

# Pomme de terre: l'Empire *Pectobacterium* contre-attaque

Patrice de Werra<sup>1</sup>, Floriane Bussereau<sup>1</sup>, Isabelle Kellenberger<sup>2</sup>, Brice Dupuis<sup>2</sup>, Santiago Schaerer<sup>2</sup> et Andreas Keiser<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

<sup>2</sup>Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Andreas Keiser, e-mail: andreas.keiser@bfh.ch



Figure 1 | Champ de pomme de terre (Agria) sain en apparence.

## Introduction

Les bactéries pectinolytiques, anciennement regroupées sous le genre *Erwinia* sp. sont responsables de deux maladies de la pomme de terre. D'une part, la maladie de la «jambe noire» qui se caractérise par la pourriture des tiges de la plante et, d'autre part, la maladie de la «pourriture molle», qui s'attaque aux tubercules. Ces deux maladies sont présentes dans tous les pays où la pomme de terre est cultivée et provoquent d'importantes pertes économiques (Toth *et al.* 2011; Czajkowski *et al.* 2011). La classification de ces bactéries a été modifiée au début des années 2000. Elles appartiennent désormais à deux genres distincts, *Pectobacterium* et *Dickeya*. En Suisse, les espèces les plus fréquemment isolées à partir de tissus de pommes de terre infectés étaient jusqu'en 2012 les suivantes: *Dickeya solani* et *Dickeya dianthicola*, ainsi que *Pectobacterium atrosepticum* et *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

(Dupuis *et al.* 2010). En Suisse, la maladie de la jambe noire est la première cause de déclassement des lots de plants de pomme de terre lors des visites culturales (tabl. 1). Financièrement, ces pertes se chiffrent à hauteur de 2,5 millions de francs par année (H. Gilliard, Agroscope, et M. Müller, swissem, comm. pers.).

### Les bactéries bloquent la circulation de la sève

Après infection de la plante via les racines, les stolons ou les lenticelles des tubercules (Pérombelon et Lowe 1975; Czajkowski *et al.* 2010), les bactéries peuvent coloniser l'ensemble du système vasculaire de la plante (Pérombelon *et al.* 1988). Il en résulte alors, en cas de faible humidité relative du sol, un flétrissement du feuillage par obstruction de la circulation de la sève brute dans le xylème (Pérombelon *et al.* 1988; Laurila *et al.* 2010). Ces symptômes de flétrissement, comme illustrés sur la figure 2B, ne peuvent être utilisés comme unique critère de détermination, car d'autres maladies (par exemple la dartrose et la verticilliose) ainsi que certains stress abiotiques sont susceptibles de générer des symptômes similaires. En cas de hausse de l'humidité relative, les bactéries peuvent pénétrer de manière invasive dans les tissus parenchymateux et produire des enzymes pectinolytiques en abondance, principalement des pectate lyases et des polygalacturonases (McMillan *et al.* 1993). Ces enzymes vont ensuite dépolymériser la pectine des parois cellulaires des tissus de la pomme de terre et induire une pourriture brune foncée sur les parties basses de la tige (fig. 2C et 3A), communément appelée jambe noire (Laurila *et al.* 2010), ainsi que des pourritures humides du tubercule (fig. 3B). Toutefois, l'expression de ces symptômes est très variable: l'identification du pathogène ne peut se baser sur la seule observation de ces symptômes et nécessite une analyse en laboratoire.

### Une maladie, plusieurs bactéries possibles

Sur un total de 718 échantillons de tiges atteintes de jambe noire prélevés en Suisse entre 1986 et 2010, en moyenne 66 % étaient porteurs de bactéries du genre *Dickeya* et 34 % de bactéries du genre *Pectobacterium*

(Cazelles et Schwaerzel 1992; Dupuis *et al.* 2010). Durant la saison 2013, un large échantillonnage de plantes atteintes de jambe noire a été réalisé sur l'ensemble du plateau suisse. Après analyse des échantillons, il est apparu que le genre *Pectobacterium* était responsable de la majorité des symptômes observés. Les techniques d'identification sérologique ou moléculaire (ELISA ou PCR) utilisées pour cet échantillonnage ont révélé que ces bactéries appartenaient au genre *Pectobacterium*, mais pas aux espèces habituellement rencontrées en Suisse, à savoir *Pectobacterium atrosepticum* et *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Parmi les souches bactériennes causales de la jambe noire figure l'espèce *Pectobacterium wasabiae*. Cette souche a été isolée pour la première fois au Japon sur du raifort dans les années 1980 (Goto et Matsumoto 1987) et a été identifiée pour la première fois sur pomme de terre aux USA en 2001 (Ma *et al.* 2007), puis en Nouvelle-Zélande en 2008 (Pitman *et al.* 2008). On la trouve désormais dans presque toutes les régions où la pomme de terre est cultivée, y compris en Europe. La communauté scientifique qui étudie ces bactéries pense que cette souche ne s'est pas propagée à partir du lieu où elle a été découverte, mais a probablement été confondue durant de nombreuses années avec *P. c.* subsp. *carotovorum* (avec les amorces oligonucléotidiques utilisées alors, la PCR ne permettait pas de les différencier). Une étude en Pologne, menée avec des techniques de séquençage et PCR-RFLP, et sur des collections bactériennes cryopréservées, a démontré que des bactéries identifiées en 1997 comme *P. c.* subsp. *carotovorum*, étaient en réalité du *P. wasabiae* (Waleron *et al.* 2013). *P. c.* subsp. *carotovorum* ne provoquant pas de symptômes aériens sur >

