



## RÉSUMÉ

La bactériose, principale maladie du noyer pouvant occasionner plus de 50 % de perte de récolte, est difficile à maîtriser, et les traitements cupriques montrent leurs limites. Aucune variété parmi la gamme existante en France ne se révèle véritablement résistante à la bactérie responsable, *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Xaj). La sensibilité intrinsèque des variétés n'a jamais fait l'objet de mesures précises dans nos conditions pédoclimatiques françaises, bien que beaucoup d'observations aient permis de constater que celles-ci induisent des sensibilités diverses. Depuis 2007, la station expérimentale de Creysse a mis en place une étude visant à caractériser plusieurs variétés selon leur niveau de sensibilité à la bactériose sur fruits. Le taux de chutes de noix nécrosées est évalué et corrélé selon la phénologie des cultivars aux facteurs climatiques favorables au développement du pathogène.

WALNUT BLIGHT : EVALUATION  
OF VARIETAL SUSCEPTIBILITY

Bacterial walnut blight, the most prevalent disease of walnut, which can cause crop losses of more than 50%, is hard to control, and copper treatments have demonstrated their limits. Among the varieties cultivated in France, there is not a single one that has been shown to be truly resistant to the causal agent, *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Xaj). The intrinsic varietal susceptibility has never been precisely measured in the pedoclimatic conditions of France, although a large body of observational data has indicated that pedoclimatic factors result in varying susceptibilities. Since 2007, the Creysse experimental research station has been conducting a study aimed at characterising several varieties in terms of their level of susceptibility to blighted fruit. The ratio of fallen, necrotic walnuts is assessed and correlated with the climate factors conducive to the development of the pathogen, based on the phenology of the cultivars.

## LA BACTÉRIOSE DU NOYER

# ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ VARIÉTALE SUR FRUITS

*Parmi la panoplie de variétés de noyers existantes en France, clones repérés dans la nature, hybrides créés par l'INRA ou introductions étrangères, onze cultivars les plus répandus font l'objet d'un suivi particulier à la station expérimentale de Creysse afin de déterminer leur sensibilité intrinsèque à la bactériose sur noix. Cet article présente les résultats de cette expérimentation menée depuis 2007, qui mettent notamment en évidence l'influence synergique de plusieurs facteurs impliqués dans l'expression de la maladie.*



> SYMPTÔMES DE BACTÉRIOSE SUR NOIX



## BIOLOGIE DU PATHOGÈNE ET FACTEURS PROPICES À SON DÉVELOPPEMENT

### CYCLE DE DÉVELOPPEMENT

Le cycle de développement de la bactériose se décline en deux périodes distinctes :

- une phase de conservation hivernale, sur le bois, principalement dans les bourgeons à bois et à fleurs femelles ainsi que dans les lésions sur rameaux, les chatons, et les fruits nécrosés pouvant rester sur l'arbre ;
- une phase de multiplication et dissémination durant la période de végétation du noyer durant laquelle tous les nouveaux organes peuvent être contaminés.

### SYMPTÔMES ET DÉGÂTS SUR LE NOYER

La bactériose s'extériorise de diverses manières :

- par développement de chancres sur les rameaux surtout préjudiciables sur jeunes arbres en formation ;
- par apparition sur le feuillage de taches jaunes translucides puis sombres qui n'entraînent pas toutefois de défeuillaison précoce ;
- par développement de taches huileuses évoluant en nécroses noires sur les fruits, souvent situées à l'apex (base des stigmates), qui aboutissent soit à la chute des noix s'il s'agissait d'une attaque précoce (floraison ou jeune fruit), soit à un développement incomplet du fruit, une déformation, voire un cerneau atteint (noir, sec et flétri) si la contamination a été plus tardive.

### RÔLE DU CLIMAT LORS DES PÉRIODES DE CONTAMINATIONS

Parmi tous les facteurs favorisant la bactériose, le climat serait très probablement le plus important.

