à améliorer de nombreux autres caractères, comme la résistance au froid, la précocité, la qualité des organes récoltés, etc. Certains de ces caractères ne présentent pas d'intérêt pour les jardiniers, comme la fermeté des fruits de tomate ou de fraise nécessaire au transport sur de longues distances.

Une part importante du matériel inscrit au catalogue français est malheureusement peu accessible aux jardiniers amateurs car le circuit de distribution est dirigé principalement vers le marché professionnel. Des sociétés comme Vilmorin, Clause-Tezier, Gautier et d'autres, offrent aussi des variétés récentes au marché amateur. Le matériel accessible aux jardiniers se trouve aussi dans des catalogues commerciaux qui leur sont plus particulièrement destinés (Germinance, Graines Baumaux, Ducretet, Graines Girerd, Ferme de Ste Marthe, Le Biau Germe, Voltz, etc.). De l'ordre de 250 variétés du domaine public sont inscrites dans le catalogue officiel en listes a ou b (ex: poireau de Carentan, chicorée géante maraîchère, etc.), et un nombre équivalent de variétés est inscrit dans le registre des variétés anciennes pour jardiniers amateurs, qui est une annexe du catalogue officiel, ouverte en 1996. Ce registre devrait devenir la future liste européenne des variétés dites « sans valeur intrinsèque ». Les plus grands nombres de variétés offertes concernent la tomate (84 variétés en 2008), le potiron (27 variétés) et la courgette (26 variétés), suivies des haricots nains et à rames (17 variétés), la laitue (20 variétés), et le melon (15 variétés). Dans la gamme variétale destinée aux amateurs, il existe un choix de variétés résistantes à diverses maladies, mais les résistances sont surtout disponibles dans les variétés récentes, les variétés anciennes étant généralement sensibles.

Encadré 3

Choisir aussi ses variétés en fonction de la vigueur et des « tolérances »

Chez un certain nombre d'espèces quand aucune résistance génétique n'a été mise en évidence ou quand son intérêt est trop réduit (cas de l'ail, artichaut-cardon, asperge, betterave, ciboulette, cive, chicorées, échalote, fenouil, fève, lentille, persil, poireau, poirée, pois chiche, potiron, rhubarbe, scorsonère), il existe des culti-groupes ou variétés qui présentent des résistances partielles ou tolérances qui présentent un intérêt sur le terrain, et donc pour les jardiniers. De plus, en utilisant des variétés choisies pour leur vigueur végétative ou racinaire, pour leur précocité ou tardivité, les plantes peuvent échapper à des problèmes sanitaires ou de reprise.

Chez l'oignon, les variétés à feuillage clair, vigoureux, à chair jaune ou rouge, des groupes italiens (Parme), espagnol (Espagnol, Bronzé d'Amposta), méditerranéens (Des Cévennes), ou les variétés qui ont dans leur généalogie ces parents (matériel américano-espagnol de jours intermédiaires) présentent une remarquable tolérance aux thrips, ce qui permet de les produire sans insecticide. Alors que les variétés de jours plus longs (populations françaises de Roscoff, jaune paille des Vertus, Brunswick, etc.), les populations néerlandaises de type Rinjsburger, les variétés américaines de jours longs) sont très sensibles.

La cive ou ciboulette (*Allium fistulosum* L.) et la **ciboulette** sont des espèces qui ne nécessitent pas de traitements particuliers alors que l'oignon présente une plus grande sensibilité aux parasites.

Chez le concombre et le cornichon, les variétés populations anciennes comme le Vert long de Chine montrent en général un meilleur comportement en plein champ que les variétés modernes sans gènes de résistance aux virus.

Chez le fraisier, les sélectionneurs se sont appliqués à créer des variétés ayant un bon comportement vis-à-vis de l'oïdium *Podosphaera macularis*, de *Botrytis cinerea*, et plus récemment de *Phytophthora cactorum* (résistances partielles à la maladie du cœur rouge du rhizome), et *Colletotrichum acutatum* (anthracnose).

Chez l'artichaut, les sélectionneurs ont intégré dans la sélection clonale l'élimination des clones très sensibles au mildiou – une race particulière de *Bremia lactucae*.