**Résumé** ■ La maladie de la jambe noire de la pomme de terre est provoquée par plusieurs espèces et sous-espèces de bactéries pectinolytiques. Jusqu'en 2012, les espèces appartenant au genre *Dickeya* étaient à l'origine de la plupart des symptômes observés en Suisse. Deux nouvelles espèces ont été identifiées comme étant responsables de certains cas de jambe noire en Suisse durant l'année 2013. Il s'agit de *Pectobacterium wasabiae* et *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*. La première espèce étant déjà présente en Europe, sa découverte en Suisse ne constitue de ce fait pas une surprise. La deuxième n'était pas encore identifiée en Europe avant 2013, mais des isolats datant des années 1988 et 1999 ont été décelés subséquentement dans la collection bactérienne de l'Agroscope. Cette sous-espèce *P. c.* subsp. *brasiliense* a déjà provoqué des dégâts au champ en 2014, et était, à elle seule, responsable de 80 % des cas de jambe noire analysés au laboratoire. De plus, la saison 2014 a permis l'observation de symptômes atypiques de jambe noire, qui peuvent porter à confusion lors des visites culturelles.

**Tableau 1** | Causes et surfaces (en ha) des retraits de cultures de plants de pomme de terre après les visites de cultures en Suisse de 2005 à 2014. (H. Gilliard, Agroscope, comm. pers.)

	Enroulements et mosaïques	Jambes noires	Mildiou du feuillage	Isolement de la parcelle	Présence de repousses	Divers
2005	11	48	0	0	0	11
2006	8	39	0	0	0	56
2007	68	85	2	3	1	8
2008	10	31	3	0	0	13
2009	16	13	0	0	0	8
2010	0	72	0	0	0	4
2011	2	21	0	0	0	1
2012	2	39	0	0	0	3
2013	4	11	0	0	0	26
2014	0	16	0	0	0	8
Moyenne	12,1	37,5	0,5	0,3	0,1	13,8



**Figure 2** | Schéma des symptômes : plante de pomme de terre saine (A), flétrissement bactérien (B), jambe noire sur tige (C) et symptômes atypiques (D). En médaillon, agrandissement d'une coupe longitudinale de la tige. La pourriture intérieure n'est pas visible de l'extérieur. On notera que sur ce schéma, pour des raisons illustratives, toutes les fanes sont atteintes. Les cas de plantes avec seulement une ou quelques fanes atteintes de flétrissement, respectivement de jambe noire, sont aussi possibles.

pomme de terre (Bartz et Kelman 1985), on parlait alors souvent de souches à virulence atypiquement élevée de *P. c.* subsp. *carotovorum* (O. Cazelles, Agroscope, comm. pers.).

Une seconde sous-espèce bactérienne pouvant être responsable de la maladie de la jambe noire est *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*. Cette souche a été isolée et décrite pour la première fois au Brésil en 2004 (Duarte *et al.* 2004). Depuis lors, sa présence a été établie en Afrique du Sud (van der Merwe *et al.* 2010) et au Canada (De Boer *et al.* 2012). En Europe, elle a été récemment signalée aux Pays-Bas (Nunes Leite *et al.* 2014). Génétiquement très proche de *P. c.* subsp. *carotovorum*, elle semble toutefois beaucoup plus agressive que celle-ci et peut provoquer des dégâts importants aux cultures de pomme de terre, y compris sur des tiges (Duarte *et al.* 2004).

Il existe encore quelques autres espèces et sous-espèces de *Pectobacterium* (*P. betavasculorum*, *P. cacti-dum*, et *P. carotovorum* subsp. *odoriferum*) qui ne sont

pas des pathogènes de la pomme de terre ou ne sont pas connues pour être problématique au niveau phytosanitaire. Le présent article présente brièvement les deux nouvelles souches *P. wasabiae* et *P. c.* subsp. *brasiliense* et décrit l'impact qu'elles ont eu sur l'année 2014.\*

