

***Pectobacterium* spp. et *Dickeya* spp. de la pomme de terre : nouvelle nomenclature pour *Erwinia* spp., symptomatologie, épidémiologie et prophylaxie**

Valérie Hélias

Fédération nationale des producteurs de
plants de pomme de terre (FNPPPT)/Comité
national interprofessionnel de la pomme de
terre (CNIPT)/Groupement national
interprofessionnel des semences et plants
(GNIS)/Institut national de la recherche
agronomique (Inra)
Inra UMR1099 BiO3P
Domaine de la Motte
35653 Le Rheu
France
<valerie.helias@rennes.inra.fr>

Résumé

Les *Erwinias* sont responsables de dégâts sur pomme de terre sous des climats chauds et tempérés. Les symptômes de jambe noire induits varient d'une pourriture humide à sèche des tiges selon les conditions climatiques alors que les tubercules peuvent être atteints de pourritures molles au champ et en conservation. Des récents travaux de taxonomie ont abouti à un remaniement de la nomenclature des pathogènes responsables qui appartiennent dorénavant à deux genres : *Pectobacterium* et *Dickeya*. La contamination des plantes en culture et des tubercules à la récolte se fait à partir de différentes sources d'inoculum (tubercules, sol, rhizosphères, tas de déchets, repousses) sous l'effet de facteurs variés. Des mesures prophylactiques simples à mettre en œuvre permettent de limiter la maladie.

Mots clés : bactérie pathogène ; épidémiologie ; *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* ; *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* ; *Erwinia chrysanthemi* ; *Solanum tuberosum*.

Thèmes : pathologie ; productions végétales.

Abstract

***Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp. on potato: a new nomenclature for *Erwinia* spp., symptoms, epidemiology and disease prevention**

Erwinias cause damage to potatoes in warm and temperate climates. Blackleg-induced symptoms vary from wet rots to dry stem necroses, depending on climatic conditions. Soft rot on tubers can develop either in field or in storage. The revised nomenclature distinguishes the involved pathogens now classified in two genera: *Pectobacterium* and *Dickeya*. Plant and tuber contaminations occur from various inoculum sources (tubers, soil, rhizospheres, dumps, volunteers) under various biotic and abiotic factors. Application of prophylactic measures allows the disease incidence to be reduced.

Keywords: epidemiology; *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*; *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*; *Erwinia chrysanthemi*; pathogenic bacteria; *Solanum tuberosum*.

Subjects: pathology; vegetal productions.

Parmi les pathogènes et les ravageurs qui affectent la pomme de terre, les bactéries sont responsables de dégâts potentiellement importants. *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* et *Ralstonia solanacearum* respectivement agents de la pourriture annulaire et de la pourriture brune sont classées parmi les bactéries de quarantaine. Elles font, à ce titre, l'objet

de mesures visant à éviter leur introduction ou limiter leur incidence le cas échéant. Les *Erwinia* et *Streptomyces* qui provoquent respectivement les symptômes de jambe noire, de pourritures molles et de gale commune (pustules ou liège) sont des parasites de qualité. Si les *Streptomyces* affectent essentiellement la présentation des tubercules, les *Erwinia* sont à redouter par les dégâts qu'elles

peuvent provoquer en végétation et en conservation.

Des récentes études de taxonomie (Gardan *et al.*, 2003 ; Samson *et al.*, 2005) ont abouti à des modifications de la nomenclature des espèces d'*Erwinia*. L'analyse d'une collection de souches d'*Erwinia* spp. associant des techniques moléculaires, phénotypiques et sérologiques ainsi que les analyses phylogénétiques ont conduit les auteurs à distinguer clairement *Erwinia carotovora* et *Erwinia chrysanthemi*. Les bactéries pathogènes de la pomme de terre appartiennent dorénavant à deux genres différents. *E. carotovora* s'appelle *Pectobacterium* et *E. chrysanthemi* devient *Dickeya* spp. Les maladies bactériennes, dont celles liées aux *Pectobacterium* spp. et aux *Dickeya* spp., sont difficiles à contrôler en raison du caractère imprévisible des bactéries qui peuvent demeurer latentes avant de se multiplier et d'infecter rapidement les plantes et/ou les tubercules à la faveur de conditions d'humidité et de température adéquates. Par ailleurs, contrairement à d'autres pathogènes et ravageurs de la pomme de terre contre lesquels la lutte chimique est possible (*Phytophthora*, pucerons vecteurs de virus), l'utilisation de bactéricides est largement interdite en raison du risque de développement de résistance chez les bactéries. Les méthodes alternatives de lutte basées sur l'utilisation de micro-organismes antagonistes, ainsi qu'une synthèse des données concernant la lutte chimique et génétique contre *Pectobacterium* spp. sont détaillées dans l'article de Latour *et al.* de ce numéro. À l'heure actuelle, le contrôle des bactéries repose en pratique sur la mise en œuvre par le producteur de mesures prophylactiques au cours des étapes de la culture de pomme de terre. Ces mesures, présentées à la fin de cet article, nécessitent d'avoir au préalable :

- une bonne connaissance des agents pathogènes ;
- de comprendre le développement de la maladie (sources et facteurs de contamination).