Dès le début du printemps, les bactéries peuvent se multiplier sur l'arbre. Les contaminations interviennent en conditions humides, et sont favorisées par des températures douces ; un minimum de 12 à 24 h d'humectation serait nécessaire pour le développement de la maladie, avec des températures comprises entre 15 à 25 °C entre la fin de floraison jusqu'aux fruits âgés de 10 semaines (Adaskaveg *et al.*, 1994). La bactérie est disséminée par la pluie ou les grains de pollen contaminés, et les principales

TABLEAU 1 : CARACTÉRISTIQUES DES ONZE VARIÉTÉS ÉTUDIÉES

Variété	année de plantation	densité de plantation (m)	taille de formation	type de fructification
Franquette	1988	11 x 11	gobelet	terminale
Marbot	1988	8 x 8	gobelet	terminale
Parisienne	1988	8 x 8	gobelet	terminale
Chandler	1990	8 x 4	axe	sur brindilles latérales
Lara	1990	8 x 4	axe	sur brindilles latérales
Fernor	1990	8 x 4	axe	sur brindilles latérales
Fernette	1990	8 x 4	axe	sur brindilles latérales
Ferjean	1992	8 x 4	axe	sur brindilles latérales
Feradam	1993	8 x 8	axe	sur brindilles latérales
Ferbel	1997	7 x 6	axe	sur brindilles latérales
Ferouette	1997	7 x 6	axe	sur brindilles latérales

voies d'infection sont les stomates ou les blessures.

Les situations à risques élevés au sens large sont donc présentes dès le débourrement et jusqu'à la fin de la floraison ; une grande proportion des fleurs femelles risquent d'être contaminées lors de leur plein épanouissement si les conditions propices sont réunies. Par la suite, c'est-à-dire dès juin, les organes verts sont plus matures, donc plus résistants, et les conditions météo deviennent dans l'ensemble moins humides, d'où un risque moindre de contaminations. Les orages d'été peuvent toutefois raviver la bactériose, en créant des conditions idéales de contaminations : plaies fraîches sur l'arbre, chaleur et humidité.

### AUTRES FACTEURS FAVORABLES AUX DÉGÂTS

Le type de sol joue un rôle majeur : les vergers implantés en sols squelettiques à faible pouvoir tampon, peu profonds, acides, à faible teneur en matière organique et capacité d'échanges, prédisposent à d'importants dégâts de bactériose. Ainsi, les sols légers et caillouteux, contrairement aux sols à texture consistante, favoriseraient la congestion hydrique des tissus et de ce fait la diffusion des bactéries dans la plante, de même que des échanges hydrominéaux entre

l'arbre et le sol irréguliers et donc stressants pour le noyer.

Les techniques culturales peuvent permettre de diminuer la sensibilité inhérente de la parcelle. Parmi les facteurs propices au pathogène, on relève notamment une fumure azotée excessive ou trop tardive, des irrégularités ou des excès d'apports d'eau, ou encore une taille irrégulière qui affecte la circulation de l'air et maintient une atmosphère humide dans le feuillage, ainsi qu'un éclaircissement insuffisant défavorable à l'activité photosynthétique.

## ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ VARIÉTALE À LA BACTÉRIOSE SUR FRUITS

### DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET MÉTHODE

Cet essai a été mis en place en 2007 afin d'évaluer la sensibilité de plusieurs cultivars d'âge équivalent (arbres adultes, Tableau 1), tous greffés sur porte-greffe classique *Juglans regia*, et situés dans les mêmes conditions pédoclimatiques (sol limono-sableux à pH neutre, taux de MO = 1,5 %).

Trois noyers par variété sont suivis (un seul pour Feradam, Ferbel et Ferouette, toutes hors essai en 2007).



Les arbres ne reçoivent aucun traitement chimique à l'exception du désherbage sur le rang. Ils bénéficient d'une irrigation au goutte-à-goutte, et les interrangs sont enherbés et entretenus par broyage. La fertilisation minérale est adaptée à la variété (type de fructification, vigueur) et à la densité de plantation. Une tonne/ha de carbonate de chaux est apportée tous les ans, et une tonne/ha de matière organique tous les deux ans.