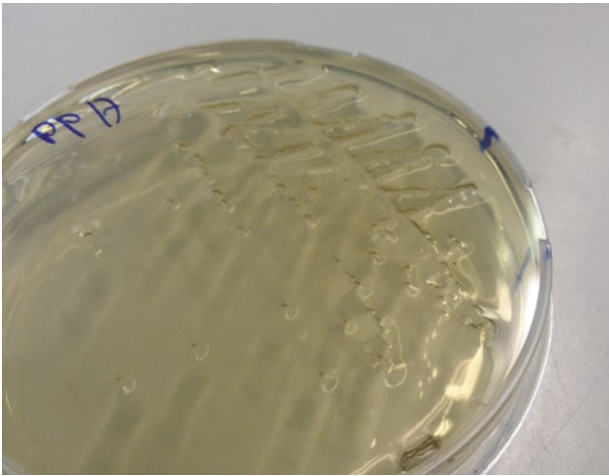
## Matériel et méthodes

Les plantes de pomme de terre présentant des symptômes de jambe noire (pourriture de la tige) ont été coupées sous la base de la tige et envoyées au laboratoire. Les tiges ont ensuite été lavées à l'eau et coupées transversalement au moyen d'un scalpel stérile. Un échantillon de 4–5 mm de tissu infecté situé dans la zone entre tissu sain et malade a été déposé dans un tube stérile contenant 1,5 ml de tampon phosphate (PBS). Après 10 minutes d'agitation, un prélèvement a été effectué à l'aide d'une anse stérile suivi d'un étalement, sous flux laminaire, dans une boîte de Pétri contenant du milieu CVP (Crystal Violet Pectate) (Hélias *et al.* 2012). Une incubation de 2 jours à 28 °C a permis aux bactéries pectinolytiques de se multiplier et, se nourrissant de la pectine contenue dans le milieu, de creuser des cavités dans la gélose (fig. 4). Les colonies ayant creusé le milieu ont pu être repiquées sur milieu nutritif standard (King's B ou Nutrient Agar). La détermination des souches bactériennes s'est faite par PCR en prélevant directement un peu de crème bactérienne. L'utilisation d'amorces spécifiques a permis l'identification des espèces bactériennes mentionnées précédemment (fig. 5). Par la suite, le séquençage d'une partie des gènes constitutifs *acnA*, *gapA*, *icdA*, *mdh*, *mtlD*, *pgi* et *proA* de ces souches a été



**Figure 3** | Jambe noire : pourriture intérieure de la tige (A) et pourriture humide du tubercule (B)

\*Les auteurs remercient swissem, swisspatat, BIOREBA AG et la Commission pour la Technologie et l'Innovation (CTI) qui ont contribué au financement de cette étude.



**Figure 4** | Colonies de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* creusant sur milieu CVP.

réalisé (GenBank Accession Nos. KM017537-KM017552, KP027692-KP027735, KP404135-KP404148). Ce séquençage a permis une comparaison du profil de ces souches avec celui d'autres souches bactériennes connues et référencées dans la banque de données informatiques GenBank, ce qui a permis d'établir un arbre phylogénique (fig. 6) au moyen du logiciel MEGA5.

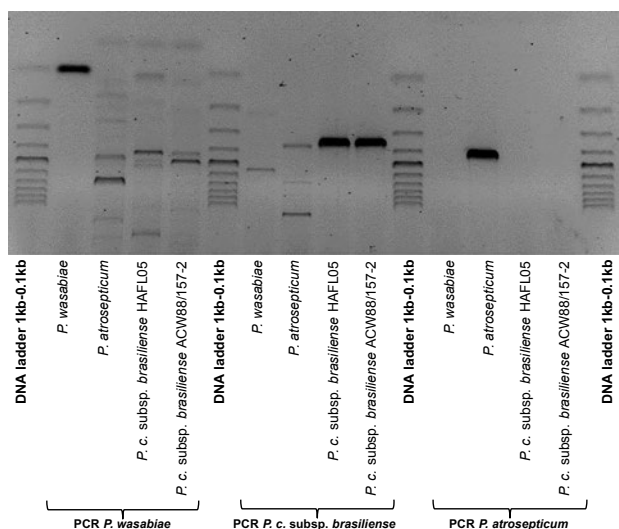
Afin de mettre en évidence la pathogénicité de ces deux nouvelles souches, une expérience d'inoculation artificielle en chambre de culture a été conduite (fig. 7A). Dix plantules en pot de la variété Markies ont été infectées par injection de 100 µl de suspension bactérienne ( $10^6$  CFU/ml) à la base de la tige (fig. 7B). Une partie des plantes a également été inoculée avec un isolat de *Dickeya solani* pour comparaison. Les plantes témoins ont été inoculées avec 100 µl d'eau. Les plantes ont ensuite été incubées dans une chambre de culture (25 °C et 80 % d'humidité relative), avec arrosage régulier. Après 20 jours de croissance, les plantes sont contrôlées pour des symptômes de pourriture. A un but illustratif uniquement, les souches anciennes *P. c. subsp. brasiliense* ACW88/157-2 et 99/39-31-1 ont été inoculées sur tranches de pomme de terre, pour en observer le développement de pourriture humide (fig. 8).