La synthèse qui suit présente les données bibliographiques relatives à ces points.

Symptômes

En végétation

Les symptômes causés par les *Pectobacterium* spp. et *Dickeya* spp. pectinolyti-

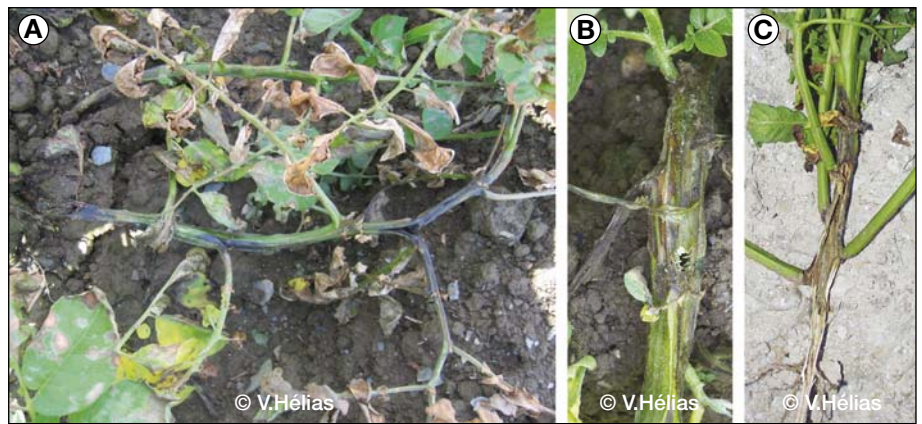


Figure 1. Symptôme de jambe noire, variant de pourritures humides brun foncé à noire de la base des tiges à des nécroses plus ou moins sèches et/ou tiges creuses.

Figure 1. Blackleg symptom ranging from basal black wet rot to dry necroses and hollowing of stems.

ques s'expriment en végétation et/ou en conservation. L'apparition et la nature des symptômes dépendent essentiellement des conditions environnementales (température, humidité). Les manques à la levée, résultant de la pourriture précoce du tubercule de semence ou de l'attaque des germes avant ou lors de l'émergence (Pérombelon *et al.*, 1988), peuvent s'observer rapidement après la plantation. Le symptôme le plus typique est celui de la jambe noire, variant d'une pourriture humide brun foncé à noire de la base des tiges (figure 1A) à des nécroses plus ou moins sèches (figure 1C). Il est provoqué par les bactéries, qui, après avoir attaqué le tubercule mère, envahissent et dégradent une ou plusieurs tiges grâce à leur activité pectinolytique (Pérombelon et Kelman, 1987). Dans certains cas, seules des nécroses internes éventuellement doublées d'un phénomène de « tige creuse » se développent (figure 1C). L'extériorisation des symptômes peut débuter au niveau du point d'attache des feuilles sur la tige (figure 1B). Des jaunissements et/ou flétrissements du feuillage peuvent être associés à la jambe noire. Alors que des symptômes de macération et de pourritures des organes infectés ont tendance à se produire en conditions humides, des conditions chaudes et sèches favorisent le développement de nécroses sur les tiges et de flétrissements des feuilles (Pérombelon et Kelman, 1987). La jambe noire peut atteindre toutes les tiges d'une plante ou n'être localisée que sur quelques tiges, voire une seule. La pourriture aérienne correspond à toute lésion de la tige (Pérombelon et Kelman, 1987) débutant au-dessus du niveau du sol à la

faveur d'une blessure ou suite à son contact avec le sol (fin de végétation). Les symptômes, similaires à ceux de la jambe noire, sont liés à des contaminations des tiges par les eaux de pluie et d'irrigation, le sol, les insectes ou les opérations culturales.

Hormis les conditions climatiques, le cultivar et la présence simultanée de plusieurs agents pathogènes influent sur le type de symptôme exprimé (Pérombelon et Kelman, 1987). Il faut par ailleurs prendre garde à ne pas confondre les flétrissements et enroulement-jaunissements liés à la jambe noire avec ceux, proches, pouvant apparaître en cas de sclérotiniose, de rhizoctone ou de flétrissement bactérien, causés respectivement par *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* et *Ralstonia solanacearum*.

Sur tubercules

Les tubercules peuvent également être atteints de symptômes qui se développent en cours de culture ou de conservation sous la forme de pourritures molles et humides souvent nauséabondes (figure 2). En conservation, les pourritures molles peuvent entraîner la contamination rapide des tubercules avoisinants. Des bactéries pectinolytiques variées (*Clostridium* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp.) peuvent être impliquées dans la pourriture des tubercules en conservation, particulièrement lorsque les températures sont élevées (Campos *et al.*, 1982 ; Pérombelon et Kelman, 1987), mais les *Pectobacterium* spp. restent les agents les plus fréquents et les plus dommageables.