Les noix chutées à cause de la bactériose (fruits supérieurs à 10 mm de diamètre) sont dénombrées chaque semaine de la nouaison (stade Gf) jusqu'à la récolte, sur une bâche au sol s'étendant un mètre de part et d'autre du tronc et jusqu'à l'aplomb de la frondaison au niveau du rang. À la récolte, le rendement de chaque arbre est mesuré, et les pertes liées à la bactériose sont ainsi pondérées en fonction du potentiel de chaque variété qui varie selon le type de fructification.

Le développement de la maladie nécessiterait une concordance entre la période de sensibilité maximale de la variété et les conditions climatiques favorables aux contaminations. À ce titre, les stades phénologiques pour chaque variété sont relevés et corrélés à des variables climatiques (pluviométrie, durée d'humectation et température moyenne journalières) à partir des données fournies par une station météorologique automatique présente sur le site.

**PAS D'EFFET PRÉPONDÉRANT DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR L'EXPRESSION DE LA MALADIE**

La comparaison interannuelle du pourcentage de chute des fruits nécrosés souligne la variabilité des résultats selon les années.

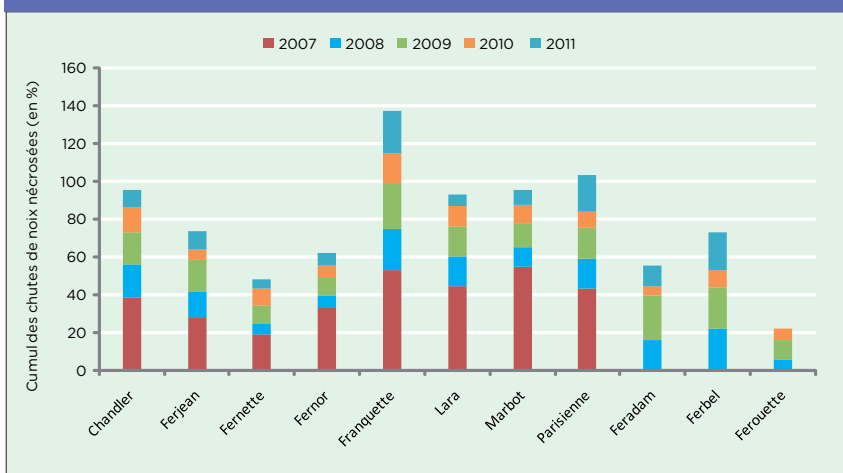
2007, année de forte pression bactériose, a permis de discriminer les variétés (Figure 1) : Franquette, Lara, Parisienne et Marbot se sont révélées les plus sensibles avec plus de 40 % de chutes de noix nécrosées. À l'inverse, Fernette est notamment apparue la moins touchée, avec à peine 20 % de chutes.

En 2008 et 2009, l'impact de la maladie a été nettement moins important qu'en 2007, alors que la climatologie fut davantage propice à Xaj pendant le stade de sensibilité maximale des variétés ; l'abondance des précipitations durant l'été 2007 qui a causé une vague



> BÂCHES ÉTENDUES AU SOL POUR LE COMPTAGE DES NOIX BACTÉRIOSÉES

**FIGURE 1 :** Taux de chutes de noix nécrosées cumulés de 2007 à 2011 pour chaque variété  
Source : Ctifl



de chutes tardives début août devrait en être l'explication. À un moindre degré, les tendances entre les variétés restent toutefois similaires malgré des résultats variables pour Marbot et Fernor ; Ferjean atteste pour sa part d'une sensibilité intermédiaire.