## Résultats et discussion

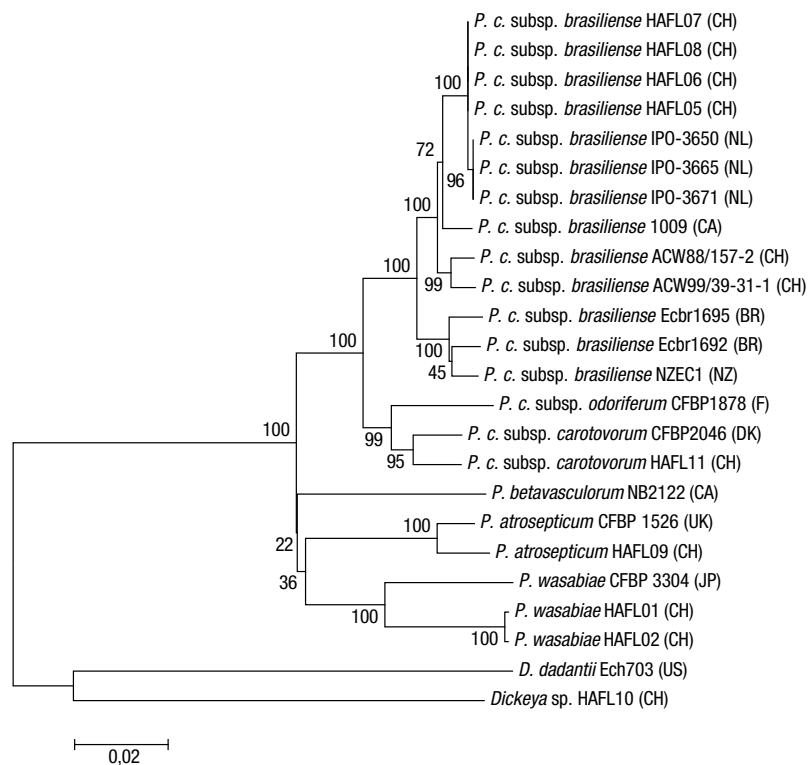
### Identification des nouvelles espèces bactériennes

L'identification par PCR (fig. 5) et par séquençage (fig. 6) des nouvelles souches isolées en Suisse en 2013 et 2014 confirme leur appartenance à l'une ou l'autre des espèces décrites précédemment, à savoir *Pectobacterium wasabiae* et *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* (de Werra *et al.* 2015). L'apparition de *P. c. subsp. brasiliense* en Suisse en 2013 fut très inattendue car

cette souche n'était pas encore annoncée en Europe. Le séquençage de certains gènes a permis une analyse plus fine de leur filiation dans un arbre phylogénique regroupant de nombreuses autres espèces apparentées et d'origines géographiques diverses (fig. 6). On y remarque que les souches de *P. c. subsp. brasiliense* sont très proches génétiquement de *P. c. subsp. carotovorum*. Parmi les souches de *P. c. subsp. brasiliense*, les souches suisses sont plus apparentées à celles des Pays-Bas qu'aux souches du Brésil ou de la Nouvelle-Zélande. Une analyse moléculaire systématique des isolats en collection à la station Agroscope à Changins a permis de trouver des souches de *P. c. subsp. brasiliense* identifiées jusque-là comme *Pectobacterium* sp. Parmi celles-ci, deux souches isolées sur cv. Ernststolz, en 1988 (souche 88/157-2) et en 1999 (souche 99/39-31-1). Le profil phylogénétique de ces deux anciennes souches les situe actuellement près des souches européennes. Rien ne permet cependant d'établir un lien de filiation entre ces anciennes souches et celles rencontrées actuellement en Suisse. De même, *P. wasabiae* semble faire partie d'une branche apparentée à *P. atrosepticum*. La souche *P. wasabiae* isolée au Japon diffère aussi légèrement des souches européennes (fig. 6). En Suisse, plusieurs souches ont pu être ainsi ré-identifiées: une souche isolée en 1987 sur la variété Ostara (souche 87/83) et la souche Ecc99/3 de 1999, identifiées à l'origine comme *P. c. subsp. carotovorum* (anciennement *Erwinia carotovorum* subsp. *carotovorum*) sont en fait des souches de *P. wasabiae*. Ceci démontre que ces espèces bactériennes étaient déjà pré-



**Figure 5** | Gel d'électrophorèse de trois PCR amplifiant spécifiquement *P. wasabiae* (100 bp), *P. c. subsp. brasiliense* (377 bp) et *P. atrosepticum* (400 bp). Lorsque les amorces PCR pour *P. wasabiae* et *P. c. subsp. brasiliense* ne trouvent pas l'ADN correspondant pour l'hybridation, il y a amplification non-spécifique de bandes d'ADN de longueurs diverses.