Figure 2. Pourriture molle et humide causée par *Pectobacterium* sp. ou *Dickeya* sp.

Figure 2. Tuber soft rot due to *Pectobacterium* sp. or *Dickeya* sp.

Dans le cas d'attaques localisées aux lenticelles, les pourritures sont qualifiées de lenticellaires (figure 3). Un séchage adéquat des tubercules peut toutefois bloquer leur développement. Les symptômes sont alors qualifiés de pourritures lenticellaires (De Boer, 1994).

Agents responsables

Pectobacterium atrosepticum

P. atrosepticum est la nouvelle appellation d'*Erwinia carotovora* subsp. *atro-*

septica. Répertoire dorénavant en espèce, *P. atrosepticum* est généralement associée au symptôme de la jambe noire de la pomme de terre dans les régions tempérées (Pérombelon et Kelman, 1980). Elle se développe préférentiellement entre 15 et 25 °C, entraînant des pourritures des tubercules et des tiges (Pérombelon et Kelman, 1987). En climat tempéré, la bactérie a pour hôte principal la pomme de terre (Pérombelon et Kelman, 1980) bien que des souches aient été occasionnellement isolées de tomates (Barzic *et al.*, 1976), de choux chinois (De Boer *et al.*, 1987) et de poivrons (Stommel *et al.*, 1996). Des isolements de cette bactérie ont également été réalisés à partir de choux et navets malades cultivés à proximité de cultures de pomme de terre affectées par la jambe noire en Ecosse (Pérombelon, 1992b). L'association préférentielle de *P. atrosepticum* à la pomme de terre peut être expliquée en termes de concordance entre les exigences écologiques de la bactérie et celles de cette culture (Pérombelon, 1992b).

Pectobacterium carotovorum subsp. *carotovorum*

L'espèce *P. carotovorum* définie par Gardan *et al.*, (2003) comprend deux sous-espèces, dont *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (*P. c.* subsp. *carotovorum*), pathogène de la pomme de terre. *P. c.* subsp. *carotovorum*, anciennement *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* est distribué dans une aire géographique étendue, aussi bien dans les zones tempérées que tropicales et sur une gamme d'hôtes très large (Pérombelon et Kelman, 1987). Sur la pomme de terre, la bactérie s'exprime préférentiellement à des températures plus élevées que *P. atrosepticum*, allant de 20 à 30 °C (Smith et Bartz, 1990). Le symptôme de jambe noire, connu comme étant caractéristique de

P. atrosepticum en conditions fraîches, peut également être provoqué par *P. c.* subsp. *carotovorum* lorsque les températures sont élevées (30-35 °C). Identifié aux États-Unis dans les années 1970, (Stanghellini et Meneley, 1975 ; Molina et Harrison, 1977), *P. c.* subsp. *carotovorum* a été identifié plus récemment à partir de tels symptômes en Europe (Hélias *et al.*, 2006). *P. c.* subsp. *carotovorum* est par ailleurs souvent l'agent associé aux pourritures aériennes des tiges probablement du fait de sa prédominance dans le sol, l'eau de pluie, les insectes et les aérosols (Pérombelon et Kelman, 1987 ; De Boer, 1994). De même *P. c.* subsp. *carotovorum* est majoritairement associé aux pourritures sur tubercules.

Des travaux de caractérisation de souches bactériennes atypiques associées à des symptômes de jambe noire au Brésil (Duarte *et al.*, 2004) ont conduit les auteurs à proposer une nouvelle sous-espèce au sein de *P. carotovorum* : *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis*. Des travaux d'hybridation d'ADN sont nécessaires pour valider cette dernière, dont la distribution semble restreinte à l'Amérique du Sud.

Dickeya spp.

Les *E. chrysanthemi* sont désormais intégrées dans le nouveau genre *Dickeya*. Avec une température de croissance optimale élevée (35-37 °C) (Janse et Ruissen, 1988), *Dickeya* a été jusqu'à présent surtout identifiée sous les climats chauds et en serre. Parmi les six nouvelles espèces décrites dans ce nouveau genre, *Dickeya zea* et *Dickeya dianthicola* sont pathogènes sur la pomme de terre (Samson *et al.*, 2005). Alors que *D. zea* est plus particulièrement décrite dans des régions chaudes, *D. dianthicola* est plus fréquente dans des zones tempérées comme en Europe. Les symptômes dus aux *Dickeya* spp. varient selon les conditions climatiques (température, humidité) (voir ci-dessus) et sont difficilement discernables de ceux provoqués par les *Pectobacterium* spp. Outre, la pomme de terre, *D. zea* peut être isolée également à partir de maïs, tabac, ananas et chrysanthème. *D. dianthicola* provoque des dégâts sur tomate, artichaut, endive, et sur certaines plantes ornementales comme les dahlia, freesia, iris, kalanchoe ou œillet (Samson *et al.*, 1987). L'augmentation de l'incidence des *Dickeya* dans les cultures de pomme de terre (Hélias *et al.*, 2006 ; Van der Wolf *et al.*, 2007 ; Crowhurst, 2006) est probablement



Figure 3. Pourritures dures lenticellaires.