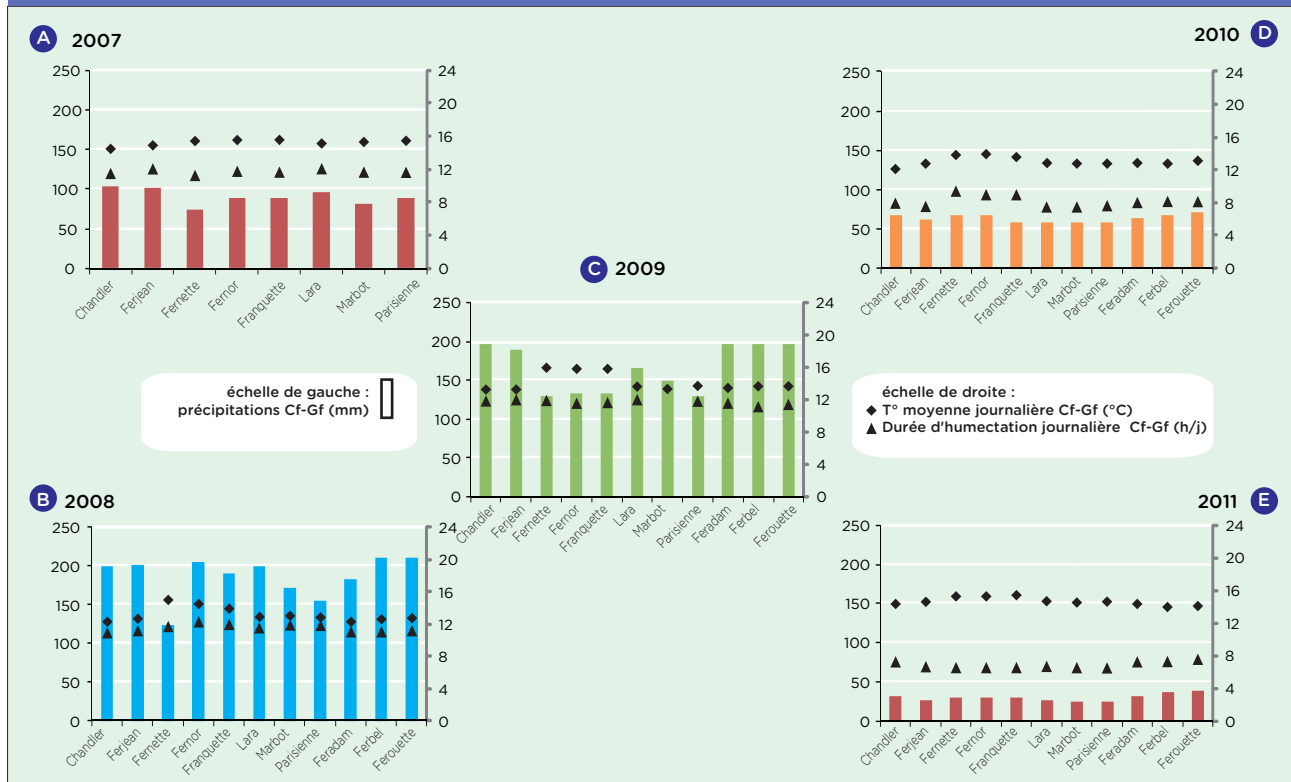
En 2010 et 2011, les conditions climatiques très sèches lors de la floraison de la majorité des cultivars étudiées ont fortement limité l'expression de la sensibilité variétale à Xaj. Les variétés testées apparaissent assez peu sensibles car elles n'ont pas subi de risque de contamination marqué, si bien qu'il est difficile de pratiquer une discrimination fiable entre les variétés.

Les figures 2A à E relatent pour chaque année d'étude le cumul de précipitations, ainsi que la durée d'humectation et température moyenne journalières perçus par les variétés durant leur période respective de sensibilité maximale au sens large, soit du débourrement (Cf) jusqu'à la fin de la floraison (Gf). Les résultats attestent qu'aucun lien avec l'intensité des attaques de Xaj n'est clairement établi pour l'ensemble des cultivars durant cet intervalle. Une étude récente menée à Creysse (Chauvin *et al.*, 2006) avait montré que la sévérité des attaques de Xaj sur Franquette et Lara était corrélée positivement à la pluviométrie cumulée entre le débourrement et le début de floraison



FIGURE 2 : Relation climat-variété de 2007 à 2011

Source : Ctifl



femelle (Ffi) de chaque variété. Dans l'essai présent, l'analyse des données en resserrant la « fenêtre sensible » propre à chaque variété, que ce soit entre Cf-Ffi ou durant la floraison (Ffi-Ff3), ne révèle aucun lien direct avec le taux de chutes de noix nécrosées. L'hypothèse émise ne se vérifie donc pas.