**Figure 6** | Arbre phylogénique de ressemblance maximale obtenu par la méthode de *neighbor joining* des parties de séquences de sept gènes constitutifs de différentes souches de *Pectobacterium* sp. et *Dickeya* sp. Les bactéries sont désignées par leur nom taxonomique, la désignation de la souche ainsi que le pays de provenance, abrégé entre parenthèses. Les séquences des souches non indigènes ont été obtenues dans la banque de données GenBank. L'arbre optimal avec la somme de la longueur des branches (= 0,5522) est représenté. Le pourcentage de la valeur du test de bootstrap est indiqué à côté de chaque branche.

sentes sur notre territoire depuis de nombreuses années. Le pouvoir pathogène de ces bactéries a été évalué en chambre de culture (fig. 7A), afin de répondre aux quatre postulats de Koch. Les plantules de pomme de terre cultivées en pots et infectées artificiellement avec chacune de ces bactéries présentent, 20 jours après inoculation, des pourritures aériennes se propageant sur la tige à partir du point d'inoculation (fig. 7C). Les contrôles inoculés avec de l'eau ne présentent pas de symptôme. Les bactéries isolées à partir de ces lésions ont été identifiées par PCR et correspondent aux bactéries inoculées. Cette expérience a permis de mettre en évidence la pathogénicité de ces souches bactériennes. Une observation superficielle des symptômes ne permet cependant pas de constater des différences d'agressivité entre les souches. L'inoculation des souches anciennes de *P. c. subsp. brasiliense* sur tranches de pomme de terre (fig. 8), outre l'aspect illustratif, a montré que les bactéries étaient encore capables de provoquer de la pourriture humide après de nombreuses années en cryoconservation.

#### 2014: une année particulière pour la jambe noire

Sur l'ensemble de la saison de culture 2014 en Suisse, 265 échantillons de plantes soupçonnées de jambe noire ont été prélevés sur les parcelles de multiplication de plants et analysés par Agroscope et par la HAFL. Des bactéries pectinolytiques vivantes ont pu être isolées à partir de 178 d'entre eux. Dans le reste des échantillons, le matériel végétal ne permettait plus d'isoler de bactéries vivantes, parce qu'il était trop sec, trop pourri, atteint par des pathogènes fongiques ou détérioré par des causes non-déterminées. Dans 80 % des 178 plantes touchées de jambe noire, on retrouve *P. c. subsp. brasiliense*, alors que *Dickeya* sp. et *P. atrosepticum*, habituellement les souches prédominantes, ne représentent ensemble que 7 % des cas (fig. 9) de jambe noire. Ces résultats contrastent fortement avec ceux des années antérieures à 2013, où *Dickeya* sp. prédominait dans la plupart des symptômes de jambe noire en Suisse (fig. 9). Un changement aussi abrupt est difficile à expliquer, mais un pourcentage important des jambes noires recensées en 2013



**Figure 7** | Expérience en chambre de culture (A), inoculation artificielle sur plantules de pomme de terre (B) et progression de la pourriture sur tige (C).

avaient pour cause des *Pectobacterium* non caractérisés (fig. 9). L'analyse utilisée en 2013 ne permettait en effet pas de détecter la souche *P. c. subsp. brasiliense*, si bien qu'il est possible que ces souches non identifiées appartiennent à cette sous-espèce. Cette souche a aussi été détectée aux Pays-Bas, mais elle n'était responsable que d'environ 10 % des cas de jambe noire durant l'année 2013 (Nunes Leite *et al.* 2014). Génétiquement proche de *P. c. subsp. carotovorum*, *P. c. subsp. brasiliense* est peut-être plus apte à survivre dans une gamme de conditions pédo-climatiques plus étendue, ainsi que dans d'autres environnements, comme sur certaines adventices ou sur d'autres cultures. Une prolifération facilitée au stockage, une meilleure dissémination au champ, tout comme un manque de compétition par d'autres souches bactériennes ou microorganismes pourraient expliquer les dégâts occasionnés au champ en 2014. Autre hypothèse, *P. c. subsp. brasiliense* pourrait être avantagé lors de conditions de production très humides, comme ce fut le cas en 2013 et 2014.

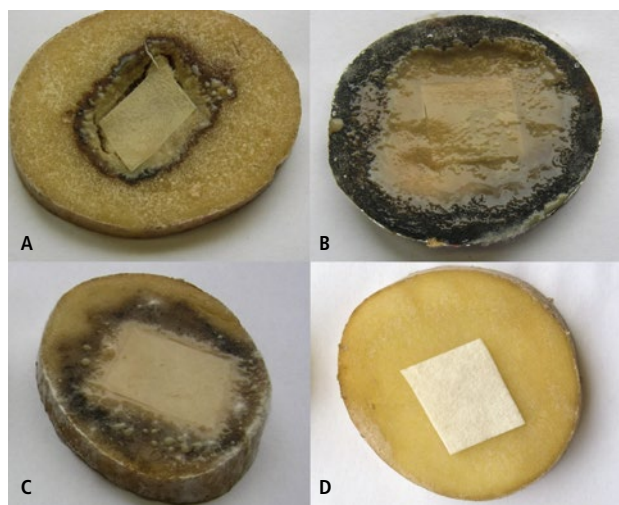
#### Observations de symptômes atypiques