Figure 3. Lenticel hard rot symptoms.

liée aux températures estivales élevées ces dernières années. La diversité observée chez des souches de *Dickeya* isolées récemment en zones tempérées (Palacio-Bielsa *et al.*, 2006 ; Laurila *et al.*, 2007) pourrait amener à identifier en zones tempérées de nouvelles espèces de *Dickeya* sur cet hôte.

Sources et facteurs de contamination

La contamination des plantes et tubercules de pomme de terre se fait à partir de différentes sources d'inoculum et sous l'effet de facteurs biotiques ou abiotiques variés.

Rôle du tubercule dans la transmission et la dissémination

Le tubercule, qui peut assurer la survie des bactéries au cours de la conservation et leur transmission aux tubercules fils, lors de la culture suivante, constitue la source d'inoculum la plus connue (Pérombelon et Kelman, 1980). Les bactéries peuvent être localisées dans le système vasculaire, les lenticelles ou à la surface des tubercules (Nielsen, 1978 ; Pérombelon, 2000). Si elles tendent à disparaître rapidement de la surface des tubercules en conditions sèches, les populations bactériennes sont capables de se maintenir pendant les six à sept mois de stockage à un niveau de contamination sensiblement constant au sein des lenticelles (Pérombelon, 1973). Par ailleurs, les blessures occasionnées lors de la manipulation des tubercules (plantation, récolte, tri) constituent autant de portes d'entrée qui permettent la pénétration de *Pectobacterium* et *Dickeya* (Pérombelon et Kelman, 1980 ; Van Vuurde *et al.*, 1994). Ce type de contamination se produit principalement lors du contact de tubercules sains avec des tubercules malades (Elphinstone et Pérombelon, 1986a). Par ailleurs, les bactéries persistent mieux au niveau des blessures profondes où elles sont bien protégées de la dessiccation après leur cicatrisation (Pérombelon, 1992a). En cours de culture, la contamination de la descendance peut se produire après la pourriture du tubercule mère, lorsque les bactéries sont libérées dans le sol. Trans-

portées par l'eau libre, elles envahissent alors la rhizosphère des plantes et infectent les tubercules fils. Lorsque le sol est sec, peu de tubercules mères pourrissent et la transmission des bactéries aux tubercules fils est faible (Elphinstone et Pérombelon, 1986b). Le taux d'humidité du sol influence également les niveaux de contamination par l'intermédiaire des lenticelles, qui s'ouvrent dans des sols mouillés permettant ainsi l'entrée des bactéries. La contamination des tubercules fils peut également se produire *via* les stolons susceptibles de transmettre les bactéries au travers le système vasculaire (Hélias *et al.*, 2000b).

Outre l'humidité du sol, le niveau de contamination du tubercule de semence est un facteur important pour le développement de la maladie. Ainsi, des tubercules fortement contaminés par le pathogène ont plus de chances de voir la maladie se développer, indépendamment des conditions environnementales (Bain *et al.*, 1990 ; Hélias *et al.*, 2000a). Le seuil de contamination minimum permettant au symptôme de jambe noire de se développer a été établi à environ 10^3 bactéries par tubercule (Bain *et al.*, 1990).

Les repousses et résidus de culture permettant la survie et la multiplication des bactéries constituent par ailleurs des sources de contamination importantes (Pérombelon et Kelman, 1980). Les écarts de tris et tas de déchets qui attirent des insectes constituent également des réservoirs des bactéries. Contaminés par *Pectobacterium* spp., les drosophiles sont capables de les transmettre à des cultures de pomme de terre (Molina *et al.*, 1974 ; Harrison *et al.*, 1977).

Des suivis de lots de tubercules de semence lors de leur multiplication au champ mettent en évidence l'existence de contaminations environnementales précoces des tubercules. Au Canada, De Boer (2002) montre ainsi que 9 % des lots de semences représentant la seconde génération de multiplication sont contaminés par *P. atrosepticum*.