Chez les piments (poivrons), bien qu'il existe de nombreuses variétés résistantes aux maladies, on doit mentionner l'existence de variétés vigoureuses, à système racinaire important, qui permettent de compenser la sensibilité au froid dans certaines zones climatiques, ou les fragilités racinaires à des complexes de champignons (*Pythium*, *Colletotrichum*, ...). Ainsi de vieilles variétés comme le Piment de Bresse, sélectionné pour des zones un peu froides, ou le Poivron d'Alger, Majister à très gros fruits présentent-elles des vigueurs et des calibres qui leur permettent de se comporter correctement dans l'environnement plus difficile de certains jardins.

Encadré 4

Des variétés de laitue pour les jardiniers

- **Appia** (1974), d'une rusticité appréciée.
- **Divina** (1984), laitue beurre, résistante au LMV et au *Bremia*, très cultivée en France.
- **Sierra** (1989), batavia rouge du type Merveille d'été.
- **Cardinale** (1997), romaine, combinant tolérance au LMV et résistance à la montaison.
- **Grenadine** (2003), feuille de chêne au feuillage rouge montrant un large spectre de résistance au *Bremia* (races 1 à 26).
- **Réglice** (2004), batavia blonde, dotée d'un large spectre de résistance au *Bremia* (races 1 à 26) et une tolérance au LMV.
- **Querido** (2005), feuille de chêne, dotée du même large spectre de résistances aux races 1 à 26 du *Bremia*, d'une tolérance au LMV, et également d'une résistance au type 0 du puceron *Nasonovia ribisnigri*.
- **Quenty** (2006), laitue feuille de chêne blonde, caractérisée par un large spectre de résistance aux races 1 à 26 de *Bremia*, au puceron noir (type 0) et une tolérance au LMV.

Encadré 5

Des variétés de haricot pour les jardiniers

- Le filet Morgane (1979).
- des types Triomphe de Farcy ou de Fin de Bagnols, résistants à l'anthracnose et au virus 1, comme **Royalnel** (1972), **Delinel** (1979), **Flora** (1980).
- **Contender** (1954), mangetout résistant au virus 1, très utilisé depuis 1975, mais de qualité de gousse dépassée de nos jours. **Maxidor** (radié en 1969), mangetout beurre résistant à l'anthracnose et au Virus 1.
- Vaillant (radié en 1980), mangetout vert résistant à la graisse, à l'anthracnose et au Virus 1.
- des « mangetout à gousses fines » (filet sans fil) comme **Argus** (1980), Fingourmet (2006), Cordon bleu (1999), Castandel (2002), résistants à l'anthracnose et virus 1.
- des « mangetout à grain noir » comme **Rugally** (1980).
- des types pour le grain, **Big Borlotto** (UE).
- Vernel (radié en 1972), flageolet résistant à l'anthracnose.
- des gousses plates de type espagnol, **Dulcina** (2002) résistant au virus 1, et **Serpedor** (2002) résistant à l'anthracnose.

Annexe 1.

Principales pathologies sur les solanacées (So), les cucurbitacées (C) et les salades (Sa)