Durant la saison 2014, l'observation de symptômes de flétrissement et de jambe noire au champ a conduit au constat suivant : par rapport aux observations des années précédentes (fig. 2A–C), les symptômes de flétrissement et de jambe noire étaient dans la plupart des cas atypiques (fig. 2D). Ces symptômes atypiques se caractérisaient par un flétrissement atténué, avec des folioles

légèrement enroulés, la feuille composée restant à l'horizontale ou s'incurvant légèrement vers le bas, contrairement aux cas classiques où les feuilles s'affaissent entièrement. De plus, les tiges ont rarement présenté une pourriture brune visible de l'extérieur, alors que l'intérieur des tiges était creux et bruni par les bactéries. Cette pourriture de tige interne n'a toutefois jamais dépassé quelques centimètres au-dessus du collet (agrandissement fig. 2D). Ces symptômes étaient systématiquement accompagnés d'un tubercule-mère pourri et humide, à partir duquel des bactéries pectinolytiques ont pu être isolées. Ces symptômes atypiques sont très proches de ceux provoqués par le rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*). Une observation plus méticuleuse des symptômes permet d'éviter toute confusion: absence de plages nécrosées sèches sur les tiges et les stolons, absence de tubercules fils malformés ainsi que de tubercules aériens. L'entièreté des symptômes atypiques observés en 2014 ne peuvent cependant pas être systématiquement associés à *P. c. subsp. brasiliense*. En effet, les symptômes peuvent aussi être le résultat des conditions pédo-climatiques de la saison. On notera enfin que *P. c. subsp. brasiliense* a également été isolé à partir de plantes présentant des symptômes typiques, habituellement attribués à *Dickeya* sp.

#### Shift bactérien aussi dans d'autres pays européens

Au niveau international, des observations similaires ont été faites aux Pays-Bas, où *P. c. subsp. brasiliense* a été responsable de près de 60 % des cas de jambe noire en 2014 (M. Kooman, NAK (NL), comm. pers.). En France aussi, bien que *P. atrosepticum* reste la bactérie la plus



**Figure 8** | Inoculation artificielle sur tranches de pomme de terre avec les souches bactériennes suivantes: *P. c. subsp. brasiliense* ACW88/157-2 (A), et 99/39-31-1 (B et C), et contrôle eau (D).

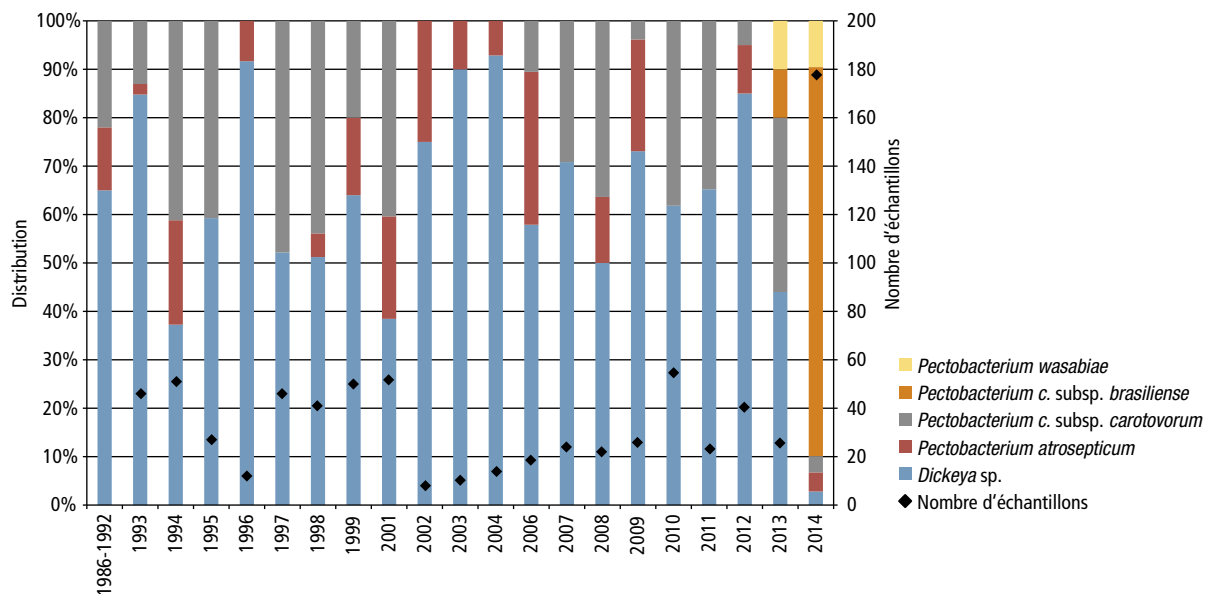


Figure 9 | Distribution des cas de jambe noire entre les différentes souches de *Pectobacterium* sp. et *Dickeya* sp., de 1993 à 2014 (les données collectées entre 1986 et 2012 sont tirées de Cazelles et Schwaerzel 1992 et Dupuis et al. 2010).

répandue, cette nouvelle sous-espèce s'est aussi manifestée (V. Hélias, INRA (F), communication personnelle). Par contre, la situation reste inchangée en Écosse, pays exempt de *Dickeya*, où *P. atrosepticum* cause encore 95% des cas de jambe noire (G. Saddler, SASA (UK), communication personnelle).