Rôle du sol et de la rhizosphère

Les données bibliographiques relatives à la survie des *Pectobacterium* spp. dans le sol et la rhizosphère présentent des points de vue contradictoires, alors que peu de données existent pour les *Dickeya* spp., Stanghellini (1982) et McCarter-Zorner *et al.* (1985) considèrent en effet que les *Pectobacterium* sont des

organismes du « sol » dont le niveau de population augmente fortement en présence d'exsudats racinaires de plantes (adventices ou cultures). Inversement, en cas d'absence ou de quantités moindres de nutriments liées à la récolte ou la maturité des plantes, la population bactérienne diminue jusqu'à un niveau non détectable. La présence d'antagonistes peut également expliquer ce déclin. Pérombelon et Hyman (1989) estiment, quant à eux, que la longévité des bactéries *Pectobacterium* est limitée dans le sol qui possède peu de réserves nutritives comparé aux tissus de plantes au sein desquels les bactéries se développent habituellement. Incapables d'adapter leur métabolisme et d'accumuler des réserves, elles ne peuvent concurrencer favorablement les autres micro-organismes du sol (Pérombelon, 1992a). Les études menées par Van der Wolf *et al.* (2007) montrent, quant à elles, que les *Dickeya* ne survivent pas plus de trois semaines dans un sol nu.

Toutefois, des études (Burr et Schroth, 1977 ; McCarter-Zorner *et al.*, 1985) mettent en évidence la présence de *Pectobacterium* au sein de la rhizosphère de différentes cultures (laitues, carottes, betteraves à sucre). Les cultures de *brassicacae* (brocoli, colza, rutabaga, navet, chou) sont reconnues comme hébergeant *Pectobacterium* fréquemment et à des niveaux relativement élevés (McCarter-Zorner *et al.*, 1985 ; Pérombelon et Hyman, 1989). Les bactéries sont également isolées à partir de rhizosphères d'adventices (laiteron, mouron, pâturin, amarante, chénopode blanc, renouée) (Burr et Schroth, 1977 ; McCarter-Zorner *et al.*, 1985). Peu d'informations existent concernant le potentiel de survie des *Dickeya* spp., hormis leur description sur des morelles douces amères (Olsson, 1985). L'importante gamme d'hôtes de ce pathogène laisse supposer que d'autres adventices pourraient permettre son maintien dans l'environnement.

Plus que l'humidité du sol, c'est sa température qui semble affecter la survie des bactéries. Ainsi, Pérombelon et Hyman (1989) montrent que les bactéries *Pectobacterium* meurent rapidement dans un sol dépassant les 25 °C, alors qu'elles peuvent survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois, à des températures de l'ordre de 10 à 20 °C. Des résultats similaires rapportés par De Mendonça et Stanghellini (1979) montrent la survie de *Pectobacterium* spp. dans les couches inférieures du sol (15-30 cm) où les

conditions environnementales sont plus stables et favorables (fluctuations de températures et d'humidité moindres). *P. c.* subsp., décrite comme ayant une plus grande capacité de survie que *P. atrosepticum*, est également plus fréquemment mise en évidence dans l'environnement (Pérombelon et Hyman, 1989 ; Stanghellini, 1982).

Transmission par l'eau et les aérosols

La mise en évidence de l'eau de surface comme source potentielle de bactéries *Pectobacterium* spp. et *Dickeya* spp. est soulignée par plusieurs auteurs. *Pectobacterium* spp. a été isolée dans plusieurs rivières aux États-Unis et en Europe (Powelson, 1985 ; Pérombelon et Hyman, 1987), *P. c.* subsp. *carotovorum* étant plus fréquent que *P. atrosepticum*. La contamination de rivières par *Dickeya* spp. est mise en évidence en Suède par Olsson (1985), aux Pays-Bas par Van Vuurde *et al.* (1994), en Australie par Cother *et al.* (1992) et en Finlande par Laurila *et al.* (2007). Les homologues observées entre des souches isolées de pomme de terre et d'eau de rivières confortent l'hypothèse selon laquelle ces dernières constituent des sources potentielles de contamination *via* l'irrigation (Cother *et al.*, 1992 ; Laurila *et al.*, 2007). Parmi les populations bactériennes qui peuvent varier d'une rivière à l'autre, certaines sont similaires à *D. dianthicola*, alors que d'autres restent à identifier clairement. Outre les rivières, les bactéries *Pectobacterium* spp. sont retrouvées dans l'eau des drains souterrains de champs plusieurs années après une culture de pomme de terre (Pérombelon et Hyman, 1987). Elles peuvent également être isolées à partir d'échantillons d'eau de mer (McCarter-Zorner *et al.*, 1982), de pluies et d'aérosols, voire de neige (Franc *et al.*, 1985). Les aérosols générés par la pluie ou l'arrosage par aspersion sur des tiges malades, ou lors du défanage avant la récolte peuvent également disperser les *Pectobacterium* spp. sur plusieurs centaines de mètres (Graham et Harrison, 1975). La survie de ces organismes dans les aérosols semble de courte durée puisque seulement 50 % des bactéries survivent après cinq à dix minutes (Pérombelon, 1992a).