On constate par ailleurs que, mis à part Franquette, la majorité des variétés dites plus sensibles affichent des dates de débournement précoces (Chandler) ou assez précoces (Marbot, Lara, Parisienne); Ferjean fait toutefois exception (Tableau 2); en outre, Ferbel, plus précoce que Feradam et Ferouette, semble plus susceptible aux attaques du pathogène sur fruits. On serait alors tenté de mettre en avant l'hypothèse selon laquelle la période critique serait courte, située juste après le débournement, et que l'époque précoce de levée de la phase d'écodormance de certains cultivars coïnciderait avec un risque bactériose plus élevé en lien avec des facteurs climatiques favorisant; toutefois, ce postulat n'est pas corroboré dans le cadre de l'essai.

D'autre part, la densité de plantation plus élevée pour les variétés à fructifi-

cation latérale que terminale engendre un certain confinement influant théoriquement sur le taux d'humidité voire l'humectation.

La durée d'humectation n'est pas le principal paramètre entrant en jeu dans le développement de la bactériose, bien que son rôle ne puisse être omis connaissant la physiologie, les modes de multiplication et de pénétration dans les tissus de la bactérie. Au sein de l'essai, on peut suggérer que ces mesures d'humectation, effectuées à l'air libre, ne sont pas véritablement conformes aux conditions qui règnent à l'intérieur du feuillage des arbres. En effet, la densité du feuillage peut empêcher la circulation de l'air. Cette densité des noyers en verger intensif peut représenter un facteur aggravant les attaques de bactériose.

**INFLUENCE DU CLIMAT ? OUI, MAIS PAS UNIQUEMENT !**

Mis à part la climatologie, d'autres éléments ont pu contribuer à la faible pression rencontrée dans l'essai :

- l'âge des noyers : la bactériose affecte davantage les arbres jeunes en se ma-

nifestant particulièrement lorsque la fructification débute, puis s'atténue à partir du moment où les arbres deviennent adultes et vieillissent; dans l'étude, les noyers sont bien installés (19-23 ans pour huit variétés testées, et 14-18 ans pour les variétés récentes Feradam, Ferbel, Ferouette);

- les pratiques culturales : les parcelles support de l'étude sont conduites de manière identique au reste des vergers présents sur le site : le chaulage, la fertilisation minérale et organique raisonnée, et la taille d'entretien régulière entre autres ne sont notamment pas favorables au développement de la maladie. Les résultats acquis traduisent donc le niveau de sensibilité moyen des variétés testées dans les conditions de l'essai et avec des pratiques culturales jugées moins favorables à l'expression du pathogène. Mais ce facteur est maîtrisable, et il serait ainsi avantageux de poursuivre l'essai en modifiant l'itinéraire cultural (« mauvaises » pratiques) pour acquérir des références sur le même site en conditions plus propices au développement de la bactérie.

**BILAN INTERMÉDIAIRE**



Après avoir multiplié les années d'observations, et bien que l'influence des facteurs climatiques n'ait pas été clairement mise en évidence, il est possible selon le dispositif et les conditions de cet essai de caractériser les variétés étudiées en fonction de leur sensibilité à Xaj sur noix :

- Franquette est la variété qui témoigne de la plus grande sensibilité moyenne à la bactériose sur fruits. Parmi les autres variétés traditionnelles rustiques, Marbot et surtout Parisienne se révèlent assez sensibles alors qu'elles sont réputées bien plus « résistantes » dans leur berceau d'origine (respectivement en conditions pédoclimatiques des contreforts du Massif central et du Vercors) ; ce constat traduit notamment bien le fait que le critère « sol » est essentiel en variétés dites à sensibilité moyenne à forte.

- Vis-à-vis des cultivars conduits de manière plus intensive, la variété américaine Chandler, jugée très sensible dans les conditions climatiques françaises, ainsi que Lara, expriment une sensibilité assez prononcée à la différence de Ferjean, Fernor et surtout Fernette qui manifestent une bonne tenue dans les conditions de l'essai et témoignent d'une sensibilité moindre à la bactériose sur fruits.

- Concernant les trois variétés récentes INRA, inscrites depuis 2010 au catalogue fruitier, le bilan interannuel fait état de plus de chutes de noix nécrosées pour Ferbel, suivi dans une moindre mesure de Feradam. Cette plus grande sensibilité de Ferbel confirme les diverses observations réalisées sur d'autres sites ; Ferouette reste en moyenne nettement moins sujette aux attaques de Xaj. Ces hybrides étant nouveaux, un seul arbre adulte par variété est disponible sur le site de Creysse pour mener l'étude, ce qui constitue indéniablement une limite. Les connaissances restent donc à approfondir.