Principaux symptômes	Agents pathogènes en cause et famille botanique particulièrement affectée	Catégorie d'agents pathogènes
Fonte des semis	- <i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i> (So, C, Sa)	Champignons et nématodes du sol ou telluriques
Galles ou lésions nécrotiques sur racines, flétrissements et dessèchements foliaires	- <i>Meloidogyne</i> spp., (nématodes à galles); <i>Pratylenchus</i> spp., (nématodes à lésions racinaires)(So, C, Sa) - <i>Phomopsis sclerotioides</i> (C-concombre et melon) - <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> (So-tomate) - <i>Thielaviopsis basicola</i> (So-aubergine)	
Chancres et pourritures du collet, flétrissements et dessèchements foliaires	- <i>Botrytis cinerea</i> (moisissure grise) (Sa) - <i>Didymella lycopersici</i> (So-tomate) - <i>Phytophthora nicotianae</i> (So-tomate et porte greffe), <i>P. capsici</i> (So-piment) - <i>Rhizoctonia solani</i> (Sa) - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (sclerotiniose) (Sa)	
Flétrissements foliaires unilatéraux et brunissements vasculaires plus ou moins marqués	- <i>Clavibacter michiganense</i> (chancre bactérien) (So-tomate) - <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> (So-tomate) - <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (C-melon) - <i>Verticillium</i> spp. (verticilliose) (So, C)	Bactérie vasculaires et champignons
Taches foliaires, sur tiges et sur fruits plus ou moins étendues et nécrotiques, chancres sur tiges	- <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> (moucheture bactérienne) (So, tomate) - <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> (gale bactérienne) (So-tomate et piment) - <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>cucurbitae</i> (C-courges) - <i>Alternaria tomatophila</i> (alternariose) (So-tomate) - <i>Botrytis cinerea</i> (moisissure grise) (So, C, Sa) - <i>Colletotrichum lagenarium</i> (anthracnose) (C) - <i>Cladosporium cucumericum</i> (cladosporiose) (C) - <i>Didymella bryoniae</i> (C) - <i>Erysiphe cichoracearum</i> & <i>Sphaerotheca fuliginea</i> (oïdium) (C, Sa) - <i>Leveillula taurica</i> (oïdium externe) (So) - <i>Phytophthora infestans</i> (mildiou) (So-tomate) - <i>Pseudoperonospora cubensis</i> (mildiou) (C) - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (sclerotiniose) (So, C, Sa)	Bactéries et champignons aériens
Mosaïques, jaunissements, déformations, lésions nécrotiques sur feuilles et sur fruits, croissance réduite des plantes	- <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV) (So, C, Sa) - <i>Potato virus Y</i> (PVY) (So) - <i>Tomato mosaic virus</i> (ToMV) et <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV) (So) - <i>Tomato spotted wilt virus</i> (TSWV) (So, Sa) - <i>Watermelon mosaic virus</i> (WMV) (C) - <i>Zucchini yellow mosaic virus</i> (ZYMV) (C)	Virus à « vecteurs aériens »
Jaunissements, anthocyanisations et déformations foliaires, croissance réduite des plantes	- divers <i>Candidatus Phytoplasma</i> (So)	Phytoplasmes

Annexe 2.

La tomate,

un exemple d'améliorations génétiques successives et de création variétale innovante

Jusqu'en 1960 les maraîchers et les établissements de sélection introduisaient et sélectionnaient les variétés pour répondre aux besoins croissants des villes. Ces variétés étaient des lignées pures, dont les plus connues sont **Casaque rouge** (= Red Jacket), **Cœur de boeuf** (= Cuor di bue), **Marmande** et ses nombreuses déclinaisons (Marmande 27, Marmande Claudia, Supermarmande, Plate Précoce de Châteaurenard, etc.), **Merveille des marchés**, **Saint Pierre**, Améliorée de Montlhéry, Reine des hâtives, Roi Humbert, San Marzano. Ces variétés ne possèdent aucune résistance particulière.

A partir de 1960, l'intensification des cultures et la mise en place des serres contribuent à l'émergence de spécialistes de la culture et de la distribution exigeants sur les caractéristiques de la variété, avec pour corollaire la professionnalisation de la sélection. La période 1965-1970 est une période charnière où se côtoient en Europe des variétés anciennes et des innovations comme les premiers hybrides F1, les variétés adaptées à la culture sous serre. Les résistances à deux champignons du sol, *Verticillium dahliae* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* pathotype 0 sont introduites dans les nouvelles variétés. Initialement sélectionnées aux Etats-Unis, ces résistances sont symbolisées dans les noms des variétés soit par 'VR' (pour 'Verticillium Résistant') ou par 'VF' (pour *Verticillium* et *Fusarium*).

A cette époque, en cultures tuteurées, les principales variétés cultivées sont soit des précoces à fruits plats et côtelés (**Marmande**, Marmande précoce, Marmande à gros fruits = Marmande maraîchère = Marmande d'Alger, Marmande VR), soit des variétés à fruits plus ronds (F1 Fournaise, le premier hybride commercial, **Saint Pierre**, **Ballon rouge**), soit des variétés dérivées de la variété Moneymaker et adaptées à la culture sous serre. En cultures non tuteurées, on cultive, entre autres, Ace VR, Ace 55 VF à fruits ronds, **Roma**, **Roma VF**, à fruits allongés.