Transmission par le matériel et les pratiques agricoles

Le passage de machines agricoles contaminées lors de la culture constitue un autre moyen de dissémination des bactéries. La plantation, la récolte et le tri mécanique des tubercules peuvent également être la cause de la propagation des pathogènes entre les lots de pomme de terre et au sein des stocks. Cette contamination a principalement lieu lors du contact de tubercules sains avec des tubercules ou du matériel infectés (Van Vuurde *et al.*, 1994). Il a ainsi été montré qu'un tubercule malade pouvait contaminer 100 kg de tubercules dont la moitié avec 10^4 à 10^5 bactéries lors des opérations de calibrage (Elphinstone et Pérombelon, 1986a), et que les niveaux de contamination étaient trois fois plus élevés pour les tubercules récoltés, calibrés et conditionnés en utilisant les pratiques courantes par rapport aux tubercules récoltés manuellement (De Boer, 2002). Un défaut de désinfection du matériel ainsi que les blessures occasionnées sur les grilles des trieuses lors de la manipulation des tubercules lors de la plantation ou après la récolte favorisent également les contaminations (Elphinstone et Pérombelon, 1986a). Le lavage des tubercules avant leur commercialisation peut également disséminer la bactérie dans les lots de pomme de terre lorsque l'eau servant au lavage n'est pas renouvelée ou décontaminée (Pérombelon et Kelman, 1980).

Mesures prophylactiques

Les principaux facteurs de développement de *Pectobacterium* spp. et *Dickeya* spp. sont l'humidité et les conditions asphyxiantes qui favorisent leur multiplication et leur dissémination. La lutte prophylactique contre ces pathogènes concerne toutes les étapes de la culture de pomme de terre.

Préparation et choix de la parcelle

Le choix et la préparation des parcelles destinées à la production des pommes de terre sont importants. Il est ainsi souhaitable de privilégier les rotations longues, de supprimer les réservoirs potentiels de

bactéries dans la parcelle en détruisant les repousses et en éliminant les adventices. Ne pas planter dans des zones humides ou tassées et favoriser un travail du sol qui permet son assèchement permet en outre d'éviter les conditions humides et asphyxiantes favorables à la multiplication bactérienne.

Précautions relatives à la culture

L'utilisation de plants certifiés selon des normes strictes de qualité sanitaire est indispensable. Il faut également prendre garde à limiter les blessures (exemple : égermage) et éliminer les tubercules pourris lors de la plantation. Les techniques culturales doivent être adaptées à la variété utilisée. L'épuration des plantes malades en cours de végétation (production de plants) limite la propagation des bactéries aux plantes saines adjacentes. Éviter l'irrigation excessive de la culture prévient le développement de conditions anaérobiques dans le sol. Une fertilisation raisonnée sans excès d'azote est par ailleurs recommandée.

Mesures préventives concernant la récolte et la conservation

Il est important de minimiser les blessures des tubercules dues à la mécanisation de la récolte à la mise en conservation. Attendre la maturité des tubercules avant de les récolter contribue, notamment, à diminuer ces risques. Éviter de récolter en conditions humides permet en outre de réduire les contaminations lenticellaires lors du brassage des tubercules. Le séchage des tubercules après la récolte ou après leur lavage lors de la commercialisation de tubercules « lavés » permet, d'une part, leur cicatrisation et élimine, d'autre part, le film d'eau pouvant les recouvrir et conduire au développement de conditions d'anaérobiose. Une régulation de la ventilation et de la température en cours de conservation prévient, quant à elle, la formation de condensation sur les tubercules. D'une manière générale, le maintien d'une hygiène stricte de l'exploitation (désinfection régulière du matériel et des locaux, et de son environnement, élimination des déchets) est indispensable. De la même façon, une décontamination régulière de l'eau utilisée pour laver les tubercules ou son renouvellement permanent a pour objectif de limiter la dissémination des bactéries au sein des lots de tubercules. ■