Bien que ce «shift» brutal de populations bactériennes en Suisse soit surprenant, la part de parcelles de plants de pomme de terre refusées pour cause de jambe noire reste relativement faible pour ces deux dernières années 2013 et 2014 (tabl. 1). Les conditions pédoclimatiques en début de culture (relativement sèches) ont été défavorables pour la prolifération bactérienne, période déterminante à l'apparition de cas de jambe noire. Ceci a probablement limité le développement de symptômes et la propagation de l'infection au champ. Il est donc trop tôt pour se prononcer sur l'agressivité de ces nouvelles souches bactériennes au champ. Mais, dans ce sens, il semblerait que la souche *Dickeya solani*, par rapport à *P. wasabiae*, soit un meilleur colonisateur de la plante. Par contre *P. wasabiae* survivrait mieux dans les restes de plantes après défanage et se transmettrait plus facilement des fanes au sol et, de là, aux tubercules. *P. wasabiae* serait ainsi un meilleur compétiteur pour occuper un environnement, mais présenterait une agressivité moindre par rapport à *Dickeya solani* (Boomsma et al. 2012). Il ressort que l'impact de toutes ces souches bactériennes sur la culture de la pomme de terre devra être minutieusement suivi à l'avenir.

## Conclusions

Identifiés pour la première fois en 2013 en Suisse, *P. wasabiae* et *P. c. subsp. brasiliense* font d'ores et déjà partie intégrante du paysage phytosanitaire helvétique. La forte expansion de la bactérie *P. c. subsp. brasiliense* en 2014 est remarquable au niveau épidémiologique. Avec aussi peu de recul dans le temps, ces changements de populations bactériennes sont difficiles à interpréter, tant il y a de facteurs pouvant influencer leur dissémination. Une explication à ces changements fait intervenir des mécanismes de sélection «naturelle». Depuis plusieurs années en effet, les souches de *Dickeya* identifiées, sont contre-sélectionnées dans les lots de plant exportés par certains pays. Il est donc possible que la Suisse ait ainsi réduit l'incidence de *Dickeya* dans la culture de la pomme de terre, laissant alors le terrain libre à d'autres bactéries (p.ex.: *P. c. subsp. brasiliense*), qui échappent encore aux systèmes de détection en place.

### Détecter les infections latentes: un nouvel espoir

A défaut de pouvoir combattre directement ces bactéries, il est important de pouvoir les identifier dans le cadre d'un concept de lutte intégrée. Leur détection au stade d'infection latente dans les lots d'importation et de multiplication indigène devrait permettre d'identifier les lots problématiques avant leur plantation. ■

## Riassunto

### Patata: l'Impero *Pectobacterium* colpisce ancora

La malattia della gamba nera nelle patate è provocata da differenti specie e sottospecie di batteri pectinolitici. Fino all'anno 2012, le specie appartenenti al genere *Dickeya* erano all'origine dei maggiori sintomi osservati in Svizzera. Due nuove specie sono state identificate come responsabili di numerosi casi di gamba nera in Svizzera durante il 2013. Si tratta del *Pectobacterium wasabiae* e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*. La prima specie era già presente in Europa, la sua scoperta in Svizzera non è dunque una sorpresa. La seconda non era ancora stata identificata in Europa prima del 2013, ma è stata rilevata successivamente in colture isolate degli anni 1988 e 1999 della collezione di batteri di Agroscope. Questa sottospecie *P. c. subsp. brasiliense* ha già provocato vari danni sul terreno nel 2014. Quest'ultima è stata identificata nell'80 % dei campioni analizzati in laboratorio. Inoltre nella stagione 2014 sono stati osservati dei sintomi atipici della malattia, che potrebbero far aumentare il rischio di confusione nel corso di controlli della coltura.