**POUR ALLER PLUS LOIN...**

La sensibilité inhérente d'une parcelle à la bactériose est liée à sa situation pédoclimatique, à la sensibilité intrinsèque de la variété, et aux techniques culturales mises en œuvre. Le choix variétal reste un critère essentiel avant plantation et il doit être conforme à l'analyse du risque bactériose. Des dispositifs expérimentaux multisites associant plusieurs partenaires pourraient être conçus, afin d'évaluer les interactions entre variétés

**TABLEAU 2 : DATES DES PRINCIPAUX STADES PHÉNOLOGIQUES DES VARIÉTÉS TESTÉES À CREYSSE (MOYENNES 2007-2011)**

Variété	Débourrement (Cf)	Début de floraison femelle (Ff)	Fin de floraison femelle (Gf)
Chandler	02-avr	30-avr	13-mai
Ferjean	07-avr	29-avr	26-mai
Fernette	22-avr	07-mai	01-juin
Fernor	21-avr	06-mai	31-mai
Franquette	21-avr	08-mai	30-mai
Lara	10-avr	27-avr	24-mai
Marbot	09-avr	28-avr	20-mai
Parisienne	12-avr	30-avr	22-mai
Feradam	01-avr	06-mai	18-mai
Ferbel	31-mars	08-mai	21-mai
Ferouette	01-avr	05-mai	23-mai

et populations de maladie présentes en situations pédoclimatiques diverses. À l'avenir, cette étude contribuera à mieux analyser et quantifier l'influence des paramètres sol-climat-pratiques qui interviennent dans l'expression de la sensibilité variétale à la bactériose. À terme, elle permettra d'acquérir des références qui orienteront le nuciculteur vers une variété adaptée à sa situation, ses besoins, et qui exprimera au maximum son potentiel tout en répondant aux contraintes techniques, économiques et environnementales.

Des travaux de recherche attestent que le niveau de sensibilité des variétés à Xaj pourrait provenir d'une plus ou moins grande concentration de polyphénols dans les tissus (Radix *et al.*, 1998 ; Solar *et al.*, 2006). Lopez *et al.* (2012) se

sont intéressés à la densité des stomates présents sur les feuilles comme porte d'entrée aux bactéries, et les résultats abondent vers une corrélation positive entre le nombre de stomates et la sensibilité variétale au pathogène de certains cultivars. Ces pistes sont notamment à approfondir et pourraient permettre de mieux appréhender les mécanismes physiologiques intervenant dans la sensibilité des variétés à la bactériose. ■

**POUR EN SAVOIR PLUS**

Disponible sur [www.fruits-et-legumes.net](http://www.fruits-et-legumes.net)

Collection « Le Point Sur maladies et ravageurs »  
**Connaissance et maîtrise de la bactériose du noyer » (n° 1 - mai 2011)**



**BIBLIOGRAPHIE**

Adaskaveg J.E., Kirkpatrick B.C., Buchner R., Olson B., 1994. Epidemiology and management of walnut blight. Walnut Research Report 94WMB, p. 225-256.

Chauvin W., Prunet JP., 2006. Comptes-rendus techniques de la Station Expérimentale de Creysse, p. 60.

Radix P., Bastien C., Jay-Allemand C., Charlot G., Seigle-Murandi F., 1998. The influence of soil nature on polyphenols in walnut tissues. A possible explanation of differences in the expression on walnut blight. Agronomie 18, p. 627-637.

Solar A., Colaric M., Usenik V., Stampar F., 2006. Seasonal variations of selected flavonoids acids and quinones in annual shoots of common walnut (*Juglans regia* L.). Plant Science 170, p. 453-461.

Lopez G., Frutos C., Frutos D., 2012. Xanthomonas arboricola pv. juglandis damages in walnut (*Juglans regia* L.) leaves related to stomas density. COST 873 and ISHS, Zürich 2012.