Références

- Barzic MR, Samson R, Trigalet A. Pourriture bactérienne de la tomate cultivée en serre. *Ann Phytopathol* 1976 ; 8 : 237-40.
- Bain RA, Pérombelon MCM, Tsor L, *et al.* Blackleg development and tuber yield in relation to numbers of *Erwinia carotovora* subsp. atroseptica on seed potatoes. *Plant Pathol* 1990 ; 39 : 125-33.
- Burr TJ, Schroth MN. Occurrence of soft rots *Erwinia* spp. in soil and plant material. *Phytopathology* 1977 ; 67 : 1382-7.
- Campos E, Maher EA, Kelman A. Relationship of pectolytic clostridia and *Erwinia carotovora* strains to decay of potato tubers in storage. *Plant Dis* 1982 ; 66 : 543-6.
- Cother EJ, Bradley JK, Gillings MR, *et al.* Characterization of *Erwinia chrysanthemi* biovars in alpine water sources by biochemical properties, GLC fatty acid analysis and genomic DNA fingerprinting. *J Appl Bacteriol* 1992 ; 73 : 99-107.
- Crowhurst R. Warm summers could favour wilt disease. *Potato Review* 2006 : 8-11.
- De Boer SH, Verdonck L, Vrugink H, *et al.* Serological and biochemical variation among potato strains of *Erwinia carotovora* subsp. atroseptica and their taxonomic relationship to other *Erwinia carotovora* strains. *J Appl Bacteriol* 1987 ; 63 : 487-95.
- De Boer SH. Prospects for control of potato diseases caused by pectolytic erwinias. In : Zehnder GW, Powelson ML, Jansson RK, Raman KV, eds. *Advances in potato pest biology and management*. Saint-Paul, Minnesota : APS Press, 1994 : 136-48.
- De Boer SH. Relative incidence of *Erwinia carotovora* subsp. atroseptica in stolon end and peridermal tissue of potato tubers in Canada. *Plant Dis* 2002 ; 86 : 960-4.
- De Mendonça M, Stanghellini ME. Endemic and soilborne nature of *Erwinia carotovora* var. atroseptica, a pathogen of mature sugar beets. *Phytopathology* 1979 ; 69 : 1096-9.
- Duarte V, De Boer SH, Ward LJ, *et al.* Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *J Appl Microbiol* 2004 ; 96 : 535-45.
- Elphinstone JG, Pérombelon MCM. Contamination of potatoes by *Erwinia carotovora* during grading. *Plant Pathol* 1986 ; 35 : 25-33.
- Elphinstone JG, Pérombelon MCM. Contamination of progeny tubers of potato plants by seed- and leaf-borne *Erwinia carotovora*. *Potato Res* 1986 ; 29 : 77-93.
- Franc GD, Harrison MD, Powelson ML. The presence of *Erwinia carotovora* in ocean water, rain water and aerosols. In : Graham DC, Harrison MD, eds. *Report of the International Conference on Potato Blackleg Disease*. Oxford : Potato Marketing Board, 1985 : 43-5.
- Gardan L, Gouy C, Christen R, *et al.* Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavasculorum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiaie* sp. nov. *Int J Evol Microbiol* 2003 ; 53 : 381-91.
- Graham DC, Harrison MD. Potential spread of *Erwinia* spp. in aerosol. *Phytopathology* 1975 ; 65 : 739-41.
- Harrison MD, Quinn CE, Sells A, *et al.* Waste potato dumps as sources of insects contaminated with soft rot coliform bacteria in relation to recontamination of pathogen-free potato stocks. *Potato Res* 1977 ; 20 : 37-52.
- Hélias V, Andrivon D, Jouan B. Development of symptoms caused by *Erwinia carotovora* subsp. atroseptica under field conditions and effects of these symptoms on the yield of individual potato plants. *Plant Pathol* 2000 ; 49 : 23-32.
- Hélias V, Andrivon D, Jouan B. Internal colonisation pathways of potato plants by *Erwinia carotovora* subsp. atroseptica. *Plant Pathol* 2000 ; 49 : 33-42.
- Hélias V, Le Roux AC, Montfort F. Potato blackleg in France: incidence of causal *Erwinias* species and field symptoms expression. 1st International *Erwinia* Workshop, Dundee, Scotland. 7-9th July 2006; 15.
- Janse JD, Ruissen MA. Characterization and classification of *Erwinia chrysanthemi* strains from several hosts in The Netherlands. *Phytopathology* 1988 ; 78 : 800-8.
- Laurila J, Lehtinen A, Ahola V, Pasanen M, Hannukkala A, Pirhonen M. Characterisation of *Dickeya* (*Erwinia chrysanthemi*) strains causing potato blackleg and soft rot in Finland. In : Hannukkala A, Segerstedt M, eds. *New and old pathogens of potato in changing climate, Proceedings of the EAPR Pathology Section seminar*. Hattula : MTT Agrifood Research Finland, 2007.
- McCarter-Zorner NJ, Graham DC, Harrison MD, *et al.* The presence of *Erwinia carotovora* in surface water. *Am Potato J* 1982 ; 59 : 478.
- McCarter-Zorner NJ, Harrison MD, Graham DC, *et al.* Soft rot *Erwinia* bacteria in the rhizosphere of weeds and crop plants in Colorado, United States and Scotland. *J Appl Bacteriol* 1985 ; 59 : 357-68.