## Bibliographie

- Bartz J. & Kelman A., 1985. Infiltration of lenticels of potato-tubers by *Erwinia carotovora* pv *carotovora* under hydrostatic pressure in relation to bacterial soft rot. *Plant Disease* **69**, 69–74.
- Boomsma D., Velvis H., Kristelijn K., van Tent Becking T., Kastelein P., van der Zouwen P., Krijger M., Förch M., van der Wolf J., Czajkowski R., Wegierek A., Jafra S., van den Bovenkamp G., de Haan E. & Nunes Leite L., 2012. Eindrapport 2009–2012 *Erwinia Deltaplans C – Pootaardappelen*, 103 pp.
- Cazelles O. & Schwaerzel R., 1992. Enquête sur les bactérioses causées par *Erwinia* dans les cultures de plants de pomme de terre en Suisse. *Revue suisse Agriculture* **24** (4), 215–218.
- Czajkowski R., de Boer W. J., Velvis H. & van der Wolf J. M., 2010. Systemic colonization of potato plants by a soilborne, green fluorescent protein-tagged strain of *Dickeya* sp. *biovar* 3. *Phytopathology* **100** (2), 134–142.
- Czajkowski R., Pérombelon M. C. M., van Veen J. A. & van der Wolf J. M., 2011. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant Pathology* **60** (6), 999–1013.
- De Boer S. H., Li X. & Ward L. J., 2012. *Pectobacterium* spp. associated with bacterial stem rot syndrome of potato in Canada. *Phytopathology* **102** (10), 937–947.
- de Werra P., Bussereau F., Ziegler D. & Keiser A., 2015. First report of potato blackleg caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* in Switzerland. *Plant Disease* **99** (4), 551.
- Duarte V., De Boer S. H., Ward L. & Oliveira A., 2004. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *Journal of Applied Microbiology* **96** (3), 535–545.
- Dupuis B., Schaerer S., Gilliland H. & Cazelles O. (2010). The *Dickeya* and *Pectobacterium* situation in Switzerland. *Dickeya* Workshop, Emmeloord, The Netherlands.
- Goto M. & Matsumoto K., 1987. *Erwinia carotovora* subsp. *wasabiae* subsp. nov. isolated from diseased rhizomes and fibrous roots of Japanese horseradish (*Eutrema wasabi* Maxim.). *International journal of systematic bacteriology* **37** (2), 130–135.
- Hélias V., Hamon P., Huchet E., van der Wolf J. M. & Andrivon D., 2012. Two new effective semiselective crystal violet pectate media for isolation of *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Plant Pathology* **61** (2), 339–345.

## Summary

### Potato: the *Pectobacterium* Empire strikes back

Blackleg disease on potato is caused by several pectinolytic bacterial species and subspecies. Until 2012, most of the blackleg-diseased plants observed in Switzerland were infected with species belonging to the genus *Dickeya*. During 2013, two other species were found to be responsible for several blackleg infections: *Pectobacterium wasabiae* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*. The former is well distributed in Europe wherefore its presence in Switzerland was not a surprise. The latter had not been identified in Europe before 2013, but isolates from 1988 and 1999 were found subsequently in the bacterial collection of Agroscope. The strain *P. c. subsp. brasiliense* already caused damages in 2014 and was alone responsible for 80 % of the blackleg-diseased plants sampled and analysed in the laboratory. Moreover, atypical blackleg symptoms were observed during the growing season 2014, which could lead to disease misidentification during the field controls for certification.

**Key words:** *Dickeya*, blackleg, soft rot, disease outbreak.

- Laurila J., Hannukkala A., Nykyri J., Pasanen M., Hélias V., Garland L. & Pirhonen M., 2010. Symptoms and yield reduction caused by *Dickeya* spp. strains isolated from potato and river water in Finland. *European Journal of Plant Pathology* **126** (2), 249–262.
- Ma B., Hibbing M. E., Kim H.-S., Reedy R. M., Yedidia I., Breuer J., Breuer J., Glasner J. D., Perna N. T., Kelman A. & Charkowski A. O., 2007. Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology* **97** (9), 1150–1163.
- McMillan G., Hedley D., Fyffe L. & Pérombelon M., 1993. Potato resistance to soft-rot *erwinias* is related to cell wall pectin esterification. *Physiological and Molecular Plant Pathology* **42** (4), 279–289.
- Nunes Leite L., de Haan E., Krijger M., Kastelein P., van der Zouwen P., van den Bovenkamp G., Tebaldi N. & van der Wolf J. M., 2014. First report of potato blackleg caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* in the Netherlands. *New Disease Reports* **29**, 24.
- Pérombelon M. C. M., Lopez M. M., Carbonell J. & Hyman L. J., 1988. Effects of contamination by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *E. carotovora* subsp. *atroseptica* of potato seed tubers and of cultivar resistance on blanking or nonemergence and blackleg development in Valencia, Spain. *Potato Research* **31** (4), 591–599.
- Pérombelon M. C. M. & Lowe R., 1975. Studies on the initiation of bacterial soft rot in potato tubers. *Potato Research* **18** (1), 64–82.
- Pitman A. R., Wright P. J., Galbraith M. D. & Harrow S. A., 2008. Biochemical and genetic diversity of pectolytic enterobacteria causing soft rot disease of potatoes in New Zealand. *Australasian Plant Pathology* **37** (6), 559.
- Toth I. K., van der Wolf J. M., Sadder G., Lojkowska E., Hélias V., Pirhonen M., Tsror Lahkim L. & Elphinstone J. G., 2011. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology* **60** (3), 385–399.
- van der Merwe J. J., Coutinho T. A., Korsten L. & van der Waals J. E., 2010. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa. *European Journal of Plant Pathology* **126** (2), 175–185.
- Waleron M., Waleron K. & Lojkowska E., 2013. Occurrence of *Pectobacterium wasabiae* in potato field samples. *European Journal of Plant Pathology* **137** (1), 149–158.