Par la suite, la sélection se spécialise sur des types destinés au plein champ, qui peuvent être intéressants pour les jardiniers, et sur des types adaptés aux conditions climatiques et pathologiques particulières à la culture sous serre.

1 Les variétés de plein champ

De 1965 à 1980, les sélectionneurs français s'attachent à introduire, dans plusieurs types variétaux, des résistances génétiques aux maladies les plus fréquentes (*Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* pathotype 0, nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, virus de la mosaïque du tabac (TMV); tous parasites pouvant être présents au jardin) et à corriger les défauts liés à la production de gros calibre et côtelés (éclatement, calibre et couleur irréguliers). Les jardiniers bénéficient de ces travaux en adoptant des variétés lignées fixées, résistantes à ces maladies, et dont certaines sont encore disponibles. On peut ainsi citer pour les cultures tuteurées **Raf** (1967), **Marsol** (1970) et **Far** (1973) dans le type « Marmande », **Pieralbo**, **Piersol** (1970), **Piéraline** (1974), **Pierfit** (1976) dans le type « Saint Pierre ». En cultures non tuteurées, on peut évoquer dans le type « fruits ronds » **Heinz 1370** (1971), **Campbell 1327** (1972), **Florida MH1** (Catalogue européen, noté « UE »), et dans le type « Roma » ou « allongé », **Heinz 1706** (UE), **Ronita** (1965) et **Rossol** (1970) qui connaît un succès mondial.

Les hybrides F1 INRA, **Montfavet H 63-5** (1973) et **Montfavet H 63-4** (1973) sélectionnés pour leur bonne nouaison en conditions précoces se révèlent dès 1967 être performants en serre comme au champ, et deviennent les variétés les plus cultivées en Europe du Sud au début des années 1970 bien qu'ils ne possèdent aucune résistance.

Les hybrides F1 des sélectionneurs privés se développent dans la foulée des hybrides INRA avec des améliorations progressives comme **Pyros** (1973) et **Olympe** (1978). Certains connaissent un succès pour les cultures tuteurées de plein champ en zone méditerranéenne comme **Fandango**, **Flamingo** (1977), puis **Carmello** (1979), variété plastique et vigoureuse, à gros fruits à collet vert, qui devient l'hybride le plus cultivé. Des améliorations ou adaptations à des créneaux particuliers sont proposées, avec des fruits plus plats et collet vert plus foncé pour les marchés espagnol et marocain, ou des fruits à collet vert et à épiderme plus foncé pour le marché italien des cultures sous abri froid.

Du matériel de bonne qualité gustative, à calibre moyen, à chair rouge bien colorée et de fermeté améliorée par l'épaisseur du péricarpe et des cloisons est créé par l'INRA pour les cultures tuteurées de plein champ avec **Ferline** (1984) et **Fernova** (1990), et pour les cultures de plein champ non tuteurées avec **Valina** (1989). Ces variétés possèdent une résistance partielle au Mildiou et sont adoptées par les jardiniers. Pour les cultures non tuteurées à « double fin » (frais et transformation), **Rio Grande** et **Lérica** (1984), aux fruits allongés, occupent un quasi monopole.

2 Les variétés de serre et abris

Les cultures sous abris se développent de 1960 à 1990, jusqu'à supplanter les cultures de plein champ. Les sélectionneurs développent alors des hybrides F1 améliorés pour les résistances aux maladies du sol (*Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* pathotype 0) et au TMV, et adaptés aux exigences agronomiques des serres, comme Lucy (1973), Balca (1980), **Trésor** (1984), etc. Les variétés Vémone (1973) et Prisca (1983) constituent jusqu'en 1985 un modèle de qualité du fruit (forme homogène, esthétique, couleur, goût).