- Molina JJ, Harrison MD, Brewer JW. Transmission of *Erwinia carotovora* var. atroseptica by *Drosophila melanogaster* Meig. I. Acquisition and transmission of the bacterium. *Am Potato J* 1974 ; 51 : 245-50.
- Molina JJ, Harrison MD. The role of *Erwinia carotovora* in the epidemiology of potato blackleg. I. Relationship of *E. carotovora* var. *carotovora* and *E. carotovora* var. *atroseptica* to potato blackleg in Colorado. *Am Potato J* 1977 ; 54 : 587-91.
- Nielsen LW. *Erwinia* species in the lenticels of certified seed potatoes. *Am Potato J* 1978 ; 55 : 671-6.
- Olsson K. The presence of *Erwinia carotovora* in ocean water, rain water and aerosols. In : Graham DC, Harrison MD, eds. *Report of the International Conference on Potato Blackleg Disease*. Oxford : Potato Marketing Board, 1985 : 48-9.
- Palacio-Bielsa A, Cambra MA, Lopez MM. Characterisation of potato isolates of *Dickeya chrysanthemi* in Spain by microtitre system for biovar determination. *Ann Appl Biol* 2006 ; 148 : 157-64.
- Pérombelon MCM. Sites of contamination and numbers of *Erwinia carotovora* present in stored seed potato stocks in Scotland. *Ann Appl Biol* 1973 ; 74 : 59-65.
- Pérombelon MCM. Potato blackleg: epidemiology, host-pathogen interaction and control. *Neth J Plant Pathol* 1992 ; 98 : 135-46.
- Pérombelon MCM. Diversity in erwinias as plant pathogens. In : INRA, ed. *Plant Pathogenic Bacteria, Versailles*. 1992 : 113-28.
- Pérombelon MCM. Blackleg risk potential of seed potatoes determined by quantification of tuber contamination by the causal agent and *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*: a critical review. *OEPP/EPP Bull* 2000 ; 30 : 413-20.
- Pérombelon MCM, Kelman A. Ecology of the soft rot erwinias. *Annu Rev Phytopathol* 1980 ; 18 : 361-87.
- Pérombelon MCM, Kelman A. Blackleg and other potato diseases caused by soft rot erwinias; proposal for revision of terminology. *Plant Dis* 1987 ; 71 : 283-5.
- Pérombelon MCM, Hyman LJ. Frequency of *Erwinia carotovora* in the Alyth Burn in eastern Scotland and the sources of the bacterium. *J Appl Bacteriol* 1987 ; 63 : 281-91.
- Pérombelon MCM, Hyman LJ. Survival of soft rot coliforms, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *E. carotovora* subsp. *atroseptica* in soil in Scotland. *J Appl Bacteriol* 1989 ; 66 : 95-106.
- Pérombelon MCM, Lopez MM, Carbonell J, *et al.* Effects of contamination by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *E. carotovora* subsp. *atroseptica* of potato seed tubers and of cultivar resistance on blanking or non-emergence and blackleg development in Valencia, Spain. *Potato Res* 1988 ; 31 : 591-9.
- Powelson ML. Potato early dying disease in the Pacific Northwest caused by *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* and *E. carotovora* pv. *atroseptica*. *Am Potato J* 1985 ; 62 : 173-6.
- Samson R, Poutier F, Saily M, Jouan B. Caractérisation des *Erwinia chrysanthemi* isolées de *Solanum tuberosum* et d'autres plantes hôtes selon les biovars et sérogroupes. *OEPP/EPP Bull* 1987 ; 17 : 11-6.
- Samson R, Legendre JB, Christen R, *et al.* Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder *et al.* 1953) Brenner *et al.* 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zea* sp. nov. *Int J Evol Microbiol* 2005 ; 55 : 1415-27.
- Smith C, Bartz JA. Variation in the pathogenicity and aggressiveness of strains of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* isolated from different hosts. *Plant Dis* 1990 ; 74 : 505-9.
- Stanghellini ME. Soft rotting bacteria the rhizosphere. In : Mount MS, Lacy GH, editors. *Phytopathogenic Prokaryotes*, 1. 1982 : 249-61.
- Stanghellini ME, Meneley JC. Identification of soft rot *Erwinia* associated with blackleg of potato in Arizona. *Phytopathology* 1975 ; 65 : 86-7.
- Stommel JR, Goth RW, Haynes KG, Kim SH. Pepper (*Capsicum annuum*) soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Plant Dis* 1996 ; 80 : 1109-12.
- Van der Wolf J, Speksnijder A, Velvis H, van de Haar J, van Doorn J. Why is *Erwinia chrysanthemi* (*Dickeya* sp.) taking over? The ecology of a blackleg pathogen. In : Hannukkala A, Segerstedt M, eds. *New and old pathogens of potato in changing climate, Proceedings of the EAPR Pathology Section seminar*. Hattula : MTT Agrifood Research, 2007.
- Van Vuurde JW, De Vries PHM, Roozen NJM. Application of immunofluorescence colony-staining (IFC) for monitoring populations of *Erwinia* spp. on potato tubers, in surface water and in cattle manure slurry. In : Lemattre M, Freigoun S, Rudolph K, Swings JG, eds. *Proceedings of the 8th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, Paris*. 1994.