Par la suite, les programmes de sélection sont spécifiques de la culture sous serre et les caractéristiques variétales destinées aux professionnels sont très éloignées de celles utiles aux jardiniers. Ces programmes concernent:

- les cultures précoces ou de contre-saison, souvent en hors sol, pour lesquelles les variétés néerlandaises donnent satisfaction. Aux résistances précédentes, s'ajoutent celles à deux maladies spécifiques de ce type de culture, la cladosporiose (*Passalora fulva*, nombreux gènes) et la fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, gène *Frl*).

- les cultures délocalisées à l'étranger du fait de l'internationalisation de la production à partir des années 1980. Le développement des productions d'exportation en Espagne, aux Canaries et au Maroc imposent de nouveaux standards: type « canari » et « beef » en Espagne, type «à gros fruits légèrement plats » au Maroc, type «à fruits très rouges à maturité » (Vémone) en Sicile.

- la fermeté du fruit et la longue conservation, imposées par le commerce international (transport sur de longues distances) et le mode de commercialisation en grandes surfaces. Suite à l'utilisation de gènes retardant la maturité physiologique du fruit et à la sélection de fruits aux parois plus épaisses, la Faculté d'Agriculture d'Israël crée vers 1989 du matériel de grande fermeté et évoluant lentement à maturité. Malgré ses défauts (tardiveté, coloration rouge insuffisante), la variété Daniela conquiert l'Europe puis le monde entier. Plus tard, des variétés fermes conciliant de meilleures qualités organoleptiques s'imposent, comme Brenda (2000), Sartylia (2005) et Pétula (2007) en France.

- la réduction de la densité foliaire avec des feuilles plus courtes et un port de plante dressé. Ces caractéristiques sont importantes dans le milieu humide de la serre car elles favorisent l'aération de la plante et permettent une réduction des traitements phytosanitaires vis-à-vis des maladies du feuillage comme celles causées par *Botrytis cinerea* et *Passalora fulva*. En jardin, une faible couverture foliaire est un inconvénient car elle favorise les coups de soleil sur fruits.

3 La diversification des types cultivés

Débutée en 1990, la diversification des types cultivés, pour la taille, forme et couleur des fruits, profitera pleinement au jardinier.

Des variétés à fruits allongés comme **Cencara** (1991), Olivade (1991), etc. sont créées, mais ces types sont sensibles à la nécrose apicale et à l'instabilité de forme.

Apparaissent aussi des variétés adaptées à la récolte en grappes, avec une rafle symétrique, un nombre déterminé de fleurs utiles, une fraîcheur durable des sépales, une coloration uniforme et une maturité groupée des fruits.

Sweet 100 (UE) marque le début d'une longue série de variétés de type cerise et cocktail qui satisferont progressivement les critères du marché, avec un fruit de différentes formes, très rouge, brillant, ferme, résistant à l'éclatement, sans auréole péri-pédonculaire et d'un goût sucré. En type « cocktail » les variétés Aranca et Dolcevita (1999), puis **Piccolo** (2000), **Apéro** (2002) et **Santonio** (2007) s'imposent.

D'anciens types variétaux reviendront aussi au goût du jour comme le type **Marmande** avec Delizia (résistante au TMV, *Verticillium* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 0) (2000), **Marbonne** (2007), la cœur de bœuf (vraie) avec Coralina (résistante au TMV, *F. oxysp.* f.sp. *lycop.* race 0, *Fus. oxysp.* f.sp. *radicis-lycopersici*) (2010), Corazon (2007) (résistante au *Verticillium*), le type **Albenga** avec Arawak (UE), Ingrid (UE), Borsalina (2007, résistante au *Verticillium*, 2007), le type « des Andes » avec Cornabel (2008), ainsi que les variétés à fruits bruns du type **Noire de Crimée** ou à fruits roses (Fujipink, 2008).

Plus récemment, l'INRA a proposé une innovation avec l'hybride F1 **Garance** (2010), destiné à la culture en pleine terre, à récolter à maturité, à la chair fondante et à forte teneur en lycopène et vitamine C, et résistant à de nombreuses maladies (*Verticillium*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races 0 et 1, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, TMV, *Pseudomonas tomato*, *Pyrenochaeta lycopersici*).